

TESIS
DOCTORAL

ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA EN LA CORDILLERA BÉTICA MEDIANTE TÉCNICAS AVANZADAS

José Antonio Palenzuela Baena

2015



ugr

Universidad
de Granada



Programa de Doctorado: Ingeniería Civil y Arquitectura

Universidad de Granada
ETS de Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Departamento de Ingeniería Civil

Incluye ANEXOS en formato digital



ugr

Universidad
de Granada

Editorial: Universidad de Granada. Tesis Doctorales

Autor: José Antonio Palenzuela Baena

ISBN: 978-84-9125-337-2

URI: <http://hdl.handle.net/10481/41127>

TESIS DOCTORAL:

Análisis de la Peligrosidad de Movimientos de Ladera en la Cordillera Bética mediante Técnicas Avanzadas

Autor: José Antonio Palenzuela Baena

Programa de Doctorado:

Ingeniería Civil y Arquitectura

Directores:

Dr. Clemente Irigaray Fernández

Dr. José Chacón Montero



Grupo de Investigaciones
Medioambientales:
Riesgos Geológicos e
Ingeniería del Terreno;
RNM-121



ugr

Universidad
de Granada

2015

El doctorando José Antonio Palenzuela Baena y los directores de la tesis Clemente Irigaray Fernández y José Chacón Montero garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, 24 de julio de 2015

Director/es de la Tesis

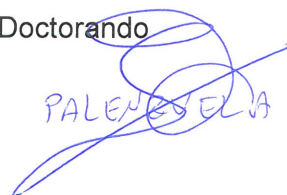


Fdo.: Clemente Irigaray Fernández



Fdo. José Chacón Montero

Doctorando



Fdo.: José A. Palenzuela Baena

Agradecimientos

Si bien este apartado ha sido redactado una vez alcanzados los objetivos y requisitos para presentar este trabajo de tesis doctoral, se debe resaltar que, con la independencia de los resultados y toma de decisiones sobre la selectividad de objetivos y continuidad o cese de algunas de las partes investigadas, debido a las restricciones de tiempo o dificultades encontradas, cualquier actitud de colaboración, orientación o ánimo en esta “lucha” por parte de los expertos, familiares o amigos que han conocido o entendido sobre las labores y exigencias de este trabajo, ya se debe agradecer por mi parte.

No puedo negar que uno de los motivos que me movió a dar un cambio en mi dirección profesional se debe a la época de crisis que ha dominado tanto en el territorio de mi nación como en otros tantos países durante el desarrollo del presente trabajo. Y es que, a pesar de que es paradójico como al nivel de evolución y desarrollo de algunos países en el siglo actual estos puedan retroceder decenas de años en la estabilidad y calidad del bienestar social, como decía Albert Einstein (1879 - 1955), “La crisis es la mejor bendición que puede sucederle a personas y países porque la crisis trae progresos. La verdadera crisis es la crisis de la incompetencia. El inconveniente de las personas y los países es la pereza para encontrar las salidas y soluciones. Sin crisis no hay desafíos, sin desafíos la vida es una rutina, una lenta agonía. Sin crisis no hay méritos. Es en la crisis donde aflora lo mejor de cada uno”. Aunque una crisis no necesariamente debe ser el detonante de la actitud proactiva de las personas, y más bien debería evitarse llegar a estas condiciones. Contrariamente, la motivación por la investigación o búsqueda de respuestas debería despertarse desde la vida social más estable, sosegada, y con la libertad temporal y emocional necesaria para activar la imaginación y conductas que a corto o largo plazo llevan a la consecución de los objetivos. De acuerdo con lo anterior, una vez finalizada esta etapa de mi carrera profesional puedo corroborar que, ciertamente, la experiencia adquirida y los objetivos alcanzados a través del propio conocimiento adquirido, así como del asesoramiento proporcionado por los expertos de los que he tenido la oportunidad de rodearme, ya derivan en una satisfacción moral. Esta satisfacción o realización personal constituye la principal motivación, además de la escalabilidad profesional que permiten los propios méritos conseguidos.

Permítaseme en primer lugar, expresar mi mayor agradecimiento a mi padre Francisco, ya ausente en vida desde que iniciara mi incursión en los estudios de tercer ciclo, así como a mi madre Josefa; ya que sin su esfuerzo incondicional y continuo para proporcionar las condiciones idóneas, dentro de sus humildes posibilidades, la consecución tanto de mis

objetivos profesionales como los de mis otros tres hermanos hubieran estado fuera de toda realidad.

Seguidamente, agradezco la aceptación recibida desde el inicio por parte de mis directores, los doctores Clemente Irigaray Fernández y José Chacón Montero, para mi incursión dentro de la carrera de investigador en el campo de los riesgos naturales. El Dr. Clemente Irigaray acreditado para la obtención de la cátedra de universidad, así como el catedrático José Chacón, gozan de la veteranía idónea para la orientación y asesoramiento que en todo momento les ha valido para guiar mis pasos durante el desarrollo del trabajo de tesis.

Agradezco también el apoyo mostrado por los Dres. Jorge D. Jiménez Perálvarez, Francisco Lamas Fernández, Rachid El Hamdouni Jenoui, Paz Fernández Oliveras, Tomás Fernández del Castillo y José L. Pérez García y José A. Benavidez López durante la resolución de dudas, y los consejos o sugerencias que en determinados momentos me han ayudado a avanzar tanto en mis labores de investigación como en las docentes. Igualmente, valoro el buen hacer y colaboración en las actividades prácticas del técnico de laboratorio de geotecnia D. Manuel Salinas, quién en todo momento ha aportado sus conocimientos para la puesta a punto y funcionamiento de sistemas de ensayos mecánicos tanto en laboratorio como en campo. Igualmente, ha sido de gran ayuda la colaboración de los técnicos del Laboratorio de Imágenes (LAI) del Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la UGR, D. Miguel Ángel González y D. Luis Fco. Espigares, mediante la provisión de los recursos humanos y técnicos para la captura de datos del terreno mediante escáner 3D (TLS), los cuales constituyen la base de una de las partes principales de investigación tratadas en la presente tesis doctoral.

Me siento afortunado de haber podido realizar mis estancias de investigación en el exterior de mi nación, dentro del grupo de investigación del Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale (DICEA) de la Università di Roma “La Sapienza”, para lo cual mi propuesta fue aceptada por la Dra. Maria Marsella, permitiéndome compartir conocimientos científicos con un grupo excelente de jóvenes investigadores que hicieron mi estancia productiva al mismo tiempo que agradable. Todo este equipo ha mostrado su confianza tanto en el momento de mi estancia como a posteriori, considerando mi aportación en proyectos de interés para su comunidad o la redacción de resultados científicos para su publicación en revistas de alto impacto.

Desde otro punto de vista, no menos importante, debo asentir que el desarrollo de mi trabajo no hubiera sido igual de tolerable sin la presencia de mis compañeros de despacho; como lo fue en un primer periodo el geólogo Jordi González y, posteriormente, el ingeniero Pedro

Alameda, manteniendo un entorno adecuado para sobrellevar el trabajo diario sin perder los ánimos ante los momentos más difíciles.

También debo dar las gracias a mis hermanos Ana, Francisco y Susana, quienes en todo momento entendieron mis limitaciones para compartir un mayor tiempo con ellos o con otros familiares, a la vez que comprendieron las dificultades a las que me enfrentaba. También me disculpo por la menor dedicación a mis sobrinos Ismael, Laura, Ana y Rodrigo, quienes, cuando alcancen una mayor edad, seguro entenderán por qué a veces los mayores “desaparecemos” en sus vidas. Junto con el abuelo Francisco, si aún pudiera conocer de mis progresos, así como con la abuela Josefa, también espero generar en ellos la sensación de satisfacción y orgullo que todo familiar desea tener sobre los demás miembros.

Por último, no quiero dejar de dedicar este trabajo, además de a mi círculo familiar más próximo, a todos los familiares y amigos que también han sabido entender mi “despego”, y a aquellos que han podido compartir mayor tiempo. Estos últimos, compañeros de malos y buenos momentos cuando los he necesitado, como lo han hecho José Luís, Jaime, Francisco, Richard o Rafa. Todos ellos conformando un círculo social que, apartando los beneficios materiales de todo mérito profesional, dan importancia tanto a mi propia existencia como a la dinámica impulsada por mis objetivos.

Este trabajo no se hubiera llevado a cabo sin la colaboración de diferentes instituciones públicas. Es por ello que agradezco a la Red de información Ambiental de Andalucía (REDIAM) de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía la cesión de los datos pluviométricos y topográficos; así como la aportación de datos geológicos al Sistema de Información Geológico-Minero de Andalucía (SIGMA) y de datos topográficos al Instituto Geográfico Nacional (IGN).

De esencial utilidad han sido los recursos materiales utilizados durante toda esta investigación, financiados por los proyectos de investigación estatales REN03366, CGL03332, CGL04854, el proyecto de excelencia de la Junta de Andalucía P06-RNM-02125, y el Grupo de Investigaciones Medioambientales: Riesgos Geológicos e Ingeniería del Terreno RNM-121, del Plan Andaluz de Investigación. Asimismo, debo agradecer el incentivo económico concedido por la Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnología de la Junta de Andalucía, y del cual he disfrutado por un periodo de 4 años.

RESUMEN EXTENDIDO

La cuantificación de daños, así como la alteración social y ambiental en que se manifiesta el riesgo por movimientos de ladera, alcanza índices muy significativos extendiéndose sobre diferentes localizaciones de la geografía mundial.

Dada la importancia del impacto espaciotemporal que implica el fenómeno de los movimientos de ladera, el interés por la reducción de daños y la adecuada planificación urbanística y de obras ingenieriles se refleja en los numerosos trabajos de investigación y publicaciones científicas relacionados. Muchos de estos se han dedicado al desarrollo de metodologías innovadoras para la estimación de las componentes principales de la ecuación fundamental del riesgo (susceptibilidad, peligrosidad y vulnerabilidad), o como guías y revisiones de métodos y técnicas más apropiados para la zonificación de esas componentes según los diferentes tipos de movimientos, escalas u objetivos.

El nivel de riesgo como consecuencia de los movimientos de ladera, depende de la peligrosidad asociada; es decir, de la recurrencia o probabilidad temporal con la que uno o varios procesos relacionados con los movimientos de ladera afectarán a una unidad de terreno. Es por esto que el conocimiento de la frecuencia con que se desarrollan estos procesos, o con la que surgen cambios de actividad importante, junto con los diferentes tipos de movimientos y sus tamaños o clases de intensidad, proporcionan una información valiosa para predecir el comportamiento transitorio ligado al potencial destructivo de estos eventos naturales. No obstante, la evaluación de la peligrosidad aparece más bien como un reto, aún más si se trata de obtener una estimación cuantitativa. Esto se debe, fundamentalmente, a que las tareas se ven obstaculizadas por la complejidad, requisitos, restricciones y escasez de datos necesarios para la aplicación de los propios métodos que proporcionan información sobre la cronología de la actividad de los movimientos de ladera en las diferentes escalas geográficas. Este es el caso de la datación de eventos prehistóricos e incluso históricos; la obtención de modo secuencial de inventarios de movimientos de ladera como base para el análisis de series temporales de eventos; la determinación de parámetros hidrológicos o hidrogeológicos asociados con la activación o reactivación de movimientos de ladera, necesarios para el establecimiento de relaciones causa-efecto; o el establecimiento de umbrales y su periodo de retorno para dichos parámetros, de utilidad en las entradas de los modelos dinámicos de inestabilidad o estudios avanzados de peligrosidad.

Las dificultades anteriores, como en otros casos, se encuentran al tratar la evaluación de la peligrosidad en la parte meridional de la Cordillera Bética, localizada al sur de España; si bien el potencial espacial o susceptibilidad para desencadenar movimientos de ladera se encuentra en un estado de investigación más avanzado. De este modo, en el presente trabajo, la investigación se ha dirigido hacia la consecución de objetivos que pretenden avanzar o mejorar aquellas partes donde aún existen deficiencias de índole metodológica o técnica para generar información decisiva en la evaluación de la peligrosidad. Para tal fin, el trabajo de investigación se ha dividido en tres partes: la primera consistente en el seguimiento detallado de la evolución de la actividad de 7 movimientos de ladera, aprovechando las ventajas de la técnica de LiDAR terrestre

(TLS), cuyos resultados pueden correlacionarse con variaciones en el registro pluviométrico como principal causa de los cambios temporales en la actividad; la segunda se ocupa del inventario de movimientos de ladera a escala regional a partir de datos secuenciales obtenidos mediante la técnica de LiDAR aerotransportado (ALS), lo que supone una agilización para la actualización de información espaciotemporal necesaria para la estimación de probabilidad temporal basada en series de eventos detectados dentro de periodos de tiempo determinados (ej., nº medio de movimientos/año). La última parte se dedica al desarrollo de una metodología basada en el análisis de Series de Duración Parcial (PDS), permitiendo la distinción de umbrales de lluvia acumulada asociada con movimientos de ladera documentados, y cuyos resultados informan de las relaciones causa-efecto de este fenómeno y de su recurrencia temporal.

En el primer caso, los productos obtenidos a partir de la técnica TLS han permitido revelar cambios importantes en la actividad de algunos de los movimientos estudiados, incluso mostrando deformaciones de estado incipiente. Los pequeños cambios detectados en el terreno se han podido interpretar sobre la zonificación precisa de los desplazamientos diferenciales que resultan de la comparación de modelos digitales del terreno con resoluciones del orden decimétrico, contruidos mediante una metodología depurada que busca minimizar las limitaciones comunes (zonas ocultas o “holes”, error acumulado en el ajuste de partes escaneadas, objetos no deseados para el análisis de resultados, clasificación supervisada, etc.), permitiendo establecer el umbral de ruido medio para la detección remota de cambios geomorfológicos alrededor de 10 cm, trabajando desde distancias entre 500 m y 1 km. Esta metodología, aplicada periódicamente a los movimientos de ladera sobre distintos intervalos mensuales, muestra la estabilidad de unos movimientos frente a la dinámica que se manifiesta en otros, según sus diferentes etapas de reactivación o cambios en la tasa de desplazamiento. Entre estos, en el deslizamiento traslacional “Almegíjar”, se detectó una reactivación del conjunto de la masa movilizada, iniciada en el periodo húmedo 2009-2010 y continuando con diferentes tasas de velocidad en los siguientes periodos de análisis. Esta reactivación generó una deformación con un acortamiento en su dimensión longitudinal y una extrusión hacia su parte externa; lo cual fue constatada desde una perspectiva aérea con la técnica equivalente aerotransportada, ALS, aunque con distinta precisión para las magnitudes. Según los intervalos temporales impuestos por la monitorización secuencial, en los dos primeros periodos de su reactivación (2009-2010 y 2010-2011), los desplazamientos diferenciales alcanzaron valores máximos superiores entre 1.3 m y 2 m, con tasas mínimas de 1.42 m/a, 1.64 m/a y 1.35 m/a para el hundimiento en cabecera, desplazamiento descendente (aproximadamente, en dirección del plano de rotura) y el avance en la parte inferior de la masa movilizada, respectivamente. Esta deformación, que continuó hasta 2011 con características similares, mostró una recesión hacia 2012, con desplazamientos de orden decimétrico; mientras que en el corto periodo de 04/2012 a 11/2012 no se apreciaron desplazamientos significantes. En el periodo de 2012-2013 se detectaron desplazamientos más cercanos al umbral establecido para el error relativo (10 cm), que en comparación con las zonas estables y acreción destacada sobre lóbulos de derrubios, estos podrían significar una nueva aceleración. El deslizamiento “Borincho” también mostró resultados destacables en cuanto a la funcionabilidad de la técnica aplicada, manifestando una reactivación parcial al pie de la ladera que se inició en el

mismo periodo (2009-2010) y continuó hasta 2011. Tras un análisis de la serie pluviométrica histórica, los umbrales más conservadores que con mayor posibilidad favorecerían la dinámica de los deslizamientos Almegíjar y Borincho se establecieron en 284 mm (intervalo de recurrencia de 7.5 a) y 256.4 mm (6.4 a), respectivamente, fijando un coeficiente de seguridad del 25%. Por lo que respecta a los demás movimientos, sobre el cuerpo principal del deslizamiento "Puente Viejo" se detectó un deslizamiento secundario de derrubios también en el intervalo 2009-2010; mientras que en los movimientos "Chuca" y "Budás" sólo se detectaron pequeños colapsos al pie de los mismos o en flancos laterales durante el mismo periodo.

Aunque con menor resolución, los datos altimétricos adquiridos mediante ALS, tratados mediante una metodología específica, han permitido detectar diversos eventos de movimientos de ladera sobre los resultados de modelos de diferencias entre diferentes tipos de DEMs (DEMoD). En total se inventariaron 47 movimientos de ladera naturales y 50 roturas en taludes artificiales, partiendo de la comparación de productos obtenidos para los datos de 2 vuelos, el primero realizado entre agosto y noviembre de 2008 y el más reciente en julio de 2010. Al cruzar el inventario de movimientos de ladera naturales con el mapa litológico, se revela una mayor superficie afectada por deslizamientos traslacionales en filitas con rocas calcáreas intercaladas (69,81 %), seguida por cuarcitas y esquistos cuarcíticos (15,16 %), con la menor influencia sobre conglomerados, costra calcáreas y travertinos. A diferencia de lo anterior, las roturas de taludes artificiales afectaron mayormente a cuarcitas y esquistos cuarcíticos, coincidiendo con localizaciones de distintos tramos de carretera. Respecto a los mecanismos de rotura, el deslizamiento traslacional fue el tipo predominante. Por su parte, el análisis sobre la distribución de movimientos de ladera respecto al mapa de susceptibilidad existente mostró un área afectada mayor para la clase de susceptibilidad moderada que para la de alta; diferencia que al comparar sólo los puntos representativos (centroides) de cada movimiento resulta en un 57.47% de ellos asociados a la clase de susceptibilidad moderada y un 42.55% a la de alta. No obstante, este contraste debe interpretarse con las consideraciones apropiadas de la diferencia entre los rangos temporales del inventario obtenido con esta metodología y el inventario histórico - prehistórico usado para el desarrollo del modelo de susceptibilidad. Este efecto se minimizaría al actualizar el inventario reciente, de modo que su distribución espaciotemporal se haga cada vez más comparable a la predicha por el modelo de susceptibilidad. De otra manera, el inventario actualizado podría ser utilizado para calibrar el modelo de susceptibilidad. Respecto al tipo de inventario obtenido, según la ventana temporal cubierta, se puede tipificar como un inventario multitemporal; sin embargo, debido a la ocurrencia de las lluvias intensas y duraderas del periodo 2009-2010, cuyo efecto sobre el terreno también se determinó mediante los resultados de la metodología basada en la técnica de TLS, estas se consideran como un evento desencadenante de los múltiples movimientos de ladera detectados (MORLE). Por tanto, este inventario podría clasificarse más bien como un inventario por evento.

La disposición de catálogos o inventarios de eventos de movimientos de ladera de fecha conocida para un área extensa y potencialmente activa proporciona la base para el cálculo de la frecuencia espaciotemporal y el estudio de las causas que determinan la ocurrencia de dichos procesos; sin embargo, las metodologías basadas en la

monitorización con sensores remotos difícilmente proporcionan la fecha exacta de la iniciación o reactivación de un movimiento de ladera. En este caso, los catálogos documentales de eventos asociados con tal fenómeno suponen la mejor base de datos para la asignación de una datación más precisa a dichos sucesos, sobre todo tras la ocurrencia de un MORLE que despierta el interés socio-económico y el aumento en el número de noticias o informes disponibles en la literatura. Este hecho tiene una implicación directa en la evaluación de la peligrosidad, posibilitando no sólo la datación de los eventos recurrentes en el tiempo, sino también el análisis de la causa o características de los factores desencadenantes. Esto es lo que se ha tratado de demostrar en la tercera parte de la investigación, en la que se han evaluado las magnitudes de distintas variables pluviométricas tanto coetáneas como antecedentes a las fechas de 20 movimientos de ladera, localizados geográficamente y datados con mayor precisión a partir de la revisión documental. Todos estos eventos se generaron en fechas cercanas a los periodos especialmente lluviosos de los inviernos de 1996-1997 y 2009-2010, los cuales pueden considerarse como MORLEs. De este modo, teniendo en cuenta las fechas de los eventos de movimientos de ladera, y mediante el desarrollo de una metodología consistente en un análisis de frecuencia exhaustivo, se pudo ampliar la información referente al factor activador para acotar los diferentes umbrales de lluvia antecedente y lluvia contemporánea a la ocurrencia de cada movimiento. El fundamento de la metodología se encuentra en el análisis de las múltiples Series de Duración Parcial (PDS) derivadas de la combinación de las diferentes variables pluviométricas con un amplio rango de duraciones (de 1 a 90 días). Este proceso facilita la discriminación de anomalías sobre los resultados gráficos del espectro continuo tanto de las variables estudiadas como de su intervalo de recurrencia, ya sea previamente o durante la generación de cada movimiento de ladera. Como resultado de este análisis retrospectivo se adquirió una información previamente no existente sobre el comportamiento de la precipitación, como principal factor causante y, también, preparatorio de los múltiples movimientos de ladera. Aplicando los criterios necesarios y, sobre todo, atendiendo a las anomalías correspondientes a la curva del periodo de retorno, la lluvia antecedente acumulada durante una o varias anomalías (A_{DG1}), equivalente a la precipitación recogida durante la última tormenta (E_{DG1}) cuando no existen anomalías anteriores, se estableció como variable más adecuada para la obtención de intervalos de recurrencia. Por otro lado, ambas variables se tuvieron en cuenta para determinar los umbrales relacionados con los eventos de movimientos de ladera. Analizando la distribución de los umbrales derivados de la combinación de intensidad-duración (I-D) para A_{DG1} , se pudo ajustar una función potencial de la forma $I = \alpha \cdot D^{-\beta}$, con $\alpha=88.005$ y $\beta=0.69$. Al relacionar los valores de ambas variables, aunque con un coeficiente de correlación bajo ($R=0.11$), se encontró una relación lineal negativa con ecuación: $A_{DG1} = -0.6617 E_{DG1} + 222.83$. Para esta correlación, el caso en que ambas variables se presentan con valores bajos, se puede atribuir a una subestimación, posiblemente ligada a las medidas de precipitación significativamente menores que las que predominaron en el área del movimiento de ladera. A pesar del número relativamente bajo de movimientos de ladera compilados, mediante la frecuencia asignada de forma indirecta a través este análisis de frecuencia, se observó que los movimientos de ladera naturales se iniciaron (o reactivaron) con una frecuencia media menor que las roturas en taludes artificiales (16.4 años frente a 9.7 años, respectivamente). Considerando las diferentes duraciones de los eventos pluviométricos asociados, los primeros se activaron para

valores promedio de la intensidad de A_{DG1} mayores que los segundos (39.1 mm/d frente a 15.4 mm/d, respectivamente). Independientemente del tipo de ladera natural o artificial, al analizar los distintos tipos de movimientos, se observa que los deslizamientos responden a una intensidad media de A_{DG1} menores (30.1 mm/d) que las caídas de rocas (39.3 mm/d) o los movimientos complejos (42.5 mm/d). Contrariamente, el periodo de recurrencia media para los primeros se sitúa en un valor significativamente mayor (22.4 a), coincidente con una mayor duración media de los eventos pluviométricos asociados (23.6 d para los deslizamientos frente a los 15.86 d para las caídas de rocas, o 12 d para los movimientos complejos). Entre el total de eventos catalogados, se asignaron periodos de retorno de hasta 3.6 años al 50% de ellos, y sólo el 25% de las magnitudes de lluvia antecedente (A_{DG1}) correspondieron a periodos de recurrencia superiores a 24 años.

En conjunto, los resultados alcanzados han mostrado que las metodologías aplicadas contribuyen al avance en la evaluación cuantitativa de la peligrosidad en el área de estudio, bien sea para el registro de eventos de movimientos de ladera en grandes áreas mediante la técnica de ALS, útil en el análisis de serie temporales para establecer la frecuencia para el intervalo medio entre adquisiciones secuenciales; el seguimiento de la evolución de la actividad de movimientos de ladera diacrónicos en relación a los factores desencadenantes con la técnica de TLS, o el estudio retrospectivo de las relaciones causa - efecto a partir de catálogos de movimientos históricos y la ampliación de la información proporcionada por un análisis intensivo basado en PDS. No obstante, la connotación temporal implícita en la evaluación de peligrosidad requiere la continuidad de la investigación dedicada a la compilación de nuevos eventos de ladera, así como de sus características intrínsecas y aquellas de sus factores desencadenantes. Con esta práctica los resultados de probabilidad espaciotemporal podrían determinarse con mayor precisión; y por otro lado, podrían obtenerse parámetros necesarios para llevar a cabo modelos numéricos o físicos a un nivel de detalle avanzado.

EXTENDED ABSTRACT

Given the importance of the spatiotemporal impact that involves the phenomenon of landslides, the interest in risk reduction and the appropriate urban and civil-engineering planning is reflected in the numerous related research work and scientific publications. Many of these are focused on develop innovative methodologies for the estimation of the main components of the fundamental risk equation (susceptibility, hazard and vulnerability), or as guides and reviews of the most appropriate methods and techniques for the zoning of such components regarding the different types of landslides, scales or objectives.

The level of risk as a consequence of landslides depends on the hazard associated; that is, on the recurrence or temporal probability with which one or more landslides-related processes affect a terrain unit. That is why the knowledge of the frequency with which these processes occur, or with which important activity changes arise, together with the different types of landslides and their sizes or intensity classes provide valuable information to predict the transient behavior linked to the destructiveness of these natural events. However, the hazard assessment appears rather as a challenge, especially if it is to obtain a quantitative estimate. This is mainly because the tasks are hampered by the complexity, requirements, restrictions and lack of data necessary for the application of methods that provide information about the chronology of the landslides activity at different geographical scales. This is the case of the dating of prehistoric and even historical events; sequentially obtaining landslides inventories as the basis for the analysis of events time-series; determining hydrological or hydrogeological parameters associated with the activation or reactivation of landslides, necessary for establishing cause-effect relationships; or establishing thresholds and their return period for these parameters, useful in the inputs of dynamic instability models or advanced hazard studies.

The above difficulties, as in other cases, are found when assessing the hazard in the southern part of the Betic Cordillera, located in southern Spain; while the spatial potential or susceptibility to trigger landslides is in a more advanced state of researching. Thus, in the present work, the research has been addressed towards the achievement of objectives that aim to advance or improve those parts where there are still shortcomings of methodological or technical nature to generate critical information to enable the landslide assessment. For this purpose, the research work has been divided into three parts: the first one consisting of the detailed monitoring of the activity evolution of 7 landslides, taking advantage of the terrestrial LiDAR (TLS) technique, whose results can be correlated with variations in the rainfall record as the main cause of temporal changes in activity; the second one dealing with the landslides inventory at regional scale from sequential data obtained by the technique of airborne LiDAR (ALS), which enable the streamlining in the update of the information needed to estimate the spatio-temporal probability based on series of events detected within certain time periods (eg., mean no. of movements/year). The last part is dedicated to the development of an analysis methodology based on Partial Duration Series (PDS), enabling the distinction of accumulated rainfall thresholds associated with documented landslides, and whose results provide information about the cause-effect relationships of this phenomenon and its temporal recurrence.

In the first case, the products obtained from the TLS technique have enabled to reveal significant changes in the activity of some of the landslides studied, even showing incipient deformation. The small terrain changes detected have been interpreted on the accurate zoning of differential displacements resulting from the comparison of digital terrain models with resolutions on the order of decimeters, built using a refined methodology that seeks to minimize common constraints (hidden areas or "holes", accumulated error in the adjustment of scanned parts, unwanted objects for the analysis of results, supervised classification, etc.), enabling to establish the average noise threshold for remote detection of geomorphologic changes about 10 cm, working from distances between 500 m and 1 km. This methodology regularly applied to landslides on various monthly intervals shows the stability of some landslides against the dynamics manifested in others, according to their different stages of reactivation or changes in the displacement rate. Among these, in the translational slide "Almegíjar" a reactivation of the whole mobilized mass was detected, initiated in the wet period 2009-2010 and continuing with different velocity rates in the following analysis periods. This reactivation generated a strain with a shortening in its longitudinal dimension and an extrusion towards the outside; which was observed from an aerial perspective by means of the airborne equivalent technique, ALS, although with different precision magnitudes. According with the time intervals imposed by the sequential monitoring in the two first periods of the reactivation (2009-2010 and 2010-2011), the differential displacements reached maximum values between 1.3 m and 2 m, with minimum rates of 1.42 m/a, 1.64 m/a and 1.35 m/a for the head subsidence, downward displacement (approximately in the direction of the failure plane) and the advance at the bottom of the mobilized mass respectively. This deformation, which continued until 2011 with similar characteristics, showed a recession by 2012, with displacements of decimeter order; while in the short period from 04/2012 to 11/2012 no significant changes were observed. In the period 2012-2013 displacements closest to the threshold for the relative error (10 cm) were detected, which compared to stable areas and the accretion of debris lobes, these could mean a new acceleration. The slide "Borincho" also showed remarkable results in terms of functionality of the applied technique, showing a partial reactivation at the toe of the hillside that began in the same period (2009-2010) and continued until 2011. After an analysis of historical rainfall series, the most conservative thresholds that with greater possibility favor the dynamics of "Borincho" and "Almegíjar" landslides were established in 284 mm (recurrence interval of 7.5 y) and 256.4 mm (6.4 y) respectively, setting a safety factor of 25%. As regards the other landslides, on the main body of the slide "Puente Viejo" a secondary debris slide was detected also in the interval 2009-2010; while in the landslides "Chuca" and "Budás" only small collapses at the toe or lateral flanks during the same period were detected.

Although with lower resolution, altimetry data acquired by airborne LiDAR technique, treated by a specific methodology, enabled to identify various landslides events on the results of models of differences between different types of DEMs (DEMoD). In total 47 natural landslides and 50 slope-cuts failures were inventoried, starting from the comparison of the products obtained for 2 flights, the first conducted between August and November 2008 and the most recent in July 2010. Crossing the inventory of natural landslides with the lithological map, it is revealed a larger surface affected by translational landslides in phyllites with interbedded limestone (69.81%), followed by quartzites and quartzitic schist (15.16%), with the less influence on conglomerates,

calcareous crust and travertine. Unlike the above, slope-cuts failures largely affected quartzite and quartzitic schists, matching different road sections. Regarding the failure mechanisms, translational slide was the predominant type. For its part, the analysis on the distribution of landslides regarding the existing susceptibility map showed greater affected area for the moderate susceptibility class than for the high one; difference that, when comparing only the representative points (centroids) of each landslides results in 57.47% of them associated with the moderate susceptibility class and 42.55% with high one. However, this contrast must be interpreted with appropriate consideration of the difference between the temporal intervals of the inventory obtained with this methodology and the historical - prehistoric inventory used for the development of the susceptibility model. This effect would be minimized by updating the recent inventory, so their spatio-temporal distribution becomes increasingly comparable to that predicted by the susceptibility model. Otherwise, the updated inventory could be used to calibrate the model susceptibility. About the type of inventory obtained, regarding the covered time window, it can be typified as a multitemporal inventory; however, due to the occurrence of heavy and lasting rains of the period 2009-2010, whose effect on the ground was also determined by the results of the methodology based on the TLS technique, these are considered as a triggering event of the multiple landslides detected (MORLE). Therefore, this inventory rather may be classified as an event inventory.

The availability of catalogues or inventories of dated-landslides events for an extensive and potentially active area provides the basis for calculating the spatiotemporal frequency and study of the causes which determine the occurrence of these processes; however, those based on remote sensing monitoring hardly provide the exact initiation or reactivation date of landslides. In this case, documental catalogues of events associated with this phenomenon represent the best database for assigning a more precise dating to these events, especially after the occurrence of a MORLE that awakens the socio-economic interest and increased the number of news or reports available in the literature. This fact has a direct involvement in hazard assessment, enabling not only the dating of recurrent events in time, but also the analysis of the causes or triggers characteristics. This is what has been treated in the third part of the investigation, in which the magnitudes of different rainfall variables both contemporaneous as antecedent to the dates of 20 landslides, geographically located and accurately dated from the documental review, have been assessed. All these events were generated in dates close to particularly rainy periods in the winters of 1996-1997 and 2009-2010, which can be considered as MORLEs. Thus, taking into account the dates of the landslides events, and by developing a methodology consisting of an exhaustive frequency analysis, the information concerning the triggering factor could be extended to narrow down the different thresholds of antecedent and contemporary rainfall to the occurrence of each landslide. The basis of the methodology lies in the analysis of multiple Partial Duration Series (PDS) derived from the combination of the different pluviometric variables with a wide duration-range (1 - 90 days). This procedure facilitates the displaying of anomalies on the graphic results of the continuous spectrum of both variables and their recurrence interval, either previously or during the generation of each landslide. As result of this retrospective analysis, previously nonexistent information on the behavior of precipitation, as main causative factor and also preparatory of the multiple landslides was gathered. Applying

the suitable criteria and, taking the advantage of observing the anomalies on the return-period curve, the antecedent cumulative rainfall over one or more anomalies (A_{DG1}), equivalent to the precipitation collected during the last storm (E_{DG1}) when no previous anomalies exist, was established as the most appropriate variable for obtaining recurrence intervals. Moreover, both variables were taken into account in determining the thresholds related to the landslides events. Analyzing the threshold distribution derived from the intensity-duration (I-D) combination for A_{DG1} , it was possible to adjust a potential function of the form $I = \alpha \cdot D^{-\beta}$, with $\alpha=88.005$ and $\beta=0.69$. By relating values of both variables, although with a low correlation coefficient ($R = 0.11$), a negative linear relationship was found with equation: $A_{DG1} = -0.6617 E_{DG1} + 222.83$. For this correlation, the case where both variables present low values can be attributed to an underestimate, possibly linked to measures of precipitation significantly lower than those prevailing in the landslide area. Despite the low number of landslides compiled, by means of the indirectly assigned frequency through this analysis, it was observed that the natural landslides initiated (or reactivated) with a lower average frequency than slope-cuts failures (16.4 years versus 9.7 years, respectively). Considering the different durations of the associated rainfall events, the first ones activated with average values of A_{DG1} intensity greater than the second ones (39.1 mm/d from 4.15 mm/d, respectively). Regardless of whether the slope is of the natural or artificial type, analyzing the various types of landslides, it is observed that slides respond to mean intensities of A_{DG1} (30.1 mm/d) lower than rock falls (39.3 mm/d) or complex landslides (42.5 mm/d). In contrast, the average recurrence period for the first ones is significantly higher (22.4 a), coinciding with a longer average duration of the associated rainfall events (23.6 d for slides against the 15.86 d for rockfalls, or 12 d for complex landslides). Among the total cataloged events, return periods of up to 3.6 years are assigned to the 50% of them, and only 25% of the antecedent rainfall (A_{DG1}) magnitudes were for recurrence intervals longer than 24 years.

Overall, the results have shown that the applied methodologies contribute to the progress in the quantitative-hazard assessment in the study area, either recording landslide events in large areas using the technique of ALS useful in time-series analysis to establish the frequency for the mean interval between sequential acquisitions; monitoring the evolution of the diachronic landslides activity in relation to triggers with the TLS technique, or addressing a retrospective study of cause - effect from catalogs of historical landslides and expanding the information provided by an intensive analysis based on PDS. However, the implicit temporal connotation in hazard assessment requires research continuity aimed to the compilation of new landslides events, as well as their intrinsic characteristics and those of their triggers. With this practice the outcomes in the spatiotemporal probability could be determined more precisely, and on the other hand, it could be obtained the required parameters to perform numerical or physical models at the advanced level of detail.

CONTENIDO

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	23
1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.2 OBJETIVOS.....	27
1.3 ESQUEMA METODOLÓGICO.....	28
1.4 RESUMEN GENERAL DEL CONTENIDO.....	35
1.5 CONCEPTOS BÁSICOS Y COMPLEMENTOS TEÓRICOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS DE LADERA	41
1.5.1 <i>Sobre la definición de “movimiento de ladera” y sus clasificaciones.....</i>	<i>41</i>
1.5.2 <i>Movimientos de ladera superficiales y profundos.....</i>	<i>44</i>
1.5.3 <i>Sobre los grados de actividad de movimientos de ladera.....</i>	<i>46</i>
1.5.4 <i>Sobre las componentes de la evaluación del riesgo por movimientos de ladera y su zonificación</i>	<i>47</i>
1.5.5 <i>Otras definiciones de interés.....</i>	<i>49</i>
1.6 ASUNCIONES Y PRINCIPIOS BÁSICOS	49
1.7 CONSIDERACIONES FINALES.....	50
Capítulo 2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD POR MOVIMIENTOS DE LADERA. IMPORTANCIA E INTRODUCCIÓN A LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y METODOLOGÍAS	51
2.1 INTRODUCCIÓN.....	51
2.2 ZONIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA. TIPOS Y NIVELES DE CARTOGRAFÍA .	52
2.3 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA. PRIMERA ACTIVIDAD DE MAYOR IMPORATANCIA EN LA EVALUACIÓN Y/O ZONIFICACIÓN DEL RIESGO.....	55
2.3.1 <i>Técnicas clásicas y avanzadas de inventariado.....</i>	<i>57</i>
2.3.2 <i>Tipos de inventarios según su naturaleza y rango temporal y sus implicaciones</i>	<i>57</i>
2.4 EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS DE LADERA	59
2.4.1 <i>Métodos basados en inventarios.....</i>	<i>64</i>
2.4.2 <i>Metodologías cualitativas basadas en el conocimiento</i>	<i>64</i>
2.4.3 <i>Metodologías cuantitativas.....</i>	<i>66</i>
2.5 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS DE LADERA: DESCRIPTORES Y ACTIVIDADES	71
2.6 EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA	73
2.6.1 <i>Datos para la evaluación de la peligrosidad</i>	<i>77</i>
2.6.2 <i>Métodos de evaluación de la probabilidad de ocurrencia de movimientos de ladera</i>	<i>80</i>

2.6.3	<i>Descriptores de frecuencia de movimientos de ladera</i>	84
2.6.4	<i>Relaciones magnitud-frecuencia</i>	88
2.6.5	<i>Extensión de las deformaciones del terreno afectado</i>	92
2.6.6	<i>Dificultades y limitaciones en la evaluación de la peligrosidad</i>	92
2.7	ZONIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA	95
2.7.1	<i>Tipo de zonificación según el objeto de estudio</i>	96
2.7.2	<i>Tipo de zonificación según la consideración del recorrido e intensidad del movimiento de ladera</i>	96
2.7.3	<i>Clasificaciones de las metodologías de zonificación de la peligrosidad</i>	98
2.8	ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD, LA DIACRONÍA Y LA DESTRUCTIVIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA	101
2.8.1	<i>Intensidad de los movimientos de ladera</i>	101
2.8.2	<i>Diacronía del movimiento de ladera</i>	102
2.8.3	<i>Destruktividad de los movimientos de ladera</i>	103
2.9	FIABILIDAD DE LA ZONIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA	106
2.9.1	<i>Descripción de las incertidumbres</i>	106
2.9.2	<i>Inventarios de movimientos de ladera</i>	106
2.9.3	<i>Mapas topográficos</i>	107
2.9.4	<i>Incertidumbre del modelo</i>	107
2.9.5	<i>Validación de la cartografía de movimientos de ladera</i>	107
2.9.6	<i>Efectos potenciales del cambio climático</i>	108
2.10	CONSIDERACIONES FINALES	108
Capítulo 3. AREA DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN PREVIA		110
3.1	SÍNTESIS CLIMÁTICA	110
3.2	CONTEXTO GEOLÓGICO	111
3.2.1	<i>Síntesis tectónica</i>	111
3.2.2	<i>Síntesis litológica</i>	116
3.3	TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA ASOCIADOS A SU CONTEXTO GEOLÓGICO ...	119
3.4	AVANCES EN INVENTARIOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA	120
3.5	AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE LADERA	120
3.6	AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DE LA PELIGROSIDAD POR MOVIMIENTOS DE LADERA	123
3.6.1	<i>Fotointerpretación</i>	125
3.6.2	<i>Datación dendrocronológica</i>	127

3.6.3	<i>Interferometría Diferencial de Radar de Apertura Sintética (DInSAR)</i>	131
3.6.4	<i>Técnicas de combinación de LiDAR y fotogrametría</i>	143
3.6.5	<i>Resumen de periodos asociados a la actividad de movimientos de ladera y su relación con eventos de lluvia históricos</i>	146
Capítulo 4. SEGUIMIENTO DE LA ACTIVIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA DIACRÓNICOS MEDIANTE LiDAR TERRESTRE (TLS)		
147		
4.1	INTRODUCCIÓN	147
4.2	MATERIALES Y DATOS	149
4.2.1	<i>ESCÁNER DE LÁSER TERRESTRE (TLS)</i>	149
4.2.2	<i>Receptores GNSS con corrección diferencial</i>	158
4.3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	164
4.3.1	<i>Planificación y adquisición de datos</i>	165
4.3.2	<i>Procesamiento. Reducción de la nube de puntos</i>	168
4.3.3	<i>Procesamiento. Alineación o registro de los sistemas de coordenadas de cada posición propia de escáner</i>	169
4.3.4	<i>Procesamiento. Ajuste multiestación</i>	170
4.3.5	<i>Procesamiento. Eliminación de objetos inadecuados para el análisis específico</i> 175	
4.3.6	<i>Triangulación o mallado</i>	177
4.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y PRODUCTOS OBTENIDOS	177
4.4.1	<i>Comparación de datos problema con el modelo poligonal de referencia</i>	177
4.5	LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA	180
4.6	RESULTADOS	181
4.6.1	<i>Resultados generales</i>	182
4.6.2	<i>Resultados relevantes en algunos de los casos de estudio seleccionados</i>	186
Capítulo 5. DELIMITACIÓN DE MÚLTIPLES MOVIMIENTOS DE LADERA DESENCADENADOS POR UN MISMO EVENTO (MORLE) MEDIANTE LiDAR AEROTRANSPORTADO (ALS)		
222		
5.1	INTRODUCCIÓN	222
5.2	MATERIALES Y DATOS	226
5.3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	228
5.3.1	<i>Clasificación LiDAR</i>	229
5.3.2	<i>Interpolación</i>	230
5.3.3	<i>1ª Comparación de DTMs y ajuste de alineación</i>	233
5.3.4	<i>2ª Comparación DTM</i>	235

5.3.5	<i>Comparación de DSMs, generación del DEMoD combinado y delineación de los rasgos detectados</i>	236
5.4	LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA	240
5.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	240
Capítulo 6. ESTIMACIÓN DE LA RECURRENCIA DE MÚLTIPLES MOVIMIENTOS DE LADERA DESENCADENADOS POR EVENTOS COMUNES (MORLE) MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SERIES DE DURACIÓN PARCIAL.....		
250		
6.1	INTRODUCCIÓN	250
6.2	MATERIALES Y DATOS	253
6.3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	256
6.3.1	<i>Generación de variables pluviométricas</i>	257
6.3.2	<i>Análisis de frecuencia y periodo de retorno</i>	259
6.3.3	<i>Determinación de umbrales mediante la selección de la lluvia antecedente acumulada asociada a la ocurrencia de movimientos de ladera</i>	260
6.4	LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA	264
6.5	RESULTADOS	264
Capítulo 7. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES.....		
272		
7.1	CONCLUSIONES PARA CADA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	272
7.1.1	<i>Seguimiento de la actividad de movimientos de ladera diacrónicos mediante LiDAR terrestre (TLS)</i>	272
7.1.2	<i>Delimitación de múltiples movimientos de ladera desencadenados por un mismo evento (MORLE) mediante LiDAR aerotransportado (ALS)</i>	276
7.1.3	<i>Estimación de la recurrencia de múltiples movimientos de ladera desencadenados por eventos comunes (MORLE) mediante el análisis de Series de Duración Parcial (PDS)</i>	279
7.2	ALCANCES SOBRE EL PROBLEMA PRINCIPAL DE LA PELIGROSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA Y FUTURA INVESTIGACIÓN	282
7.3	CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS	285
7.4	CONCLUSIONS FOR EVERY RESEARCH PURPOSE OR HYPOTHESIS.....	285
7.4.1	<i>Monitoring of the diachronic landslide activity through terrestrial LiDAR (TLS)</i>	285
7.4.2	<i>Delineation of multiple landslides triggered by the same event (MORLE) using airborne LiDAR (ALS)</i>	288
7.4.3	<i>Estimation of the recurrence of multiple landslides triggered by common events (MORLE) by analyzing Partial Duration Series (PDS)</i>	291
7.5	ACHIEVEMENTS ON THE MAIN PROBLEM OF THE LANDSLIDE HAZARD AND FUTURE RESEARCH.....	293

Capítulo 8. REFERENCIAS..... 296

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El crecimiento de la población, extendiéndose hacia áreas no habitadas, implica un aumento en el número de elementos en riesgo. En caso de los movimientos de ladera, el grado de riesgo es también proporcional a la frecuencia del fenómeno natural y a la propia vulnerabilidad de esos elementos (Varnes 1984a; Glade et al. 2005; Chacón et al. 2006a) (Ec. 1). Además, el riesgo se incrementa con el potencial del terreno para generarlos; es decir, el riesgo depende directamente de la susceptibilidad del terreno para que se inicien o reactiven movimientos en el seno del mismo. En este caso, la susceptibilidad será proporcional a las condiciones iniciales o factores determinantes necesarios para desencadenar movimientos de ladera.

Por otra parte, una componente importante en la ecuación fundamental para la estimación del riesgo es el término de connotación temporal de la peligrosidad, entendida como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un plazo determinado de tiempo, y dentro de un área determinada (Varnes 1984b; Fell et al. 2008). De este modo, la probabilidad espacial, expresada por la susceptibilidad, se debe complementar con la frecuencia o razón de ocurrencia de dicho fenómeno en cada unidad de territorio. En este sentido, la peligrosidad se refiere a la probabilidad condicionada de ocurrencia del evento respecto de la probabilidad espacial de que, efectivamente, el evento se pueda desarrollar dadas las características del área de interés. Esta componente temporal, a su vez, estará implícita en la destructividad esperable de dichos fenómenos (Cardinali et al. 2002; Chacón et al. 2010); ya que cuanto más frecuente sea un movimiento, mayores daños o consecuencias causará. Esta frecuencia, en los movimientos profundos de gran tamaño se reflejará en sus consecutivas reactivaciones; mientras que en el caso movimientos superficiales, lo hará más bien por el mayor número o densidad de estos movimientos.

Ec. 1 $R = H \times V \times E$; Riesgo total = Peligrosidad \times Vulnerabilidad \times Elementos en riesgo

Como otros fenómenos naturales, los movimientos de ladera suponen un proceso frecuente que cada año provoca escenarios de riesgo y, eventualmente, el desencadenamiento de catástrofes naturales distribuidas por todo el mundo. En la mayoría de los casos los movimientos de ladera surgen como efecto secundario de los terremotos y tormentas, pero también son inducidos por la actividad antrópica o la alteración del uso del suelo (Varnes 1984b; Panizza 1996; Aleotti and Chowdhury 1999; Guzzetti et al. 1999; Chacón 2003; Lacasse and Nadim 2009). Las víctimas mortales, daños en infraestructuras públicas o propiedades privadas, así como al medio ambiente, y la interrupción de los sistemas sociales son más importantes y extendidas que las consecuencias debido a otro riesgo geológico (Varnes 1984b; Guzzetti et al. 1999; Cardinali et al. 2002), en muchos casos llegando a un nivel de daños irrecuperable.

El gran impacto de los movimientos de ladera en toda la superficie de la Tierra ha despertado el interés de las principales instituciones del mundo (Brabb 1991; Schuster

1996; Aleotti and Chowdhury 1999; Schuster and Highland 2001; Petley et al. 2005; Petley 2012). Ya en los años setenta fue realizada una compilación a nivel global sobre movimientos de ladera en el marco de trabajo de la Comisión sobre Movimientos de Ladera de la Asociación Internacional para la Ingeniería Geológica y el Medio Ambiente (IAEG), con la consecuente cifra de 2,660 muertes para el periodo 1971-1975, lo que supuso el 14% del total derivado del riesgo natural en general (Unesco 1973-79). El Centro Internacional de Movimientos de ladera manifiesta a partir de su base de datos que, en el siglo anterior, más de 500.000 personas murieron por movimientos de ladera (Geography Department of the University of Durham 2003). Una compilación más reciente se encuentra en Petley (2012), cuya base de datos espacio-temporal a escala mundial reporta la cifra de 32.322 víctimas mortales a causa de 2.620 movimientos entre 2004 y 2010, encontrando el mayor número de pérdidas humanas a lo largo del Arco del Himalaya y en China. Schuster (1978) determinó los costos anuales derivados de los movimientos de ladera en los Estados Unidos de América en más de 1,000 millones de dólares; mientras que para Italia, Arnould and Frey (1977) estimaron 1.140 millones de dólares. En Italia, las condiciones geomorfológicas y geológicas han dado lugar a un gran número de víctimas, como se describe en la revisión de Aleotti and Chowdhury (1999), siendo el deslizamiento de Vajont de 1964 uno de los más impactantes, causando casi 2.000 muertes. En España, Ayala et al. (1987) estimaron las pérdidas esperadas a causa de los movimientos de ladera para el período entre 1986 y 2016 en más de 13.771 millones de euros en el caso de riesgo medio, y más de 40.115 millones de euros en el caso de máximo riesgo (inflación del PIB actualizada a 2013); aunque con las medidas preventivas y paliativas adecuadas estas cifras podrían reducirse en un 90% (Ayala et al. 1987; Jiménez-Perálvarez et al. 2011).

Vista la relevancia del fenómeno de movimientos de ladera, los resultados de inventarios de movimientos de ladera, evaluación de susceptibilidad, peligrosidad, vulnerabilidad de los elementos en riesgo, así como de la propia estimación del riesgo total, constituyen herramientas básicas para prevenir y mitigar estos efectos negativos. Estas deben estar a disposición de científicos, planificadores, tomadores de decisiones y, en definitiva, cualquier experto vinculado con actividades o proyectos de interacción con el terreno. Sin una mínima información sobre estas, la realidad posterior a la ejecución de cualquiera de esas actividades podría estar sujeta a una desvaloración y consecuencias negativas.

Siendo conscientes del gran impacto derivado del fenómeno en cuestión, y como se puede inferir de los trabajos citados anteriormente, se consideran de importancia las bases de datos e inventarios sobre eventos de movimientos de ladera como las herramientas iniciales para alcanzar fases posteriores de la evaluación del riesgo total. No obstante, existen dificultades que obstaculizan su estimación, así como una variedad de metodologías para el estudio de las características de los eventos catalogados, sobre todo, de la fecha de su iniciación o reactivaciones. Como consecuencia, en las últimas décadas se han iniciado esfuerzos dirigidos a la armonización y gestión del conocimiento sobre los movimientos de ladera en el marco internacional. En Europa los movimientos de ladera constituyen una amenaza importante en zonas de colinas y montañosas, registrándose unos 630.000 movimientos de ladera hasta 2012 según bases de datos nacionales (European

Commission 2012). En este continente destacó la investigación llevada a cabo dentro del Programa Europeo sobre Climatología y Peligros Naturales (EPOCH), que en los noventa se centró en la evaluación del estado de las técnicas dedicadas a la estimación de la ocurrencia temporal de movimientos de ladera (Panizza 1996), teniendo en cuenta la evolución de la tecnología SIG (Casale et al. 1994; Dikau et al. 1996; Chacón et al. 2006a). Más tarde, la Comisión Europea estableció actividades para la prevención, la mitigación y la restauración de las zonas de movimientos de ladera, entre otros procesos que afectan a los suelos (erosión, contaminación, etc.) (European Commission 2006a; b; 2012). Para estos fines, la Comisión Europea, con el apoyo científico y técnico del Centro Común de Investigación de la UE (JRC) en lo referente a la aplicación de la Estrategia Temática de la UE para la Protección del Suelo (European Commission 2012), tanto a través de sus propias actividades como por medio de la colaboración con las organizaciones nacionales de investigación, organismos y academias de cartografía. En esta colaboración, los objetivos finales se dirigen a la armonización de los métodos para la cartografía y zonificación de movimientos de ladera en Europa (inventario, susceptibilidad, peligrosidad y riesgo) a distintas escalas, así como al desarrollo de satélites, aviones y técnicas de teledetección terrestres para la cartografía de movimientos de ladera y su seguimiento a largo plazo (Joint Research Center 2013). Las actividades para tales objetivos se especializan en diferentes tipos de impactos: impacto directo sobre las laderas, escombreras de minas, presas y vertederos, así como la formación de diques naturales por grandes movimientos de ladera tras el momento de rotura. Uno de los resultados, ya derivado de esta iniciativa, es el primer mapa de susceptibilidad continental a partir de las bases de datos de diferentes países (Günther et al. 2012). Por su parte, la Directiva Europea de marzo de 2007 sentó las bases legales para el establecimiento de la INSPIRE (Infraestructura de Información Espacial en la Comisión Europea) (European Community 2007). De acuerdo con esta directiva, el Proyecto SAFELAND, vigente durante los años 2009 a 2012, se centró en una nueva evaluación sobre el estado de las bases de datos regionales y nacionales de movimientos de ladera (Van Den Eeckhaut and Hervás 2012), incluyendo información como el número de movimientos inventariados; la completitud (por ejemplo, información espacial, temporal e información de las características de la rotura); el nivel de desarrollo de la evaluación del riesgo; el nivel de conocimiento y de aplicación de SIGs; así como las consecuencias y número de víctimas mortales.

Del análisis de los resultados de los anteriores proyectos e iniciativas sobre la investigación de movimientos de ladera, se pone de manifiesto la falta de información histórica y reciente (datación de la iniciación y/o reactivaciones) necesaria cuando se trata de la evaluación cuantitativa de la peligrosidad. Esto es debido, no sólo a las dificultades conocidas para reunir datos, sino también a que las instituciones oficiales son más propensas a analizar más bien los fenómenos que afectan directamente a la sociedad, incluso si no son la causa directa del daño o son sólo el factor desencadenante (Aleotti and Chowdhury 1999; Guzzetti et al. 1999; Van Den Eeckhaut and Hervás 2012). Especial consideración se debe dar a las regiones asociadas con la orogenia alpina, por la que han emergido los relieves más jóvenes y altos del continente europeo. Este es el caso de la Cordillera Bética situada en el sureste de España, que muestra altas tasas de remoción de masa debido a los movimientos de ladera (Chacón 2003; Fernández et al. 2003; Irigaray et al. 2007; El Hamdouni et al.

2008; Jiménez-Perálvarez et al. 2011; Chacón et al. 2012), y donde la evaluación directa de la frecuencia temporal de movimientos de ladera está fuertemente obstaculizada por la inexistencia de un catálogo que incluya las fechas de los eventos acaecidos.

En el área de estudio, ubicada en la parte meridional de la Cordillera Bética, se han realizado prácticas importantes en cuanto a inventariado en el entorno del río Guadalfeo (Jiménez-Perálvarez et al. 2011; Irigaray et al. 2012), la cuenca del río Ízbor (El Hamdouni et al. 1997a; El Hamdouni et al. 1997b; El Hamdouni 2001), o en las Sierras de la Contraviesa y Los Guajares (Fernández et al. 1996; Fernández 2001). Asimismo, destacan los trabajos dedicados a la zonificación de susceptibilidad, que han sido desarrollados a partir de los datos inventariados con la aplicación de metodologías estadísticas y objetivas sobre estas áreas (Irigaray 1995; Irigaray et al. 1999; Irigaray et al. 2007; Jiménez-Perálvarez et al. 2009; 2011; Jiménez-Perálvarez 2012). Además, en los últimos años se han realizado estudios locales sobre la variación de los desplazamientos de menor magnitud mediante DInSAR (Fernández et al. 2009); así como de los desplazamientos experimentados por un deslizamiento profundo durante diferentes intervalos temporales, con la aplicación de técnicas fotogramétricas (Fernández et al. 2011). Por otro lado, se ha establecido una primera aproximación indirecta de la peligrosidad en un sector mayor, expresada como la relación entre el porcentaje de terreno afectado por movimientos de ladera en un año hidrológico especialmente lluvioso (1996-1997) y el periodo de recurrencia para años de características similares (T=18 años) (Jiménez-Perálvarez 2012). Igualmente, se han restringido los periodos de la datación para distintos eventos de movimientos de ladera (roturas o reactivaciones) a partir de técnicas como la fotointerpretación y la dendrocronología (Jiménez-Perálvarez 2012). Aun así, en el área de estudio, existen varias vías de progreso sin explotar en la tarea compleja de la estimación cuantitativa de la peligrosidad. Sobre todo, existe la necesidad de generar con mayor rapidez, precisión y objetividad la activación o reactivación de movimientos de ladera a diferente escala geográfica; ya que la connotación temporal de la peligrosidad requiere la actualización secuencial de inventarios de movimientos. Esta actividad es menos factible y más tediosa si se usan técnicas clásicas de reconocimiento mediante fotointerpretación, que normalmente son más adecuadas para grandes movimientos de ladera (Jiménez-Perálvarez 2012), o a través de campañas de campo en las que la experiencia, subjetividad, acceso visual a zonas afectadas o el factor del tiempo pueden suponer limitaciones importantes. Igualmente, además de precisar en los condicionantes necesarios para determinar la potencialidad de un terreno a la generación de movimientos de ladera, es necesario hacerlo sobre la causa o característica crítica del factor desencadenante que controla la temporalidad del estado activo de los mismos. Esto permitirá asignar umbrales e intervalos de recurrencia a los diferentes tipos de movimiento de ladera en el área cuando exista la deficiencia de dataciones o datos directos sobre las causas de este fenómeno.

Las actividades destinadas a la evaluación de las distintas componentes del riesgo se han visto reforzadas por la creciente evolución en las últimas décadas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Carrara et al. 1999; Chacón et al. 2006a), ofreciendo numerosas herramientas y posibilidades para facilitar muchas de las tareas y análisis geoespaciales. Estos sistemas han mejorado paralelamente al amplio desarrollo en el

campo de los sensores remotos (RS), los que posibilitan la adquisición más rápida y precisa de los datos y su información derivada, incluso extendiéndose a áreas previamente no explotadas (Guzzetti et al. 2012; Roering et al. 2013). Algunos de estos sensores más avanzados permiten realizar un barrido de mediciones directas, precisas y de alta resolución (ej. LiDAR), facilitando la detección rápida de los cambios experimentados por el terreno. Este aspecto es interesante desde el punto de vista de la actualización de inventarios más precisos y completos, necesarios para la estimación de la variabilidad temporal de los procesos de movimientos en masa. Por otro lado, el análisis de frecuencia indirecta o evaluación de riesgo intermedia (Corominas and Moya 2008; Fell et al. 2008), podría revelar nueva información relevante, relacionando umbrales de precipitación (causa) con eventos de movimientos de ladera (efecto), de utilidad en la planificación de usos del suelo o el desarrollo de sistemas de alerta; aunque para ello son necesarios datos precisos de la fecha de ocurrencia de los movimientos y de las variables pluviométricas relacionadas.

De acuerdo con los antecedentes anteriores, en la siguiente sección se exponen los principales objetivos que se tratan en las distintas partes de la presente tesis doctoral.

1.2 OBJETIVOS

Vista en la sección anterior la aplicabilidad que algunas técnicas pueden tener sobre el avance en la evaluación cuantitativa de la peligrosidad, seguidamente se definen los objetivos que se pretenden abordar en las diferentes partes de la investigación ligada a la presente tesis doctoral.

Objetivo 1. Una metodología capaz de aprovechar los datos de alta resolución capturados sobre áreas a escala local o laderas específicas, como los adquiridos por las técnicas de Escaneo de Láser Terrestre (TLS), podrá proporcionar la información necesaria para reconocer *cambios en la actividad* de movimientos de ladera *con mayor precisión y detalle*, y revelar su *estilo de deformación y evolución cronológica*. Esto implica una *mejora en el nivel avanzado de evaluación de la peligrosidad*, así como en el *conocimiento de la relación causa-efecto* si además se incorpora información sobre los eventos desencadenantes.

Objetivo 2. La obtención de inventarios se puede agilizar mediante la técnica avanzada de alta resolución de Escaneo de Láser Aerotransportado (ALS), bien sea para intervalos de tiempo definidos, o tras los eventos desencadenantes que generan múltiples eventos de movimientos de ladera (MORLE). Esto contribuye a la *actualización continua de inventarios*, lo que es necesario en la estimación de parámetros como la frecuencia y periodo de recurrencia medios que se utilizan en el análisis cuantitativo de la peligrosidad.

Objetivo 3. El análisis de frecuencias aplicado a Series de Duración Parcial (PDS) de un rango amplio de variables pluviométricas, no limitado a un número concreto de duraciones del evento meteorológico, permite *extender la información* en catálogos de movimientos de ladera históricos documentados, *revelando las anomalías* más probables que los provocan. Esta información permitirá *aproximar las relaciones causa-efecto* de tal fenómeno. Este

conocimiento será de utilidad en la predicción y limitación de condiciones necesarias para el desarrollo de estos procesos, como son el *intervalo de recurrencia* y los *umbrales* definidos sobre variables del factor *desencadenante*.

1.3 ESQUEMA METODOLÓGICO

En esta sección se pretende contextualizar las partes del desarrollo del trabajo de investigación y describir esquemáticamente los procedimientos seguidos para completar esta tesis.

Encuadre de la investigación

Las definiciones más antiguas y modernas del riesgo específico por movimientos de ladera incorporan 4 componentes principales en su evaluación: la susceptibilidad, la peligrosidad, los elementos en riesgo y su vulnerabilidad (Varnes 1984a; Corominas et al. 2003; Chacón et al. 2006a; Van Westen et al. 2006; Fell et al. 2008; Corominas et al. 2014). En todo caso, son necesarios 4 grupos de capas de información: distribución geográfica, valor y atributos de resistencia a los daños (vulnerabilidad) de los posibles elementos en riesgo (Figura 1 A); capas sobre las clases y atributos de los factores determinantes (Figura 1 B); información sobre las características esperables de los factores desencadenantes dentro de distintos periodos de tiempo (Figura 1 C), y uno de los más importantes, el inventario con los movimientos de ladera del área de estudio y sus características (tipo, tamaño, fecha, velocidad, etc.) (Figura 1 D). Es importante enfatizar que la mayoría de los datos necesarios para la evaluación del riesgo comprenden una doble variabilidad espacial y temporal, donde la segunda parte suele ser más difícil de obtener y analizar; aunque otras, como la propagación espacial de algunos movimientos de ladera, también son difíciles de predecir.

La información de los elementos en riesgo es evaluada por expertos de modo empírico, o con modelos físicos o numéricos, para definir las clases de vulnerabilidad (Figura 1 E) en relación con las características del evento de ladera (magnitud, intensidad), asignando valores de 0 (sin pérdida) a 1 (pérdida total). Igualmente, esta información se utiliza para el análisis de exposición de elementos en riesgo (Figura 1 F); ya que para que exista un verdadero riesgo, los elementos deben estar presentes en el momento y lugar ocupado por la masa movilizada del movimiento de ladera.

Por su parte, para alcanzar resultados de la componente de la susceptibilidad (Figura 1 G), son necesarios, al menos, los datos sobre los factores determinantes o condicionantes (Figura 1 B) y aquellos del inventario, con lo que se puede establecer una probabilidad espacial o grado del potencial del terreno para producir movimientos de ladera.

La evaluación o zonificación de la peligrosidad (Figura 1 H) parte de los datos de inventarios (Figura 1 D) y, en los casos en los que se utilicen enfoques de metodologías indirectas para establecer la frecuencia de eventos desencadenantes, también se necesitan datos sobre la cronología y características de estos (normalmente, lluvia o terremotos). Dependiendo de la disponibilidad de datos, el nivel de detalle de evaluación o zonificación de peligrosidad varía. Así, existirán casos en los que no sea posible cuantificar variables importantes como la frecuencia directa a

partir de inventarios, bases de datos o catálogos históricos de movimientos de ladera, o información relativa a los niveles de magnitud o intensidad de los eventos desencadenantes de los mismos. En estos casos es común expresar la peligrosidad, e incluso el riesgo, como valoraciones cualitativas según los grados de susceptibilidad. En los casos más favorables, la peligrosidad puede evaluarse con mayor detalle; en cuyo caso puede requerirse una evaluación múltiple, de acuerdo con los diferentes tipos de movimientos de ladera, sus magnitudes, intensidades o grados de destructividad, así como los diferentes factores desencadenantes que pueden determinar su causa. Esta variedad de medidas del daño esperado para distintos movimientos de ladera o sus factores causales deriva en diferentes probabilidades sobre las distribuciones espacial y temporal de este fenómeno; lo que unido a la falta de datos convierte a esta componente en una de las más complejas en su evaluación, sobre todo en cuanto a la determinación de la ocurrencia temporal se refiere (Corominas et al. 2014).

Una vez que todas las componentes del riesgo son evaluadas, incluyendo los diferentes escenarios específicos que pueden darse para el área de estudio, el riesgo específico para cada combinación de condiciones viene dado por la ecuación fundamental (Figura 1 I), y dependerá del tipo de estrategia seguida, cuantitativa o cualitativa.

Entre estas componentes, la de susceptibilidad se encuentra en estado de investigación avanzado en el área de estudio, por la que se han realizado diferentes trabajos de zonificación partiendo de inventarios confeccionados para tal fin. Sin embargo, el siguiente paso de la evaluación de peligrosidad se encuentra aún en su etapa incipiente de investigación, principalmente, debido a la falta de información y de métodos adecuados para adquirirla y dificultades que estos presentan. En este sentido, con el presente trabajo de tesis doctoral se ha procedido al desarrollo de metodologías para el avance y mejora de partes clave en la evaluación de la peligrosidad. Para ello se han aprovechado los recursos proporcionados por los últimos proyectos del Grupo de Investigaciones Medioambientales “Riesgos Geológicos e Ingeniería del Terreno de la Universidad de Granada, RNM-121” (Plan Andaluz de Investigación 1987):

- *Desarrollo de técnicas automáticas para el inventario de zonas inestables basadas en fotogrametría, teledetección y sistemas de información geográfica (P06-RNM-02125)*
- *Desarrollo de técnicas para la regionalización de la peligrosidad de movimientos de ladera en la cuenca del río Genil y la Cuenca Sur (Adra-Nerja) de la Cordillera Bética (CGL2008-04854/BTE)*

Dentro del marco de trabajo para la evaluación de la peligrosidad, la técnica avanzada de LiDAR, ya sea instalado en el terreno (TLS) o sobre plataformas aerotransportadas (ALS), se presenta como una herramienta para la mejora o alcance de objetivos intermedios (Figura 2). La técnica TLS, integrada en una metodología que permita el análisis secuencial de cambios geomorfológicos, constituye una vía para examinar de forma detallada los cambios en la actividad de movimientos de ladera singulares y de su estilo de deformación o propagación, como se demuestra en el Capítulo 4. Por su

parte, la técnica de ALS proporciona un barrido de medidas directas de la topografía sobre áreas más extensas, con resoluciones, aunque menores que en el caso de TLS, suficientes para detectar cambios significativos de las partes principales de movimientos de ladera; por lo que constituye un medio para generar inventarios para diferentes intervalos temporales de forma eficaz. A esta técnica se le dedica el Capítulo 5.

Por otro lado, es importante determinar las relaciones causa – efecto entre los movimientos de ladera y los umbrales de sus desencadenantes, algo más complejo de establecer que para otros fenómenos de consecuencias directas (ej., inundaciones). Para los movimientos de ladera las Series de Máximos Anuales (AMS), mensuales o de periodos más cortos no revelarían los umbrales correctos relacionados con la iniciación o reactivación de movimientos de ladera. Esto se debe al retardo con que las consecuencias pueden aparecer tras un periodo de lluvia intensa y/o duradera. Por el contrario, las Series de Duración Parcial (PDS), aunque suelen ser menos usadas en campos comunes relacionados con la hidrología, se asumen más adecuadas para el estudio de la ocurrencia temporal de movimientos de ladera; ya que tienen en cuenta otros picos de magnitudes relativas. Por este motivo se han considerado en la tercera parte de esta investigación (Figura 2), presentada en el Capítulo 6.

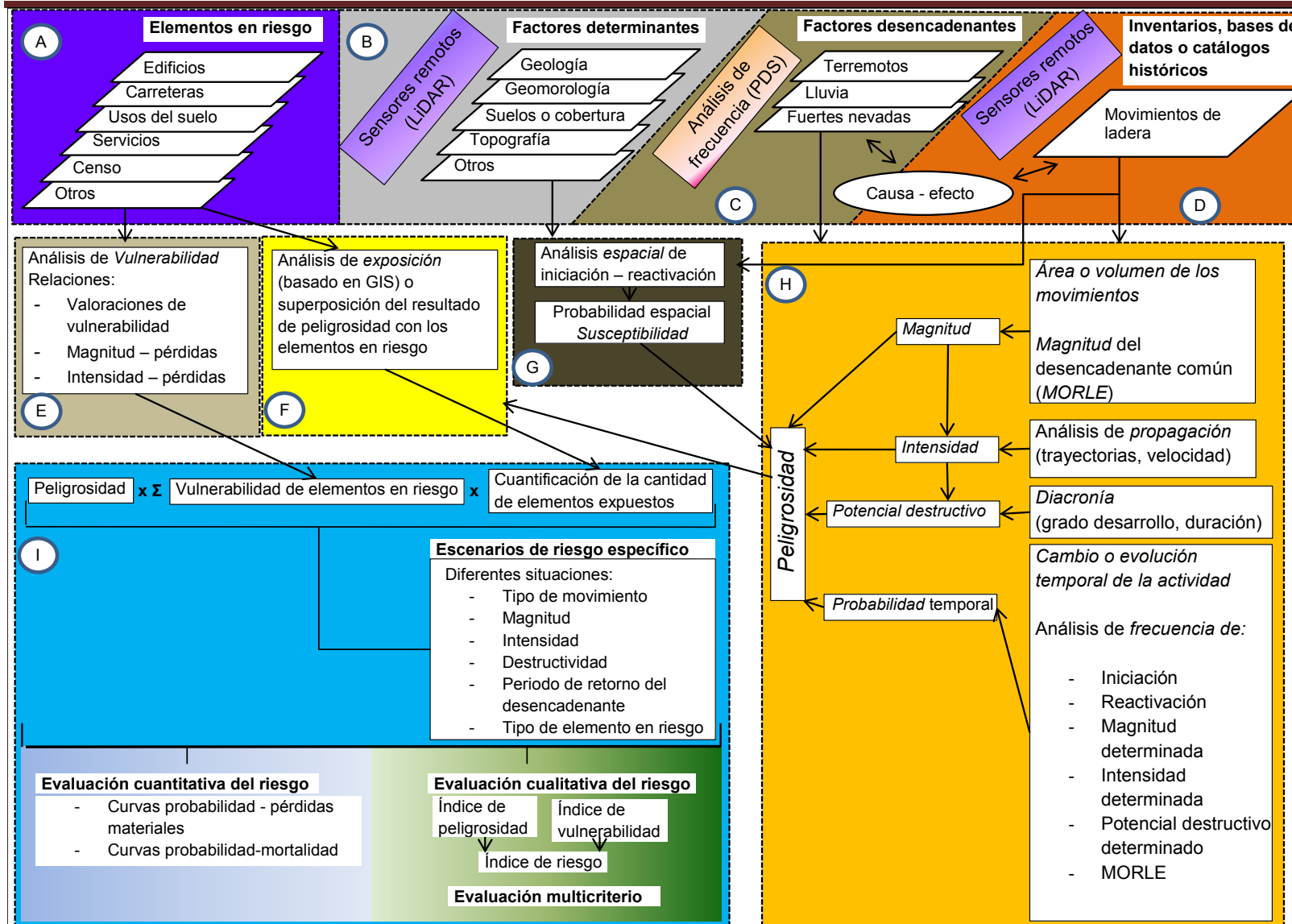


Figura 1 Marco de trabajo para la evaluación del riesgo específico.

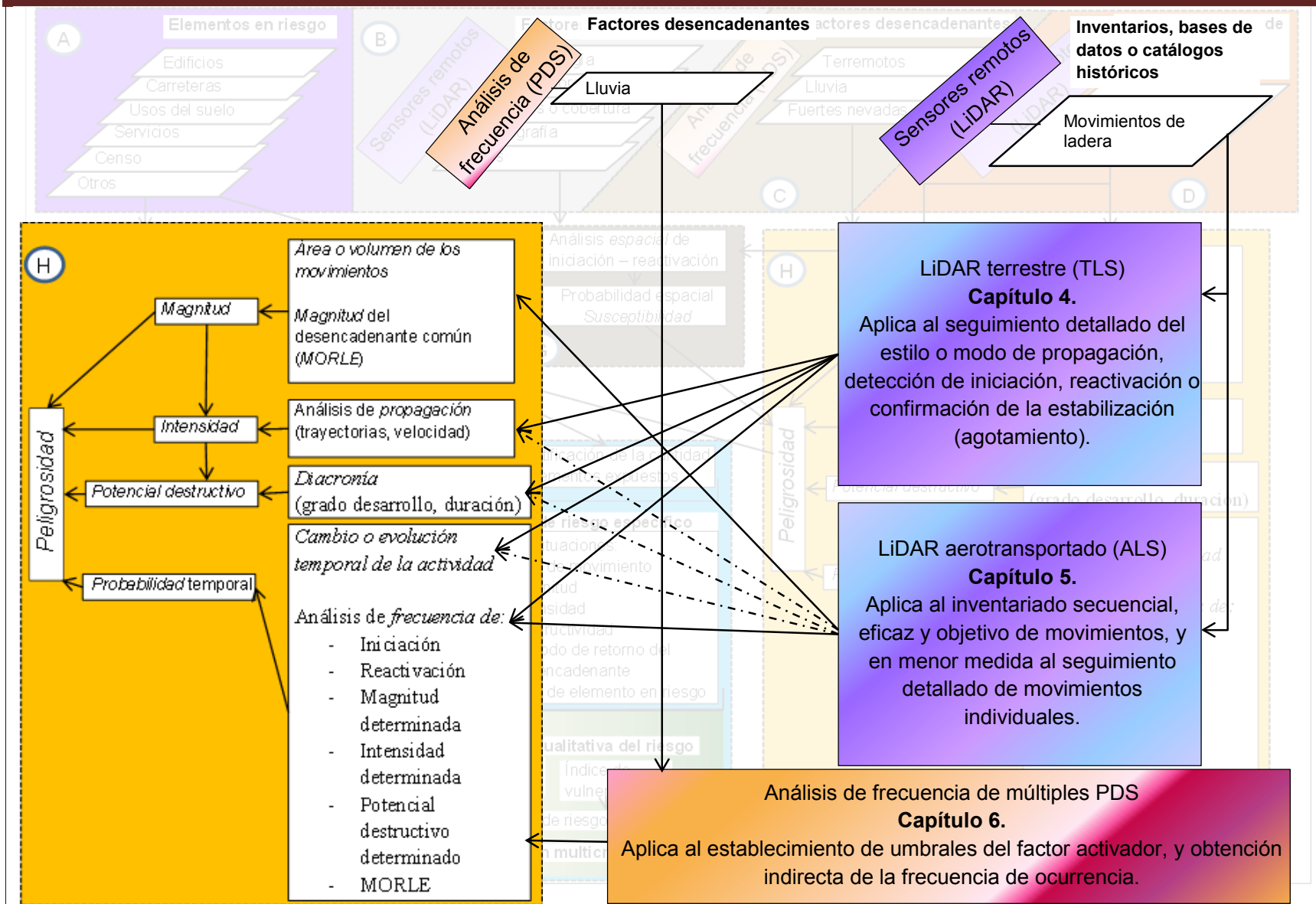


Figura 2 Esquema sobre las partes de investigación y su relación con las actividades para la evaluación de la peligrosidad

Esquema de los procedimientos de investigación

De acuerdo con la justificación de la presente investigación, y los objetivos planteados y enmarcados dentro de las actividades necesarias para la evaluación de la peligrosidad, los procedimientos llevados a cabo para su consecución se resumen a continuación:

- La investigación inicia con la revisión de documentos (artículos, tesis doctorales, manuales, actas de congresos y otros) que posibilita el entendimiento de la interrelación conceptual y estado actual del conocimiento respecto a las técnicas, métodos y actividades dirigidas a la evaluación de peligrosidad. Así mismo, a través de esta labor se van revelando las dificultades que se presentan a la hora de llevar a cabo dichas actividades, y como las nuevas tecnologías y técnicas pueden ayudar a generar información útil o mejorar los métodos de su obtención. Esta revisión, además ha funcionado como formación autónoma para el manejo de instrumental y software de nueva generación, así como para el aprendizaje y toma de decisiones sobre la aplicación de diferentes técnicas (fundamentalmente, topográficas, de información geográfica y estadísticas) a los datos que han sido utilizados durante las diferentes etapas de investigación. Por tanto, esta actividad también ha estado presente desde el inicio hasta el final de la investigación. Mediante esta revisión ha sido posible organizar los conceptos y metodologías que se recogen en el Capítulo 2, y a través del cual se derivan los objetivos planteados. Igualmente, parte de las revisiones que ubican cada una de las partes investigadas se incluyen en sus respectivos apartados introductorios (4.1, 5.1 y 6.1). Esta revisión también permite la descripción de la configuración climática y geológica, y de los logros alcanzados en la evaluación de las componentes del riesgo por movimientos de ladera para el área de estudio, como se recoge en las distintas secciones del Capítulo 3.
- Para la primera etapa de investigación (Capítulo 4) se llevaron a cabo las siguientes actividades:
 - Durante distintas campañas de campo se instalaron targets o puntos artificiales de unión en las inmediaciones de algunos de los movimientos monitorizados.
 - Secuencialmente (una o dos veces anuales), se escanearon 7 áreas de interés desde el año 2008 al 2013, con el empleo de la técnica TLS.
 - Mediante una metodología específica, se procesaron los datos de cada par de adquisiciones consecutivas, se analizó la información obtenida y se obtuvieron los resultados pertinentes.
 - Durante distintas campañas de campo se realizó la cartografía geomorfológica de los movimientos de ladera con mayor actividad.
 - Durante distintas campañas se realizaron 7 ensayos de penetración dinámica superpesada (DPSH) y 3 calicatas mecánicas (SP) con

ensayos SPT, al mismo tiempo que se caracterizó el macizo rocoso afectado, mediante auscultación de sus discontinuidades.

- Para la segunda etapa de investigación (Capítulo 5) se llevaron a cabo las siguientes actividades:
 - Se adquirieron datos de ALS mediante un primer vuelo realizado en agosto de 2008 y un segundo realizado en julio de 2010.
 - Mediante una metodología específica, se procesaron dichos datos, con la creación de secuencias de comandos y modelos de herramientas GIS para la automatización de tareas concretas. La información y productos generados se revisaron para inventariar los movimientos de ladera encontrados, apoyándose en productos existentes como ortofotografías e imágenes, y en visitas de campo para el cotejamiento de las entidades localizadas.
 - Los resultados se resumieron en diferentes tablas y gráficos estadísticos. Además, la distribución de movimientos detectados se contrastó con la de la zonificación de susceptibilidad existente en el área investigada.
- Para la tercera etapa de investigación (Capítulo 6) se llevaron a cabo las siguientes actividades:
 - Se realizó una revisión intensiva del archivo histórico de la hemeroteca del diario IDEAL, así como de otros documentos, durante la que se pudieron catalogar diferentes eventos de movimientos de ladera. De todas las noticias registradas se extrajeron 20 eventos con localización y fecha conocidas.
 - Se solicitaron las series pluviométricas diarias de 64 estaciones del área de estudio, de las que se usaron sólo 12 seleccionadas por criterios basados en la cercanía y longitud de estas a las localizaciones de los movimientos de ladera.
 - Se aplicó una metodología específica basada en la extracción de diferentes variables, relacionados con las dataciones de los 20 eventos de movimientos de ladera catalogados. Dentro de la misma metodología, también se obtuvieron las distribuciones acumulativas observadas de las Series de Duración Parcial (PDS) para las distintas variables, así como los periodos de retorno asociados. Tras estos cálculos de frecuencias y periodos de recurrencia, se asignaron los umbrales más probables a cada evento.
 - Se obtuvieron las curvas y funciones para diferentes tipos de umbrales, así como las tablas estadísticas sobre los umbrales y periodos de retorno encontrados para las diferentes variables pluviométricas, o para diferentes tipos de movimientos y laderas (artificiales o naturales).

- Las conclusiones derivadas de cada una de las partes investigadas se recogieron en las correspondientes secciones del Capítulo 7.
- Además, se redactaron, enviaron, corrigieron y publicaron distintos trabajos relacionados con la investigación en revistas científicas de alto impacto y congresos nacionales e internacionales; aparte del presente documento de tesis doctoral.

1.4 RESUMEN GENERAL DEL CONTENIDO

Capítulo 1: este capítulo introductorio contiene los antecedentes que justifican la investigación sobre el desarrollo de métodos para avanzar en la evaluación de la peligrosidad cuantitativa. En él se incluyen también los objetivos de investigación, así como el esquema metodológico llevado a cabo, el resumen general de contenidos, la revisión de algunos conceptos teóricos relativos a la investigación y los principios básicos que rigen la mayor parte de las metodologías desarrolladas para la evaluación de la susceptibilidad y peligrosidad relacionadas con movimientos de ladera.

- *Sección 1.1:* en esta sección se resalta el papel de la peligrosidad como una componente principal en la evaluación del riesgo derivado de los movimientos de ladera; justificando su evaluación mediante numerosos trabajos que se han desarrollado en la literatura científica en respuesta a las consecuencias y cifras estadísticas que ponen de manifiesto el potencial dañino de tal fenómeno. También se resumen los trabajos llevados a cabo al respecto en el área de estudio. La misma termina especificando la aplicabilidad de los sensores remotos más avanzados sobre la evaluación de la peligrosidad.
- *Sección 1.2:* esta sección identifica los 3 objetivos principales del trabajo de investigación, que son abordados en los capítulos 4,5 y 6.
- *Sección 1.3:* presenta el esquema metodológico seguido durante las distintas etapas de investigación
- *Sección 1.4:* se refiere a este resumen de contenido sobre la totalidad del documento de tesis
- *Sección 1.5:* presenta conceptos y apartados teóricos básicos
- *Sección 1.6:* incluye las asunciones y principios comunes a muchas de las metodologías que se dedican a la evaluación de la susceptibilidad y peligrosidad

Capítulo 2: Revisa los conceptos y metodologías de referentes a la disciplina principal en la que se engloba la presente investigación, la peligrosidad respecto a movimientos de ladera, propuestos por las diferentes escuelas en la literatura; sin obviar las componentes del riesgo que deben evaluarse previamente a la de peligrosidad (inventario y susceptibilidad). Este capítulo es uno de los más extensos, dada su función como marco teórico. A través del mismo se derivan los problemas de la investigación relacionados con los objetivos planteados que

tratan de ser alcanzadas mediante las metodologías desarrolladas, de aplicación en las diferentes etapas de la evaluación de la peligrosidad.

- *Sección 2.1:* hace una breve referencia de las dificultades a las que se debe hacer frente cuando se llevan a cabo las actividades pertinentes para la generación de inventarios y la estimación de las componentes del riesgo. Además se resalta el papel de la evolución en los SIGs y técnicas de detección remota para tales propósitos. La sección finaliza con indicación de trabajos recientes sobre las directrices sugeridas para proceder con estas actividades.
- *Sección 2.2:* se centra en una introducción a la zonificación de movimientos de ladera, sus escalas de aplicación, y condicionantes u objetivos que condicionan las actividades relativas a cada nivel de evaluación (preliminar, intermedio o avanzado).
- *Sección 2.3:* por su importancia como etapa inicial para la evaluación de las siguientes componentes del riesgo, esta sección se dedica al inventario. En esta se especifican los tipos de datos espaciales para abordar el análisis de susceptibilidad; así como los datos que informen sobre el aspecto temporal de movimientos de ladera, que permiten estimar la peligrosidad. En esta sección se resalta la importancia de los datos de precipitación en la correlación de los factores desencadenantes con la ocurrencia temporal de los movimientos de ladera o el desarrollo de modelos dinámicos de susceptibilidad, así como la de los sensores remotos de diferente clase para el nivel avanzado de la evaluación de la peligrosidad. Dentro de estos, se hace referencia a la ventaja de las técnicas modernas basadas en LiDAR aéreo o terrestre para generar productos de alta resolución obtenidos mediante sensores remotos de tecnología moderna. En la última parte se describen los tipos de inventarios de movimientos y sus implicaciones o limitaciones, dentro de los que el inventario por evento constituye una herramienta valiosa para completar bases de datos existentes, calibrar modelos de zonificación, o mejorar el conocimiento espacio-temporal de los movimientos de ladera.
- *Sección 2.4:* introduce la relación entre los conceptos de susceptibilidad y peligrosidad según las clasificaciones de metodologías que se hayan en la literatura. Tras esta introducción, esta sección se divide en diferentes apartados sobre las metodologías destinadas a la evaluación de la susceptibilidad, discutiendo sus fundamentos y limitaciones de aplicabilidad. Al final del último apartado se explica el paso de modelos de susceptibilidad a modelos de peligrosidad de nivel avanzado; indicando la función importante de la frecuencia de eventos pluviométricos relacionados con la variación en la presión del agua de los poros del terreno, y la dificultad de la obtención de datos para la modelación.
- *Sección 2.5:* resume los métodos para la obtención de descriptores que llevan a la zonificación de susceptibilidad en los diferentes niveles de detalle.
- *Sección 2.6:* desarrolla la materia respecto a la evaluación de la peligrosidad; comenzando con la alusión al intercambio de términos peligrosidad, susceptibilidad y riesgo, y el uso de susceptibilidad como sustituto de los otros dos (peligrosidad o riesgo relativo). Seguidamente se aclara las diferencias de los

inventarios y modelos predictivos respecto a la de peligrosidad, concluyendo que para la *zonificación de peligrosidad a un nivel intermedio de detalle es necesario incluir la información sobre la frecuencia de movimientos*. La sección continúa con una breve presentación de la evolución del término peligrosidad a través de la literatura. Se distingue también entre metodologías dirigidas a la evaluación del riesgo cualitativo y riesgo cuantitativo (QRA), siendo necesaria la incorporación de frecuencia o probabilidad temporal en estas últimas. Se hace referencia a la importancia la relación causa-efecto y las dificultades existentes para la confección de mapas de peligrosidad, añadiendo recomendaciones generales para la evaluación la peligrosidad.

En el *apartado 2.6.1* se resumen las fuentes de datos usados en la evaluación de peligrosidad, así como sus ventajas o limitaciones; dentro de las cuales las imágenes secuenciales proporcionan la frecuencia media para la evaluación de peligrosidad.

En el *apartado 2.6.2* se detallan las 2 grandes categorías de metodologías aplicadas para la aproximación a la probabilidad de ocurrencia: *probabilidad de rotura* de una ladera y *probabilidad temporal de ocurrencia* (o frecuencia observada), así como sus variantes. De estas, el método indirecto de correlación con desencadenantes será empleado en la tercera parte de esta investigación, en relación al tercer objetivo planteado (sección 1.2).

En el *apartado 2.6.3* se explican los distintos tipos de descriptores de la frecuencia. Para zonas o movimientos antiguos inactivos es importante determinar la *frecuencia absoluta de sus reactivaciones*, mientras que para los activos interesa conocer la *frecuencia absoluta de sus aceleraciones* o cambios repentinos de velocidad de desplazamiento (surges). De acuerdo a esto, el primer objetivo planteado (sección 1.2), el reconocimiento y seguimiento de los cambios de actividad sobre movimientos singulares se aborda en la parte dela investigación presentada en el Capítulo 4. Igualmente, la aplicación secuencial de la metodología desarrollada durante la segunda parte de la investigación (Capítulo 5), permitiría estimar la *frecuencia relativa* en superficies mayores (es decir, respecto a un elemento de terreno lineal o areal), como se plantea por el segundo objetivo (sección 1.2). Los casos de MORLEs se presentan aquí como una oportunidad para la delimitación y zonificación de la actividad (nivel básico de la evaluación de la peligrosidad), o su correlación con los movimientos de ladera (nivel intermedio), objetivo tercero de la tercera parte de esta investigación (Capítulo 6) como consecuencia del tercer objetivo (sección 1.2). Finalmente se incluyen dos subapartados sobre la importancia de la naturaleza espacial en el estudio de frecuencia de movimientos de ladera y la asignación de frecuencia de eventos desencadenantes a los mismos.

El *apartado 2.6.4* explica el papel de la probabilidad temporal en la composición de curvas magnitud-frecuencia (M/f); dedicando un subapartado a la definición de las relaciones M/f mediante la asignación de la frecuencia de sus eventos desencadenantes, relacionado con el tercer objetivo (sección 1.2).

El *apartado 2.6.5* alude a la importancia del estudio de las deformaciones o extensión de la masa movilizada (runout) a la hora de fijar los niveles de riesgo aceptables.

Por último, el *apartado 2.6.6* revisa las dificultades y limitaciones generales a la hora de llevar a cabo una evaluación de la peligrosidad. En esta se dedica una mayor extensión a las dificultades importantes al recopilar bases de datos históricas e información, necesarias para inferir la frecuencia de tal fenómeno o adquirir conocimiento sobre las relaciones de causa-efecto. Este inconveniente se aborda e intenta minimizar en el Capítulo 6. También se indica el papel interesante de las técnicas de monitorización para salvar algunos de estos obstáculos, como la detección de procesos de menor tamaño o el inventario eficiente de movimientos de ladera; ambos, objetivos de la presente investigación, abordados mediante técnicas de LiDAR (TLS y ALS, respectivamente).

- *Sección 2.7:* esta comienza indicando el objetivo de la zonificación de peligrosidad, básicamente, refiriéndose a este como la asignación de la frecuencia o probabilidad temporal de los movimientos de ladera a los resultados de susceptibilidad. Para ello se desarrollan las actividades descritas en secciones precedentes, dirigidas a la obtención de descriptores de frecuencia. Seguidamente, un primer subapartado clasifica los tipos de zonificación de peligrosidad en función del objeto de estudio, mientras que el segundo lo hace en cuanto a la consideración o no los atributos de intensidad o trayectoria (runout). El último apartado se centra en la clasificación de metodologías de la zonificación de peligrosidad.
- La *sección 2.8* se centra en el desarrollo de los conceptos importantes de intensidad (apartado 2.8.1), diacronía (apartado 2.8.2) y destructividad (apartado 2.8.3), relacionados con el de peligrosidad. En el apartado 2.8.2 se resalta la utilidad de las técnicas de monitorización para determinar los cambios de actividad, y por tanto, su estilo de evolución y duración (grado de diacronía) desde el inicio hasta el agotamiento. En la sección 2.8.3, se define el concepto actualizado de peligrosidad en relación al potencial destructivo.
- *Sección 2.9*, tras desarrollar las partes referentes a las componentes del riesgo (inventario, susceptibilidad y peligrosidad), se resumen las incertidumbres que afectan a su zonificación, así como de las técnicas más comunes de validación.

Capítulo 3: revisa los aspectos clave del área de estudio, así como los avances científicos en la investigación sobre las componentes del riesgo, y se organiza como sigue:

- *Sección 3.1:* síntesis de las características climatológicas de la región de estudio.
- *Sección 3.2:* dada la importancia de la existencia de un relieve accidentado en el área de estudio, su evolución tectónica en el contexto de la orogenia alpina se trata en esta sección.

- *Sección 3.2:* resume los materiales geológicos encontrados en esta área, ya que constituye uno de los principales factores en el control del tipo de movimientos de ladera desarrollados en área de estudio.
- *Sección 3.3:* relaciona las unidades geológicas con distintos tipos de movimientos.

Las 3 siguientes secciones revisan el estado de la investigación previa al presente trabajo, describiendo las diferentes metodologías aplicadas en el área de estudio y sus resultados, respecto a las componentes del riesgo en el siguiente orden:

- *Sección 3.4:* inventario.
- *Sección 3.5:* susceptibilidad
- *Sección 3.6:* peligrosidad. A este se le dedica mayor extensión, dada su relación con los objetivos finales de este trabajo. En este se describen 4 técnicas empleadas en investigaciones anteriores, con objeto de acotar los periodos dentro de los cuales se activaron o reactivaron determinados movimientos de ladera (3.6.1 y 3.6.2); cuantificar velocidades extremadamente lentas de desplazamiento (3.6.3), o calcular los cambios morfológicos experimentados por una zona específica de interés dentro de determinados intervalos temporales (3.6.4). Un último subapartado (3.6.5) sintetiza los hallazgos cronológicos en la actividad de 7 movimientos de ladera de interés en el área de estudio mediante la aplicación de las técnicas anteriores; además de indicar los resultados sobre los posibles periodos de retorno, determinados mediante la revisión de documentos históricos y la extracción de eventos pluviométricos importantes, algunos de ellos directamente relacionados con movimientos de ladera.

Capítulo 4: trata de la primera parte de la presente investigación, dirigida al reconocimiento, cuantificación y seguimiento de cambios morfológicos indicativos de la actividad de movimientos diacrónicos; es decir, cuyo desarrollo aún se cree sin alcanzar el estado de agotamiento. Para ello se ha puesto a punto una nueva metodología en el área de estudio, basada en la técnica avanzada de escaneo mediante LiDAR terrestre (TLS), cuya principal ventaja consiste en la alta resolución de los datos adquiridos. Sus resultados y conclusiones determinarán la aprobación de la hipótesis planteada en el segundo objetivo (sección 1.2), y pondrán de manifiesto su aplicabilidad a la evaluación de peligrosidad cuantitativa en niveles avanzados.

- *Sección 4.1:* apartado introductorio de la implicación de la técnica de TLS en el análisis de los cambios de actividad, de interés en la evaluación de la peligrosidad.
- *Sección 4.2:* en este apartado se explican los conceptos y características más relevantes relacionadas con el instrumental utilizado.
- *Sección 4.3:* descripción detallada de la metodología desarrollada.
- *Sección 4.4:* explicación del tratamiento de los productos generados con el objeto de realzar los cambios del terreno relacionados con los movimientos de ladera.

- *Sección 4.5:* reúne las limitaciones básicas de la técnica y metodología aplicada.
- *Sección 4.6:* en esta se presentan y discuten tanto los resultados generales como los relativos a los 2 movimientos que han presentado mayor actividad en los periodos analizados, así como su relación con el principal agente desencadenante (la lluvia).

Capítulo 5: trata la segunda parte de la investigación, dedicada al desarrollo metodológico basado en la técnica moderna de LiDAR aéreo (ALS), y aplicado a un área de 253 km². En este caso, con el segundo objetivo perseguido (sección 1.2); el análisis de información secuencial extraída de datos directamente medidos, se podrán obtener MDTs de alta resolución (HRDTM). Estos productos son de utilidad en la detección de cambios en el terreno relacionados con movimientos en masa en grandes áreas, produciendo inventarios más precisos dentro de intervalos temporales conocidos. Para esta parte, los datos usados cubren un episodio de lluvias intensas (2009-2010), siendo una de sus consecuencias la generación de múltiples eventos de movimientos de ladera (MORLE); por tanto, constituyendo una oportunidad para obtener información importante acerca de este fenómeno.

- *Sección 5.1:* apartado introductorio sobre la importancia de la obtención de datos espacio-temporales, y la utilidad de la técnica de LiDAR aerotransportado para tal objetivo.
- *Sección 5.2:* resumen de las características del ALS, omitiendo gran parte de los fundamentos generales de LiDAR que ya quedaron explicados en la sección 4.2.1.
- *Sección 5.3:* descripción de la metodología desarrollada para la delimitación de los cambios geomorfológicos relacionados con movimientos de ladera.
- *Sección 5.4:* en este se redactan las principales limitaciones referentes a la técnica utilizada y metodología desarrollada.
- *Sección 5.5:* el capítulo finaliza con esta sección acerca de los resultados relevantes obtenidos con la metodología desarrollada.

Capítulo 6: se refiere a la última parte de la investigación. Esta se ocupa de recabar datos documentados relativos a eventos de movimientos de ladera, además de realizar un análisis exhaustivo de eventos pluviométricos relacionados con los mismos, basado en series de duración parcial (PDS). El propósito de estas actividades de recuperar y extender la información inexistente en bases de datos o inventarios anteriores, permitirá avanzar en las relaciones causa-efecto ligadas a los movimientos de ladera en el área de estudio. En este caso, la mayoría de los datos encontrados con la información mínima de partida corresponden a 2 episodios hidrológicos importantes, el primero teniendo lugar en el intervalo anual 1996 - 1997, y el más reciente en el de 2009 - 2010. Por lo que nuevamente se pone de manifiesto la importancia de eventos desencadenantes de múltiples movimientos de ladera (MORLEs), en este caso, para el estudio de las relaciones entre sus características y sus consecuencias.

- *Sección 6.1:* en este apartado introductorio se posiciona el papel o utilidad del análisis de variables pluviométricas en el establecimiento de umbrales empíricos que inducen movimientos de ladera, y por tanto, en la evaluación de la peligrosidad de forma indirecta.
- *Sección 6.2:* describe los tipos de datos recabados y las limitaciones principales en su recopilación.
- *Sección 6.3:* describe la metodología empleada para la generación y análisis de variables pluviométricas, y la determinación de umbrales asociados con los eventos de movimientos de ladera catalogados.
- *Sección 6.4:* resume las limitaciones principales de la metodología en cuestión.
- *Sección 6.5:* incluye los resultados acerca de los umbrales y periodos de recurrencia estimados mediante la metodología desarrollada.

Capítulo 7: este capítulo concentra las conclusiones de cada una de las 3 metodologías aplicadas según sus respectivos resultados, para lo cual ha sido dividido en tres subapartados.

0: corresponde a las referencias bibliográficas citadas en el texto.

1.5 CONCEPTOS BÁSICOS Y COMPLEMENTOS TEÓRICOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS DE LADERA

Cuando se llevan a cabo la zonificación o evaluación de las componentes de riesgo por movimientos de ladera, deben tenerse presentes conceptos y consideraciones esenciales con el fin de expresar y unificar la terminología en un contexto lo más universal posible. Es por esto que estos conceptos se definen en los siguientes apartados, con mayor extensión en aquellos que por la necesidad de aclaración, o por su importancia, así se ha estimado.

1.5.1 Sobre la definición de "movimiento de ladera" y sus clasificaciones

Tanto el propio término "landslide" (movimientos de ladera), como la terminología sobre sus clasificaciones, han sido definidos por tantos científicos e ingenieros que no existen definiciones unificadas para ello. Por el contrario, el conjunto de términos encontrados en la literatura se muestra inconsistente y ambiguo (Marui 1988; Hungr et al. 2001; Chacón et al. 2006a; Fell et al. 2008). De acuerdo con lo anterior, a continuación se incluye una breve revisión sobre la evolución del concepto "landslides", y acerca de las consideraciones básicas sobre las clasificaciones desarrolladas paralelamente en la literatura. Seguidamente se fijan los conceptos que se usarán en el presente documento.

El término "landslides" a veces se usa en un sentido amplio como sinónimo de movimiento de masas de casi todos los tipos de movimientos descendentes de masa

de los materiales del terreno, por lo que es frecuente su uso indiferente como movimiento de ladera (landslide), movimiento en masa, o incluso como rotura de la ladera (ej. [Guzzetti et al. \(2012\)](#)). En otras ocasiones, el término movimiento de ladera indica sólo ciertos tipos de movimiento en masa ([Marui 1988](#)). Algunas definiciones más extendidas para el término movimiento de ladera, desarrolladas paralelamente a las clasificaciones de los distintos tipos reconocidos, son ([Marui 1988](#); [Alcántara-Ayala 2000](#); [Hungry et al. 2014](#)):

- Definición de [Sharpe \(1938\)](#): “Descenso perceptible deslizando o cayendo de una masa seca de tierra, roca o mezcla de los dos.”
- Definición de [Terzaghi \(1950\)](#): “Un desplazamiento rápido de una masa de rocas, suelo residual o sedimentos conectados a una ladera, en los que el centro de gravedad de los avances en masa se mueve sentido abajo y hacia el exterior. La velocidad de las masas implicadas en un movimiento de ladera se incrementa más o menos rápido desde 0 a al menos un pie por hora”.
- Definición de ([Varnes 1958](#); [1972](#)): “Movimiento gravitacional hacia abajo y hacia afuera de materiales que forman la ladera compuestos de roca natural, suelo, rellenos artificiales o combinaciones de estos materiales. El creep superficial se excluye. La mayoría de los tipos de movimientos debidos a congelación y descongelación, junto con avalanchas compuestas mayormente por nieve y hielo, no se considerarán”. Esta definición es amplia y muy similar a la de movimientos en masa, pero excluyendo el creep y la soliflucción. Más tarde, tras la crítica sobre si el término compuesto land-slide puede incluir fenómenos de tipo flujo, caída y otros movimientos, [Varnes \(1978\)](#) presentó el término “slope movement” en lugar de “landslide” ([Sassa et al. 2007](#)); el cual completa la anterior definición incluyendo el movimiento reptación (creep), la soliflucción, vuelcos (topples) y extensión lateral (lateral spreads). Posteriormente, [Cruden \(1991\)](#) definió el término de “landslide”, más adelante incluido en las guías del International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP / WLI), como “el movimiento de una masa de roca, derrubios o tierra ladera abajo” ([WP/WLI 1993a](#)). [Cruden \(1991\)](#) explicó que diferentes tipos de movimientos de masa gravitacionales pueden integrarse en la categoría de “Landslides”, incluso si no son “Deslizamientos”; ya que un término inglés que combina dos palabras puede expresar un significado diferente del original. Así, “landslides” no necesariamente significa “Slide of Land”. De este modo, la definición de landslides de [Cruden \(1991\)](#) fue introducida junto a una clasificación que vuelve al mismo esquema de [Varnes \(1978\)](#), pero añadiendo la clase cualitativa de velocidad a la clasificación ([WP/WLI 1995](#); [Cruden and Varnes 1996](#); [Wang et al. 2007](#); [Hungry et al. 2014](#)). Desde entonces, la clasificación de [Cruden and Varnes \(1996\)](#) probablemente sea la más extendida y utilizada.
- Por su parte, [Small \(1972\)](#) definió movimiento en masa como: “La remoción de material degradado de las laderas bajo la influencia de la atracción gravitatoria, y sin la ayuda de elementos como agua de escorrentía, hielo en movimiento o aire.” Lo que excluye de esta manera, la erosión por arroyada, salpicadura o en lámina; pero incluye caídas de rocas, depresión súbita (colapso), subsidencia, avalanchas de derrubios, flujos de tierra y deslizamientos. De lo que se deriva que los

movimientos en masa difieren de la erosión en que los movimientos en masa no son transportados por fluidos como el agua o el aire. Con esta misma perspectiva, [Penck \(1894\)](#) en primer lugar, y [Brunsdén \(1984\)](#) prefirieron distinguir movimiento de masa de transporte de masa como el proceso que no requiere medio de transporte como el agua, aire o hielo ([Lugo Hubp 1996](#); [Alcántara-Ayala 2000](#)). De igual manera la parte del manual de gestión de cuencas de la FAO correspondiente a las medidas de prevención de movimientos de ladera, restringe el término inglés "landslide" al tipo de movimiento en masa que comprende una superficie de deslizamiento clara, separando una masa movilizada superior de la masa fija inferior ([Marui 1988](#)).

Respecto a las clasificaciones de los tipos de movimientos de ladera, se han propuesto muchos sistemas; sin embargo, los sistemas más comúnmente adoptadas son las de [Varnes \(1978\)](#) y [Hutchinson \(1988\)](#) ([Evans et al. 2001](#)). En 1991 se desarrolló una clasificación europea a partir del proyecto EPOCH (1991-1993) (Ocurrencia Temporal y Predicción de Movimientos de Ladera en la Comunidad Europea, Contrato no. 90 0025). Una clasificación equivalente fue introducida también por [Lugo Hubp \(1996\)](#), basada en los mecanismos de movimientos de ladera, compatibles con [Hutchinson \(1988\)](#) y [EPOCH \(1993\)](#) ([The Geological Society 2015](#)).

El WP / WLI se formó para el Decenio Internacional de la Reducción de los Desastres Naturales (1990 a 2000). El informe [WP/WLI \(1990\)](#), "Un método sugerido para informar de un Movimiento de Ladera", utiliza la clasificación de [Varnes \(1978\)](#) considerándolo como la más utilizada. La clasificación de [Varnes \(1978\)](#), se basa en dos términos: el tipo de material y el tipo de movimiento. Los tipos de materiales descritos en su estado previo a la ruptura del terreno son roca, suelo, tierra, lodo y derrubios. Por su parte, los tipos de movimientos según su modo de distribución se dividen en: caída, vuelco, deslizamiento, extensión y flujo. Combinando ambos atributos se obtiene la clasificación de los tipos de movimientos de ladera: caída de roca, vuelco de roca, deslizamiento de derrubios, flujo de derrubios, deslizamiento de tierra, extensión de tierra, etc.

Desde un enfoque que trata los movimientos de ladera como un sistema físico que se desarrolla en etapas (ej. [Leroueil et al. \(1996\)](#); [Terzaghi \(1950\)](#)), la historia del movimiento se considera en la terminología ([Skempton and Hutchinson 1969](#)) dividiendo los episodios en deformaciones de pre-rotura, rotura y desplazamientos post-rotura. El más significativo de estos es el episodio de rotura, en el que se reconoce una superficie como una discontinuidad debida a la deformación, y de cuyo grado de pérdida de energía dependerá la velocidad post-rotura del movimiento de ladera ([Hungry et al. 2014](#)). Tras la rotura, el movimiento puede evolucionar hacia otro tipo, por ejemplo, desde deslizamiento a caída o flujo; lo cual es relevante para la determinación de la destructividad. Para estos casos, [Cruden and Varnes \(1996\)](#) propusieron nombres separados para los diferentes modos de movimiento desarrollados durante estas etapas. De este modo, se puede conjeturar la necesidad de incluir varios tipos o denominaciones para los diferentes comportamientos percibidos desde el inicio al agotamiento de un movimiento de ladera. En clasificaciones antecedentes se optó por simplificaciones del término adecuado para estos casos, dependiendo de la disciplina para la que se emplea o el experto que lo usa. Así se optó por utilizar el tipo de movimiento de ladera complejo para designar el

conjunto global de cambios experimentados durante las etapas de su desarrollo, o bien el que más se adecua a la investigación o estudio en cuestión. Por ejemplo, si un movimiento comienza con un deslizamiento en roca, continúa con una avalancha de rocas, y finalmente es transformado en una corriente de derrubios a través de un arroyo, podría ser asignado simplemente según la etapa de interés. Es decir, si un investigador está interesado en la magnitud de la masa de roca deslizada, lo denominará deslizamiento; mientras que aquellos interesados en la trayectoria y velocidad seguida por el flujo de derrubios generados en la etapa final, se centrarán en el flujo de derrubios. Sin embargo, considerando que todos los movimientos en algún grado se pueden considerar complejos, [Hungr et al. \(2014\)](#) modificaron la clasificación de [Cruden and Varnes \(1996\)](#) omitiendo el movimiento complejo; y proponiendo en cambio la flexibilidad de la utilización de términos compuestos, como deslizamiento de roca-avalancha de derrubios, o deslizamiento-flujo de tierra.

De acuerdo con lo anterior, en el presente manuscrito se empleará la traducción del término internacional “landslide” como movimiento de ladera, no confundido con la traducción errónea del tipo específico “deslizamiento”; entendiéndolo como el movimiento de una masa de roca, derrubios o tierra ladera abajo, según [Cruden and Varnes \(1996\)](#). Si bien para evitar redundancia en la redacción se usará también el término más simple “movimiento”, distinguiéndolo de “desplazamiento”, refiriéndose este al cambio de la posición de dos puntos u objetos en general. Una revisión reciente sobre la terminología y clasificaciones a nivel internacional puede encontrarse en [Hungr et al. \(2014\)](#); y las aclaraciones sobre la traducción de la terminología sobre movimientos de laderas y sus clasificaciones al español se presenta en [Alcántara-Ayala \(2000\)](#). La clasificación aceptada internacionalmente sobre las partes internas de un movimiento de ladera se puede consultar en [IAEG \(1990\)](#).

1.5.2 Movimientos de ladera superficiales y profundos

Aparte de las clasificaciones de los tipos de movimientos de ladera citadas en el apartado anterior, existe una categorización mayor entre movimientos de ladera profundos y superficiales. Tanto los unos como los otros pueden entrañar mayor o menor grado de riesgo o destructividad, aunque normalmente los primeros son más predecibles que los segundos. Esto se debe a la mayor velocidad y alcance unidas a movimientos pequeños, como los de tipo flujo o caídas de rocas. Además, estos suelen generarse con mayor frecuencia. Por el contrario, los movimientos de mayor tamaño y profundidad, pueden desarrollarse de forma secuencial (o intermitente), reactivando zonas que permanecían temporalmente inactivas. Por lo que dependiendo de la localización geográfica (características geomorfológicas), es posible que deba prestarse mayor atención a los primeros, a los segundos, o a ambos. Dada la importancia de estas diferencias principales entre movimientos superficiales y profundos, se incorpora aquí una introducción sobre la clasificación de unos y otros.

En general, no existe una norma ampliamente aceptada para separar unos movimientos de otros en atendiendo a la profundidad de la superficie de ruptura ([Burns and Mickelson 2009](#)). Más bien, los movimientos inventariados dentro de un área pueden ser clasificados en movimientos superficiales o profundos atendiendo a sus características geomorfológicas para fijar la profundidad límite entre ambos tipos. De esta manera es apropiada una clasificación cualitativa inicial que diferencie entre los

movimientos que afectan solamente a la capa de suelo, o que alcanzan el regolito superficial de la roca madre (shallow landslides), los cuales típicamente comprenden espesores de centímetros a algunos metros; y los movimientos de ladera profundos (deep-seated) que llegan a las profundidades del basamento ([Joint Research Center 2014](#)). Los movimientos superficiales pueden asociarse a los tipos de caídas, flujos y algunos deslizamientos de menor tamaño (deslizamientos de derrubios); mientras que los deslizamientos traslacionales o rotacionales, no incluidos en las tipologías anteriores, suelen contener su superficie de ruptura a mayor profundidad. Una vez inventariados los movimientos de cada tipo en un área de interés, y obteniendo sus espesores con la aplicación de distintas técnicas (inferencia a partir del escarpe expuesto, testificación de sondeos geotécnicos, geofísica, etc.), mediante estadística, pueden obtenerse los valores medios del espesor de los movimientos considerados superficiales y de los movimientos profundos para separar unos de otros, y así aplicarles el análisis más adecuado de cada categoría. Los valores límite encontrados de este modo pueden variar en la literatura. Por ejemplo, en el caso de la evaluación de la estabilidad de las laderas en la mitad sur del cañón del arroyo Newell de la ciudad de Oregón, la mayor frecuencia de los movimientos de ladera superficiales se encontró a partir de los 4,5 m, separándose así de los de menor número de movimientos profundos que dejan expuesta una cicatriz vertical de hasta 24 m ([Burns 1999](#); [Burns and Mickelson 2009](#)). En el caso del mapa de movimientos de ladera de Utah el límite se estableció en 3 m ([Ashley and Kimm 2010](#)), límite encontrado también en [Caine \(1980b\)](#). En el caso de la Guía para el especialista desarrollada en Nicaragua se diferenciaron incluso 2 límites, el primero entre movimientos superficiales y semiprofundos a 2 m y el segundo a 10 m para diferenciar entre semiprofundos y profundos ([COSUDE 2002](#)).

Considerando la precipitación como el factor desencadenante más común, los movimientos superficiales responden a patrones de lluvia diferentes a los de los movimientos profundos. Los primeros comúnmente se generan tras lluvias de duración corta pero intensas, mientras que los segundos responden a variaciones hidrológicas más complejas que generalmente se caracterizan por una mayor duración e intensidad moderada ([Zhang et al. 2006](#); [Crosta and Frattini 2008](#)). De esto se deriva que la frecuencia de aparición de movimientos de ladera esté estrechamente ligada a la recurrencia de dichos eventos pluviométricos, dependiendo de la humedad de cada zona climática. Por ejemplo, en países de clima mediterráneo como Portugal, España e Italia, los movimientos más someros se generen tras tormentas más frecuentes de varios días de duración, como consecuencia de cambios climáticos secundarios. Por el contrario, los más profundos acontecen tras periodos de varias semanas a pocos meses de duración (incluso 90 días), como consecuencia de cambios climáticos de influencia primaria ([Wieczorek and Glade 2005](#); [Zêzere et al. 2005](#)). En el primer caso, el mecanismo general comienza con una rápida infiltración a través de las capas superiores del suelo de mayor porosidad. Esto conlleva al incremento del peso del terreno y de la presión del agua de los poros; o lo que es lo mismo, la disminución de la resistencia al corte del terreno hasta generar roturas superficiales. En el caso de movimientos profundos, durante el largo periodo de lluvias más o menos continuas el terreno puede ganar o perder resistencia al corte en varias etapas, hasta alcanzar un mínimo de resistencia proporcionando condiciones de inestabilidad al área afectada, lo que hace más compleja la predicción de estos movimientos ([Zhang et al. 2006](#)).

Como se indicaba al inicio de este apartado, es importante diferenciar estos dos tipos genéricos de movimientos, con el fin de tratarlos con metodologías diferentes a la hora de estimar su peligrosidad, el riesgo, o planificar sistemas de evacuación o prevención adecuados contra la posible amenaza de estos procesos naturales. Se debe tener en cuenta que los movimientos de tipo superficial, como los flujos de derrubios, coladas de barro o caídas de bloques, pueden alcanzar velocidades tan altas que el tiempo de reacción para evitar daños sea mínimo. Del mismo modo, la intensidad y grado de destructividad se elevan a niveles de altos a muy altos; ya que independientemente de su tamaño, su energía cinética es bastante alta, suponiendo que estos se clasifican como movimientos rápidos a extremadamente rápidos, con velocidades mayores de 1,5 m/día (Hansen 1984; Chacón 2008). Estas velocidades son características de movimientos monocrónicos de corta duración, entre segundos a algunos meses en casos excepcionales (Chacón 2008; Chacón et al. 2010).

1.5.3 Sobre los grados de actividad de movimientos de ladera

Obviamente, la peligrosidad y destructividad de un movimiento de ladera dependerá de su estado de actividad, al igual que ocurre con otros fenómenos naturales (véase volcanes o terremotos), ya que la identificación del inicio, agotamiento, o reactivaciones en el tiempo, ayudarán a determinar con qué frecuencia estos eventos podrían representar una amenaza o situación de riesgo. Consecuentemente, el Grupo de Trabajo para el Inventario Mundial de Movimientos del Ladera de la UNESCO (Working Party on World Landslide Inventory - WPMILI, UNESCO) estableció los siguientes estados de actividad (WP/WLI 1993b; Alcántara-Ayala 2000)

- (1) Movimiento de ladera *activo*: es aquel que se encuentra en movimiento actual tras su primera activación o por reactivación.
- (2) Movimiento de ladera *suspendido*: es aquel que no se reactivó en el último ciclo anual, y sin embargo, no se encuentran activo en la actualidad.
- (3) Movimiento de ladera *inactivo*: es aquel que sigue sin movimiento tras pasar más de un ciclo anual, pudiéndose su subclasificar en uno de los 4 siguientes ((4), (5), (6) y (7)).
- (4) Movimiento de ladera *dormido*: es un movimiento de ladera inactivo en el que permanecen las condiciones bajo las que se produjo, por lo que puede ser reactivado como resultado de los mismos u otros factores desencadenantes que lo hicieron en el pasado.
- (5) Movimiento de ladera *abandonado*: es un movimiento de ladera inactivo debido a que las causas que lo hacían inestable desaparecieron (ej., cambio del curso de un río que erosiona o socava al pie del movimiento).
- (6) Movimiento de ladera *estabilizado*: es un tipo de movimiento inactivo que se encuentra en un estado de equilibrio estable, tras su remediación mediante aplicación de medidas de contención o estabilización.

(7) Movimiento de ladera *relict*: es aquel generado bajo condiciones geomorfológicas y/o climáticas claramente diferentes a las que dominan en el momento de su investigación.

(8) Movimiento de ladera reactivado: es el que se encuentra nuevamente activo tras un periodo de suspensión de su actividad.

1.5.4 Sobre las componentes de la evaluación del riesgo por movimientos de ladera y su zonificación

Debido a su importancia en las actividades dirigidas a la predicción del riesgo, en la última década han sido crecientes los esfuerzos con la tendencia hacia la unificación de conceptos y metodologías (Fell et al. 2005; Chacón et al. 2006a; Fell et al. 2008). De acuerdo con esto, a continuación se resumen los conceptos fundamentales acerca de las componentes que deben obtenerse para la estimación o cartografía del riesgo por movimientos de ladera.

- *Inventario* de movimientos de ladera: se refiere al inventario que incluye datos de ubicación, clasificación, volumen (área o medida de su magnitud), actividad, fecha de ocurrencia, y otras características en cuanto a los diferentes tipos de movimientos de ladera.
- *Susceptibilidad* a los movimientos de ladera: evaluación cuantitativa o cualitativa de la distribución espacial de los movimientos de ladera existentes o potenciales en una zona, considerando los diferentes tipos y magnitudes (volumen o área). Esta componente, fundamentalmente, trata de dar respuesta a las cuestiones de *dónde, qué tipos de movimientos y cómo* podrían ocurrir en el futuro (Aleotti and Chowdhury 1999). También se puede incluir una descripción de la velocidad e intensidad los movimientos existentes o potenciales. Sin embargo, aunque se espera que los movimientos se produzcan con mayor frecuencia en las zonas más susceptibles, en el análisis de susceptibilidad, el marco temporal no se tiene en cuenta explícitamente.
- *Peligrosidad*: es la componente del riesgo que trata la probabilidad de la ocurrencia en un período determinado de tiempo de los distintos eventos de movimientos de ladera. Esta debe tener en cuenta la ubicación, el volumen (área o medida de magnitud), la clasificación, y la velocidad de los movimientos de ladera existentes o potenciales. Por tanto, a diferencia de la susceptibilidad, la peligrosidad debe responder a la cuestión de *cuándo* podrán ocurrir los movimientos de ladera, y con *qué frecuencia* (Aleotti and Chowdhury 1999). La zonificación de la peligrosidad toma los resultados del mapa de susceptibilidad, asignando una frecuencia estimada (es decir, probabilidad anual) a los distintos tipos de movimientos de ladera a través del área de estudio, representando la probabilidad condicional de ocurrencia temporal respecto a la probabilidad espacial o potencial para alcanzar el grado de inestabilidad. La peligrosidad debe ser expresada como la frecuencia de un tipo de movimiento de ladera particular que se caracteriza con una magnitud, volumen, velocidad, y por ende, intensidad. En los casos en los que la intensidad puede ser medida en términos de energía cinética, la evaluación consiste en la asignación de la frecuencia a movimientos de

ladera con una intensidad particular. La expresión de peligrosidad como medida de intensidad es más útil para los desprendimientos de rocas y flujos de derrubios (por ejemplo, masa x profundidad x velocidad), de acuerdo a la definición de energía cinética en mecánica clásica, equivalente al producto del desplazamiento por el trabajo desarrollado ($1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{S}^2$).

- *Elementos en riesgo*: la población, los edificios, las actividades económicas, los servicios públicos, infraestructuras y áreas ambientales valiosos.
- *Vulnerabilidad*: el grado de pérdida esperado respecto a un elemento o conjunto de elementos dentro de la zona afectada por el movimiento de ladera en una escala de 0 (sin pérdida) a 1 (pérdida total).
- *Riesgo*: una medida de la probabilidad y gravedad de un efecto adverso a la salud, a los bienes o al medio ambiente. Estimado por el producto de la probabilidad de un fenómeno de una magnitud y sus consecuencias. Para movimientos de ladera viene determinado del siguiente modo: (a) la probabilidad anual de que las personas en riesgo pierdan su vida, teniendo en cuenta la peligrosidad del movimiento de ladera, la probabilidad espacio-temporal, y la vulnerabilidad de la persona; o (b) la probabilidad anual de un determinado nivel de pérdida de propiedades, teniendo en cuenta los elementos en riesgo, su probabilidad espacio-temporal y la vulnerabilidad de los mismos.
 - *Zonificación*: la división del terreno en áreas o dominios homogéneas, y su clasificación de acuerdo a los grados de alguno de los siguientes conceptos: susceptibilidad real o potencia, peligrosidad, o riesgo total debido a la generación de movimientos de ladera; o de la aplicación de ciertas normas de regulación en la prevención y mitigación de riesgos.
 - *La zonificación o mapa de movimientos de ladera, o mapa inventario de movimientos de ladera*: indica un mapa mostrando la distribución tanto de áreas de depósito como de erosión debidas a los movimientos en masa inducidos por la gravedad (Guzzetti et al. 1999).
 - *Zonificación o mapas de susceptibilidad*: dividen el terreno según su potencial para experimentar eventos de movimientos de ladera tanto dentro del área fuente, como en las áreas que pueden alcanzar o desde las que pueden retroceder. Por lo tanto, la zonificación de susceptibilidad implica el desarrollo de un inventario de los movimientos de ladera que permita evaluar las áreas relacionadas con su potencial para experimentar los efectos de los movimientos de ladera, pero sin la necesidad de llevar a cabo la evaluación de su frecuencia (probabilidad anual).
 - *Zonificación o mapa de peligrosidad*: expresa la predicción cuantitativa o cualitativa de la distribución espacial, tanto de los depósitos como de las laderas que probablemente generarán roturas. Se incluye la probabilidad de aparición de nuevas roturas, o la reactivación de las ya existentes, considerando las áreas alcanzadas por la trayectoria de la masa de materiales en movimiento, y un periodo de tiempo definido a partir de la información que no se incorpora directamente en el modelo (Guzzetti et al. 1999).

1.5.5 Otras definiciones de interés

- *Recurrencia del evento o periodo de retorno*: tiempo esperado para la repetición de un evento, evaluado mediante el estudio de registros históricos. Se calcula simplemente como la inversa de la probabilidad (generalmente, anual), y se refiere al intervalo de tiempo promedio (en años) en el que se espera que ocurra un evento de una cierta magnitud.
- *MORLE*: [Crozier \(2005\)](#) definió MORLE (Multiple Occurrence Of Regional Landslide Events) como la ocurrencia casi simultánea de múltiples movimientos de ladera dentro de una región cuando estos se asocian a un fenómeno desencadenante (es decir, lluvia o terremotos) que actúa en un área grande.
- *SIG*: Acrónimo de Sistema de Información Geográfica.
- *RS*: Acrónimo de Remote Sensing.

1.6 ASUNCIONES Y PRINCIPIOS BÁSICOS

A pesar de que no existen métodos comunes o normalizados a seguir por los diferentes geomorfólogos, ingenieros o profesionales, todos los métodos para la evaluación de la susceptibilidad y peligrosidad se basan en unos principios o asunciones ampliamente extendidos ([Varnes 1984a](#); [Carrara et al. 1991](#); [Hutchinson and Chandler 1991](#); [Hutchinson 1995](#); [Turner and Schuster 1995](#); [Aleotti and Chowdhury 1999](#); [Guzzetti et al. 1999](#); [Concha-Dimas et al. 2007](#)):

1. Las roturas de ladera dejan al descubierto rasgos geomorfológicos, muchos de los cuales pueden reconocerse, clasificarse y cartografiarse. Esto puede hacerse mediante campañas de campo o a través de productos de sensores remotos, principalmente sobre fotografías aéreas ([Rib and Liang 1978](#); [Varnes 1978](#); [Hansen 1984](#); [Hutchinson 1988](#); [Dikau et al. 1996](#)).
2. Los movimientos de ladera están controlados por leyes mecánicas que pueden ser determinadas empíricamente, estadísticamente o mediante un enfoque determinista. Los factores físicos de la inestabilidad pueden ser identificados y usados para construir modelos predictivos de la ocurrencia de movimientos de ladera ([Dietrich et al. 1995](#)).
3. El principio del uniformitarismo establece que el pasado y el presente son las claves del futuro ([Varnes 1984a](#); [Carrara et al. 1991](#); [Hutchinson 1995](#)), cuyo significado en el análisis de riesgos naturales se traducirá en que estos se producirán bajo las mismas condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y climatológicas que lo hicieron en el pasado. Así, el conocimiento sobre movimientos de ladera del pasado es esencial para evaluar la susceptibilidad y peligrosidad del futuro.
4. La ocurrencia de movimientos de ladera, en espacio o tiempo, se pueden inferir de investigaciones heurísticas; o puede ser calculado a través del análisis de información ambiental, o a partir de modelos físicos. Esto permite evaluar el

grado de peligrosidad, y zonificar un territorio en clases de peligrosidad valorada de acuerdo a las diferentes probabilidades.

No obstante, la aplicación de estos principios se ve obstaculizada por la dificultad operacional y conceptual que implica.

1.7 CONSIDERACIONES FINALES

Vista la importancia, y justificada la necesidad de progreso en la evaluación de la peligrosidad de los movimientos de ladera en la parte meridional de la Cordillera Bética, las etapas de desarrollo del presente trabajo de tesis doctoral pretenden dar respuesta a los objetivos parciales sobre la mejora y avance en actividades críticas dirigidas a la evaluación de la peligrosidad.

Capítulo 2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD POR MOVIMIENTOS DE LADERA. IMPORTANCIA E INTRODUCCIÓN A LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y METODOLOGÍAS

2.1 INTRODUCCIÓN

Al tratar el fenómeno complejo de los movimientos de ladera, la primera dificultad se encuentra en la variedad de tipos de movimientos de ladera, además de los diferentes factores desencadenantes de los mismos, como lluvia intensa y/o prolongada, terremotos y la fusión rápida de la nieve. A esto hay que sumar los diferentes propósitos que rigen la escala (o extensión) y la metodología de trabajo, dando lugar a estudios de carácter global, nacional, regional, local o evaluaciones específicas de sitio. Considerando esta diversificación, los métodos y técnicas que se utilizan actualmente, con sus ventajas e inconvenientes para cartografiar los movimientos de ladera, determinar la peligrosidad y estimar el riesgo total asociado, no se usan siguiendo unas bases estándares. Por lo general, las actividades, técnicas y metodologías aplicadas se basan en los objetivos perseguidos y en los datos disponibles, debiendo superar algunos desafíos en cada etapa de investigación. Debido a la variedad de enfoques y las dificultades para hacer frente a este problema, como mencionó [Guzzetti \(2002\)](#), "la identificación de los movimientos de ladera y su cartografía constituye ambos, una ciencia y un arte, y se deben hacer esfuerzos para que sea más objetivo, reproducible y científico".

A pesar de las dificultades para hacer frente a la evaluación de las componentes del riesgo total por movimientos de ladera, los mapas o zonificación de las componentes del riesgo constituyen herramientas de asesoramiento a las entidades públicas y privadas en la planificación y la mitigación de riesgos. Estos mapas vienen siendo confeccionados desde principios de los 70 ([Brabb et al. 1972](#); [Kienholz 1978](#); [Corominas and Moya 2008](#)); desarrollándose rápidamente en las últimas décadas como consecuencia de la innovación tecnológica en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que ha facilitado la elaboración de mapas digitales al hacer la zonificación de estas componentes más factible ([Chacón et al. 1994](#); [Carrara et al. 1999](#); [Chacón et al. 2006a](#)). Igualmente, la colección de datos se ha visto agilizada por la evolución en las técnicas de detección remota ([Guzzetti 2002](#); [Guzzetti et al. 2012](#)), permitiendo delimitar e inventariar rasgos relacionados con los movimientos de ladera a diferentes escalas espaciales, y reduciendo el tiempo de realización y aumentando la precisión e integridad inventarios o bases de datos producidas.

En la última década, el Comité Técnico Común JTC-1 sobre Movimientos de ladera y Laderas Diseñadas ha presentado directrices y revisiones sobre la zonificación de la susceptibilidad, peligrosidad y riesgo por movimientos de ladera, útiles para la planificación del uso del terreno ([Fell et al. 2005](#); [Fell et al. 2008](#)). Además, en concreto para la peligrosidad de movimientos de ladera, se pueden encontrar

revisiones y clasificaciones en la literatura, por ejemplo, las de [Aleotti and Chowdhury \(1999\)](#) y [Corominas and Moya \(2008\)](#).

Dada esta evolución de las diferentes doctrinas o escuelas en el marco conceptual y metodológico de la componente de la peligrosidad, en la que se enfoca el presente tesis doctoral, se hace necesario comenzar la parte principal de este trabajo con este capítulo sobre la revisión del estado del conocimiento referente a la evaluación de la peligrosidad por movimientos de ladera. No obstante, debida a la importancia de los datos de entrada que supone el inventario, así como de la componente espacial de la susceptibilidad, implícita en la mayoría de los casos en la estimación de la peligrosidad, ambos conceptos se desarrollan en las secciones 2.3 y 2.4, respectivamente.

2.2 ZONIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA. TIPOS Y NIVELES DE CARTOGRAFÍA

Las primeras aplicaciones formales de zonificación basadas en enfoques cualitativos datan de 1970s ([Brabb et al. 1972](#); [Humbert 1972](#); [Kienholz 1978](#)). En el área de estudio relacionado con el presente trabajo, los primeros mapas sobre movimientos de ladera y previsiones se realizaron en los 60 ([Macau 1962](#); [1963](#)). Más tarde, a partir de los 80, se empezaron a desarrollar metodologías cuantitativas, y en las dos últimas décadas ya se han elaborado trabajos de síntesis metodológicas o guías para la evaluación y zonificación de las diferentes componentes del riesgo ([Corominas et al. 2014](#)), entre los que destacan:

- Las directrices de la Guía Australiana de Geomecánica ([AGS 2000](#); [Australian Geomechanics Society 2007](#))
- Desarrollo de las escalas de trabajo en relación a la zonificación de las componentes del riesgo por movimientos de ladera ([Cascini et al. 2005](#); [Cascini 2008](#))
- Prácticas para el análisis de riesgo, desde sitios específicos ([Wong 2005](#)) a escala global ([Nadim et al. 2006](#); [Hong et al. 2007a](#); [Nadim and Kjekstad 2009](#)).
- Las directrices establecidas por el JTC-1 ([Fell et al. 2008](#))

El tipo de zonificación, sus niveles y escalas de mapeo, dependen del propósito (planificación, evaluación según bases legales, etc.) ([Jade and Sarkar 1993](#); [Aleotti and Chowdhury 1999](#); [Cascini et al. 2005](#); [Cascini 2008](#); [Fell et al. 2008](#); [Corominas et al. 2014](#)); pero en general, la zonificación de la susceptibilidad se realiza en la primera etapa (nivel preliminar) a escala pequeña o regional (gran extensión), mientras que la zonificación de peligrosidad o riesgo se lleva a cabo en fases posteriores (nivel intermedio y avanzado), en la zonificación local o específica de sitio (Tabla 1). Es importante adaptar el nivel de zonificación a la escala de los mapas que se desean cartografiar, lo que viene condicionado por el detalle y la calidad de los datos de entrada, o la escala de los mapas topográficos disponibles. La Tabla 1 muestra las escalas de cartografía de zonificación y sus resultados o aplicaciones; además, en relación con la componente del riesgo asociada a este trabajo, el nivel específico de la

peligrosidad para cada escala espacial se indica por el campo “Evaluación de la peligrosidad”.

ESCALA (extensión)	RANGO	ÁREA TÍPICA ZONIFICADA	EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN	NIVEL DE EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD
PEQUEÑA (nacional, continental)	< 1:100.000	> 10.000 km ²	Inventario de movimientos de ladera y mapas de susceptibilidad para informar a los asesores políticos y al público en general.	No evaluada
MEDIA (regional)	1:100.000 a 1:25.000	>1000-10.000 km ²	Inventario de movimientos de ladera y mapas de susceptibilidad para el desarrollo regional, o proyectos de ingeniería de gran escala.	Nivel de cartografía de la peligrosidad preliminar en áreas locales.
GRANDE (local)	1:25.000 a 1:5.000	> 10-1000 km ²	Inventario de movimientos de ladera, susceptibilidad y zonificación de peligrosidad en áreas locales. Nivel de zonificación de riesgo preliminar a intermedio para áreas locales, y etapas de planificación avanzadas para grandes estructuras de ingeniería, carreteras y ferrocarriles.	Nivel de zonificación de peligrosidad intermedio a avanzado para el desarrollo regional.
DETALLADA (local a específica de sitio)	> 1:5000	> algunos hm ² - decenas de km ²	Nivel de zonificación de riesgo intermedio a avanzado para áreas locales y específicas de sitio, y para el diseño de las fases de construcción de grandes estructuras, carreteras y ferrocarriles.	Nivel de zonificación de la peligrosidad intermedio a avanzado para áreas locales y específicas de sitio.

Tabla 1 Escala de la cartografía de zonificación y sus aplicaciones relacionadas. Modificado de Fell et al. (2008)

Esta clasificación se basa en la guía de Fell et al. (2008), no obstante, los límites de cada rango de escala varían en otros trabajos, por ejemplo, el límite entre la escala regional y nacional es establecido en 1:250.000 en Corominas et al. (2014).

Las escalas de cartografía de los diferentes componentes de evaluación de riesgo se determinan atendiendo a las escalas de zonificación de inventarios, y a las fuentes comunes de datos e información útil disponible (Guzzetti 2002):

- Para los inventarios de pequeña escala (< 1:200.000) los datos se extraen principalmente de la bibliografía; consultas a entidades públicas o privadas; mediante búsquedas en crónicas, diarios, informes técnicos y científicos; o entrevistando a expertos en movimientos de ladera. A estos inventarios se les denomina inventarios de archivo.
- Para los inventarios de mediana escala (1:25.000 a 1:200.000) los datos se extraen de la interpretación de fotografías aéreas a escalas de impresión que van desde 1:60.000 a 1:20.000, y mediante la integración de controles de campo locales con información histórica.

- Para los inventarios de gran escala (> 1:25.000) o áreas limitadas, se utilizan tanto la interpretación de fotografías aéreas a escalas mayores que 1:20.000 como las investigaciones de campo extensivas.

De la misma manera, las escalas recomendadas de zonificación de peligrosidad relacionadas con el propósito de evaluación, el uso del suelo, la extensión de la zona de estudio y la disponibilidad de datos se pueden encontrar en [Aleotti and Chowdhury \(1999\)](#):

- Para la planificación se puede adoptar una escala regional (1:100.000 a 1:500.000), basando la evaluación en análisis estadísticos e interpretación de los datos disponibles.
- Para problemas tales como la ejecución de las obras de ingeniería de gran tamaño, o la definición de un plan de medidas prioritarias, se recomienda una escala más detallada (mediana escala: 1: 25.000 a 1: 50.000).
- Para estudios específicos en una sola ladera o en áreas pequeñas, sería apropiada una escala grande o específica de sitio; unida a un enfoque de ingeniería geotécnica basado en la estimación del factor de seguridad (FS) y/o probabilidad de rotura (FP) asociada.

2.3 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA. PRIMERA ACTIVIDAD DE MAYOR IMPORATANCIA EN LA EVALUACIÓN Y/O ZONIFICACIÓN DEL RIESGO

El primer y más importante paso en la evaluación de las distintas componentes (principalmente, susceptibilidad y peligrosidad) del riesgo por movimientos de ladera se refiere a la recogida de información sobre dichos movimientos, incluyendo al menos los datos relativos a su localización, tipo, magnitud y, si se conoce, la fecha de ocurrencia. Fundamentalmente, los inventarios deben contener información útil para *determinar la actividad* de movimientos de ladera, preferentemente el estado, estilo y distribución de la actividad, según las definiciones de [Cruden and Varnes \(1996\)](#) y ([WP/WLI 1990](#); [1991](#); [1993a](#); [b](#); [1994](#); [1995](#); [2001](#)); para lo que es fundamental la incorporación de *datos multitemporales sobre grandes regiones*.

En cuanto a la determinación de los factores determinantes, el uso de DEMs de alta resolución es fundamental para obtener información topográfica. Además es necesaria la elaboración del mapa geológico con las formaciones derivadas de la subdivisión litoestratigráfica. El mapa geológico se debe convertir a una clasificación típica de ingeniería geológica con mayor énfasis en sedimentos del Cuaternario, y más información sobre la composición y resistencia de macizos rocosos ([Corominas et al. 2014](#)). Igualmente, la información estructural es muy importante para evaluación de la peligrosidad, ya que la existencia de contactos principales o discontinuidades determinarán las zonas de mayor probabilidad de rotura.

Para tratar los factores desencadenantes y la peligrosidad, el análisis de datos sobre precipitaciones, sismicidad y actividades antrópicas proporcionan componentes temporales muy importantes, y su conocimiento se requiere en la conversión de los

mapas de susceptibilidad a mapas de peligrosidad. Mediante estos datos se puede estudiar la relación magnitud-frecuencia para el evento desencadenante, utilizado para determinar la probabilidad de ocurrencia de los movimientos causados por este. Estas relaciones contribuyen al análisis de la ocurrencia de movimientos de ladera en diferentes modos. Para el caso de la precipitación total, o variables de la misma (comúnmente intensidad y duración), su correlación con las fechas de los sucesos de movimientos históricos permite el establecimiento de umbrales de activación (Guzzetti et al. 2007; Guzzetti et al. 2008; Cepeda et al. 2012). Los modelos de susceptibilidad más avanzados, basados en leyes físico-mecánicas, pueden incorporar las lluvias como una entrada dinámica del modelo, lo que permite preparar mapas de susceptibilidad para futuros escenarios de cambio climático (Collison et al. 2000; Melchiorre and Frattini 2012; Comegna et al. 2013).

Numerosas referencias en la literatura reflejan la relevancia del inventario de movimientos de ladera para completar la información necesaria en cuanto a la generación de las capas de información digital sobre los factores explicativos y causativos de este fenómeno, tratando también los tipos de datos y metodologías necesarias para su recopilación (Van Westen et al. 2006; Van Westen et al. 2008; Guzzetti et al. 2012; Corominas et al. 2014). Algunas de ellas resaltan la tendencia creciente del uso de las nuevas tecnologías de sensores remotos frente a los trabajos de campo, describiendo sus productos y datos obtenibles (Van Westen et al. 2008; Guzzetti et al. 2012); otras se centran en la extensión temporal de los datos mediante la aplicación de las distintas técnicas de reconocimiento y datación de los movimientos de ladera (Corominas and Moya 2008); en el tratamiento estadístico de datos meteorológicos relacionados con los movimientos de ladera (Guzzetti et al. 2007; Guzzetti et al. 2008; Cepeda et al. 2012); o simplemente, en las dificultades encontradas para llevar a cabo tan importante tarea (Ibsen and Brunsden 1996; Van Westen et al. 2006). No obstante, la disponibilidad de datos auxiliares, el tamaño del área de estudio, la homogeneidad del terreno y la disponibilidad de los recursos son los aspectos principales que determinan el tipo y cantidad de datos necesarios; lo que eventualmente también gobierna el tipo de método de estimación de la susceptibilidad usado, y la posibilidad de convertir el mapa de susceptibilidad en un mapa de peligrosidad y riesgo cuantitativo (Fell et al. 2008; Van Westen et al. 2008; Corominas et al. 2014). Según esos aspectos se podrá fijar el nivel de detalle que se desea alcanzar, así como las actividades apropiadas para la preparación del inventario (Fell et al. 2008). En el nivel de evaluación de riesgo *básico* el inventario reflejará los datos recopilados sobre los movimientos de ladera junto con su correspondiente información topográfica, geológica y geomorfológica. En un nivel *intermedio* se deben mostrar las diferentes partes de los movimientos de ladera (escarpes principales y secundarios, escarpes laterales, trayectorias, límites...), además de datos de información sobre posibles actividades humanas que podrían influir en la incidencia de los movimientos. Y en el nivel más *avanzado* (a gran escala), estos mapas pueden incluir información topográfica y geotécnica, superficial y subsuperficial, a partir del análisis de datos de la monitorización mediante sensores remotos (Remote Sensing o RS), inclinómetros, piezómetros, estudios geofísicos o cualquier otra técnica aplicada, permitiendo modelar la evolución de movimientos de ladera individuales. Además, los catálogos avanzados y lo más completos posibles son de mayor importancia a este nivel, recogiendo información espaciotemporal de iniciaciones o reactivaciones periódicas de

eventos de movimientos de ladera, que pueden ser relacionados a su vez con la frecuencia de la superación de umbrales en los factores desencadenantes. Esta información, es crucial para la producción de mapas fiables de predicción de la peligrosidad por movimientos de ladera y el riesgo asociado (Corominas et al. 2014).

2.3.1 Técnicas clásicas y avanzadas de inventariado

Existen numerosas técnicas para recabar los datos necesarios del inventario (Guzzetti et al. 2012), si bien la interpretación visual de imágenes estereoscópicas sigue siendo uno de los métodos más usados, resultando en inventarios de alta resolución (Cardinali et al. 2002). Actualmente, el uso de datos de Google Earth es una buena alternativa para muchas áreas, sobre todo en muchas partes del mundo cubiertas con imágenes de alta resolución descargables en GIS, las cuales se pueden combinar con un modelo digital para generar imágenes estereoscópicas (Corominas et al. 2014). Uno de los desarrollos más importantes es el uso de imágenes de relieve sombreado producido a partir de MDE LiDAR, de los cuales los objetos (por ejemplo, vegetación) en la superficie de la Tierra se pueden eliminar para la interpretación visual de los rasgos o cambios del terreno relacionados con los movimientos de ladera (Haugerud et al. 2003; Ardizzone et al. 2007; Van Den Eeckhaut et al. 2009; Razak et al. 2011; Corominas et al. 2014). En la visión estereoscópica la interpretación es una tarea que consume tiempo y requiere habilidades extensas, capacitación y perseverancia. En muchos casos, tales intérpretes cualificados no están disponibles, o los inventarios tienen que ser producidos en un corto período de tiempo después de la ocurrencia de un evento de activación, lo que requiere la aplicación de métodos de detección automatizada basada en teledetección. Michoud et al. (2012) y Stumpf et al. (2011) proporcionan descripciones completas de los diferentes métodos de detección remota y herramientas semiautomáticas que pueden ser utilizados para cartografía de movimientos y monitorización. En estos métodos se incluyen diversas herramientas para la cartografía y monitorización de movimientos de ladera que hacen uso de mediciones digitales de elevación, tales como fotografías terrestres (Travelletti et al. 2010), videos terrestres, fotografías aéreas con UAV (Niethammer et al. 2011), y estereofotogrametría (Martha et al. 2010). Entre los anteriores cabe destacar la aplicación de las técnicas avanzadas, basadas en LiDAR (Light Detection and Ranging) tanto aerotransportado (Airborne Laser Scanner, ALS) como terrestre (Terrestrial Laser Scanner, TLS), que mediante el barrido de alta resolución de mediciones directas muestran un gran potencial para obtener información en poco tiempo y a diferentes escalas; permitiendo el reconocimiento de cambios importantes en la actividad de movimientos de ladera y de sus características geomorfológicas (Jaboyedoff et al. 2012; Palenzuela et al. 2013; Palenzuela et al. 2014). También debe destacarse la utilidad de DInSAR (Diferential Interferometric Synthetic Apertura Radar) para la detección de desplazamientos subcentimétricos (Ferretti et al. 2001; Berardino et al. 2002; Fernández et al. 2009) .

2.3.2 Tipos de inventarios según su naturaleza y rango temporal y sus implicaciones

La principal categorización de los inventarios de ladera se puede hacer en función de la naturaleza de sus fuentes de datos, distinguiendo entre *inventarios de archivo*

cuando la información se obtiene de la literatura o documentos revisados, y los de tipo *geomorfológico*, que como indica su nombre, se refieren a la cartografía de eventos empleando las técnicas existentes para ello. A su vez, estos últimos se clasifican según su extensión temporal, como se encuentra en [Guzzetti et al. \(2012\)](#):

- a) *Inventarios por evento*: mapas que muestran todas las roturas provocados por un solo evento desencadenante o MORLE (ej., terremotos, tormentas o deshielo).
- b) *Inventarios estacionales*: comprenden los movimientos ocurridos durante una o varias estaciones ([Fiorucci et al. 2011](#)). Se pueden preparar explotando múltiples conjuntos de fotografías aéreas o imágenes satelitales de diferentes fechas. A estos se les data asignándoles la fecha (o periodos) de sus posibles eventos desencadenantes.
- c) *Inventarios multitemporales*: incluyen movimientos que se desarrollan normalmente durante años a decenas de años ([Galli et al. 2008](#)). Como en el tipo de inventarios estacionales, se pueden preparar explotando múltiples conjuntos de fotografías aéreas o imágenes satelitales de diferentes fechas. Igualmente, a estos se les data asignándoles la fecha (o periodos) de sus posibles eventos desencadenantes.
- d) *Inventarios históricos*: tienen en cuenta los efectos acumulativos de muchos eventos durante un período de decenas, centenas o miles de años. En este tipo de inventarios la edad de los eventos no se diferencia, o se da en términos relativos (reciente, viejo o muy viejo).

La elaboración de uno u otro tipo de inventario influirá en las actividades para la evaluación de las componentes del riesgo, o las limitará en función de extensión de sus datos. Por ejemplo, cuando se dispone de fotografías aéreas (por ejemplo, de los últimos 50 a 60 años en Europa), y si es posible, con el ajuste mediante datos de trabajo de campo, se pueden obtener *inventarios por evento* de buena calidad y razonablemente completos. Si además existen varios conjuntos de fotografías aéreas para diferentes fechas, es posible crear bases de datos y mapas de inventario *multitemporales*. En este caso, las bases de datos más completas permitirán estimar la recurrencia media de movimientos de ladera; el análisis de distribución espacial de las roturas; o la calibración de los modelos de susceptibilidad, peligrosidad o de riesgo existentes. Sin embargo, esto inventarios a menudo cubren sólo una parte de la superficie total asociada con un evento desencadenante de movimientos de ladera, constituyendo inventarios incompletos que llevarán a estimaciones mínimas de las componentes del riesgo; debido a que las evidencias de la existencia de los movimientos de ladera se eliminan rápidamente por la erosión, el crecimiento de la vegetación y la actividad humana que hacen difusos los límites de los movimientos de ladera ([Guzzetti 2002](#)). Además de esto, el carácter incompleto se convierte en una primera fuente de error, así como otras limitaciones relacionadas con la subjetividad a la hora de cartografiar o recopilar la información. A esto hay que añadir la dificultad en la medida de la fiabilidad de tal información, lo que depende en gran medida de la calidad y la abundancia de la fuente de información.

Por otro lado, se ha de señalar, que los datos recopilados justo después de cada evento desencadenante (ej., una tormenta, la fusión de la nieve, o un terremoto) o *inventarios por evento* son de especial utilidad, ya que facilitan incursión de datos como los tipos, extensión, tasa de desplazamiento o gravedad de los daños de movimientos de ladera; necesarios en la evaluación de la zona potencialmente afectada y elementos alcanzables, y para ganar precisión en la evaluación de las componentes del riesgo. Además, cuando se registran eventos posteriores, las estadísticas de frecuencia relacionadas con un tipo de movimiento se pueden utilizar para describir cuantitativamente el aspecto espacio-temporal y la magnitud de tales procesos naturales provocados al alcanzar valores extremos de los eventos desencadenantes.

Por lo tanto, la tarea de registrar los datos históricos y recientes sobre la ocurrencia de movimientos de ladera por medio de diferentes técnicas debería ser una actividad sistemática aplicada por las instituciones competentes; sin embargo, actualmente la información y comprensión de este fenómeno están mínimamente definidas.

2.4 EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS DE LADERA

Conociendo la relación entre los factores determinantes y los procesos de movimientos de ladera es posible determinar las áreas potenciales donde podrían iniciarse o reactivarse futuros movimientos de ladera (Hutchinson 1995). Esto se deriva del concepto de "susceptibilidad", dirigida a evaluar "cómo de propensa a generar un movimiento de ladera es una unidad geológica" (Brabb et al. 1972). Matemáticamente, la susceptibilidad se define como la probabilidad espacial de ocurrencia de roturas dado un conjunto de condiciones geo-ambientales (Guzzetti et al. 2005).

Como se revisará en la sección 2.6, la evaluación de la susceptibilidad, excepto para algunos casos (ver sección 2.7.3.2), precede a la de peligrosidad de los movimientos de ladera; aunque en muchos trabajos, por las dificultades para llegar a una estimación cuantitativa de esta última, la susceptibilidad se transforma directamente a valores cualitativos de peligrosidad. En cualquier caso, la cabe adelantar aquí las principales diferencias entre una y otra componente del riesgo por movimientos de laderas. Los mapas de susceptibilidad se basan en datos espaciales, en el sentido de que tanto el inventario de movimientos de ladera como el conjunto seleccionado de los factores que determinan las condiciones de estabilidad describen los rasgos geotécnicos observados en la zona de estudio durante la investigación. Adicionalmente, la disponibilidad de datos con connotaciones temporales, tales como la actividad de movimientos de ladera, diacronía (cronología de la actividad), las velocidades registradas, período de retorno, precipitación diaria, mensual o anual, registros de terremotos, etc., son necesarios para la evaluación y la cartografía de la peligrosidad. Para alcanzar el último paso en la evaluación del riesgo total, son necesarios los datos acerca de las posibles consecuencias de los movimientos de ladera (elementos dañados o amenazados del territorio y su vulnerabilidad) (Chacón et al. 2006b). Sin embargo, a falta de los requisitos necesarios para llegar a la evaluación final del riesgo, los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera muestran un

sustituto o información importante como visión espacial de las zonas con condiciones de estabilidad y capacidad para generar movimientos de ladera ([Jiménez-Perálvarez et al. 2011](#)).

Las clasificaciones de los métodos aplicados para la evaluación de la susceptibilidad y peligrosidad son subjetivas, y dependen del aspecto a destacar u objetivo buscado, el cual también rige en la escala del análisis. No hay un procedimiento universal o normalizado, más bien existen diferentes enfoques y metodologías en función de las necesidades, el objetivo (planificación regional, el desarrollo rural o el diseño de infraestructuras), la escala de trabajo, calidad de datos, el tiempo y el presupuesto disponible. No obstante, a día de hoy existen diferentes revisiones y síntesis de las principales clasificaciones de la susceptibilidad y peligrosidad (ej., [Van Westen et al. \(1997\)](#) y [Van Westen \(2000\)](#) en el caso de susceptibilidad, o [Aleotti and Chowdhury \(1999\)](#) y [Guzzetti et al. \(1999\)](#)). Los conceptos de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo se suelen tratar de forma íntegra en los trabajos que se encuentran en la literatura, y a veces se intercambian, aunque tanto conceptos como clasificaciones ganan mayor precisión y discriminación con la evolución del estado del arte. Es frecuente encontrar documentos que integran la descripción de metodologías de la peligrosidad con las de susceptibilidad, como si se tratara de una única metodología común. Esto puede atribuirse a que en la evaluación del riesgo total el paso previo a la estimación de la peligrosidad consiste en la obtención de resultados para la susceptibilidad, y a su vez, los resultados de peligrosidad son necesarios para el cálculo final del riesgo. Es decir, la evaluación del riesgo es escalable y el cálculo de sus componentes se desarrolla en pasos sucesivos ([Chacón et al. 2006a](#); [Van Westen et al. 2006](#); [Corominas et al. 2014](#)). Por ejemplo, la revisión de [Aleotti and Chowdhury \(1999\)](#) hace una clasificación parecida a la de ([Corominas and Moya 2008](#); [Corominas et al. 2014](#)); sin embargo, el primero emplea más bien una clasificación de métodos de evaluación tanto de susceptibilidad como peligrosidad, si bien en el diagrama general sólo aparece la palabra peligrosidad; mientras que en las metodologías y recomendaciones de los segundos se diferencia entre métodos de evaluación de la susceptibilidad y métodos de evaluación de la peligrosidad. Muchas de las revisiones más antiguas se basan en trabajos y metodologías previos a su publicación que coinciden con las metodologías asignadas en la actualidad a la susceptibilidad, a pesar de que en esos documentos sean referidas como clasificaciones de peligrosidad ([Cotecchia 1978](#); [Carrara 1983](#); [Brabb 1984](#); [Crozier 1984](#); [Varnes 1984a](#); [Carrara 1988](#); [Hartlen and Viberg 1988](#); [Heerdegen 1989](#); [Van Westen 1993](#); [1994](#); [Carrara et al. 1995](#); [Soeters and van Westen 1996](#); [Aleotti and Chowdhury 1999](#); [Carrara et al. 1999](#); [Guzzetti et al. 1999](#); [Van Westen et al. 1999](#); [Van Westen 2000](#); [Van Westen et al. 2006](#)). No obstante, estos trabajos siguen los conceptos básicos de peligrosidad o zonificación de la peligrosidad, como definió [Varnes \(1984a\)](#), y dedican algunas secciones a la entrada de datos sobre aspectos temporales de los factores determinantes de los movimientos de ladera, así como de factores desencadenantes; argumentando que su variación y efecto temporal deben mostrarse sobre las zonificaciones de peligrosidad, o como información adicional (ej. intervalo temporal para el que se realizó una predicción o se calculó la frecuencia de la recurrencia de movimientos de ladera en la región de estudio). Actualmente existen aportaciones relevantes en el desarrollo del conocimiento sobre terminologías, clasificaciones de metodologías, técnicas (desde clásicas a automáticas) y descriptores para la obtención de frecuencias temporales de

la recurrencia de eventos de ladera, tanto para la evaluación de la peligrosidad cualitativa como para la peligrosidad cuantitativa (Fell et al. 1996; Mantovani et al. 1996; Mostyn and Fell 1997; AGS 2000; Dai and Lee 2001; Fell et al. 2005; Picarelli et al. 2005; Australian Geomechanics Society 2007; Corominas and Moya 2008; Fell et al. 2008; Hervás and Bobrowsky 2009; Corominas et al. 2014), algunos de los más recientes con el objetivo de armonizar, y sugerir procedimientos útiles para alcanzar diferentes niveles de detalle de la evaluación y/o zonificación de las componentes del riesgo, del riesgo total, y en particular, de la Evaluación Cuantitativa del Riesgo (QRA) (Corominas and Moya 2008; Fell et al. 2008; Corominas et al. 2014).

En los siguientes apartados se tratan las clasificaciones referidas a susceptibilidad, a la vez que se comparan entre sí, discutiendo los principios por los que se rigen y las limitaciones que controlan su aplicabilidad. Como guía, estas clasificaciones se esquematizan en el diagrama de la Figura 3.

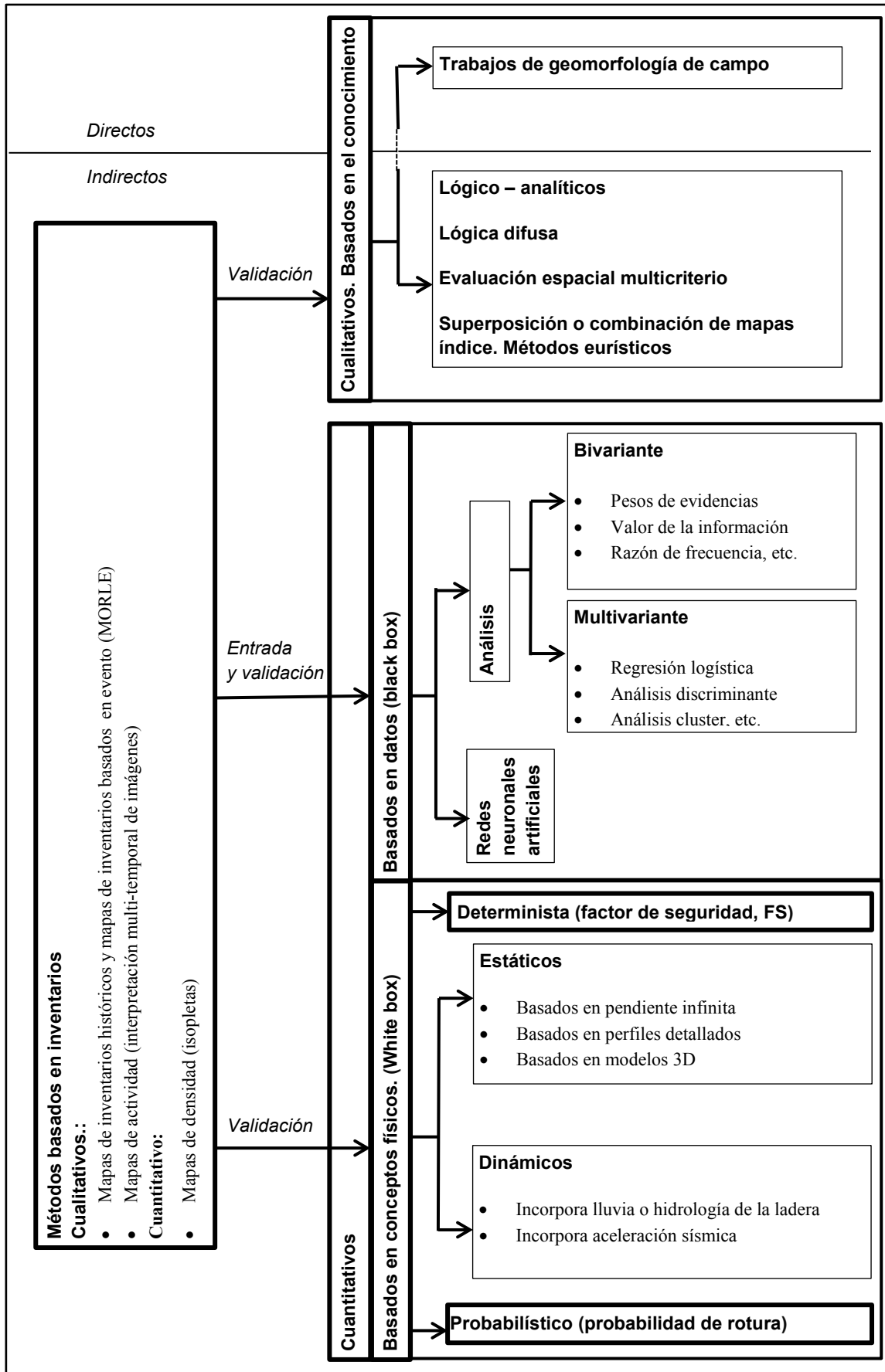


Figura 3 Clasificación de los métodos de evaluación de la peligrosidad, basado en Aleotti and Chowdhury (1999), Guzzetti et al. (1999) y Corominas et al. (2014)

Además de la metodología seleccionada en la zonificación de componentes del riesgo, se deben plantear los tipos de unidad espacial, escala del mapa de resultados y objetivo de estudio. Estos aspectos regirán sobre las actividades, el nivel de detalle o técnicas que se deben utilizar en cada caso.

De este modo, en primer lugar, se establece la subdivisión en dos grandes categorías al referirse a la cartografía o zonificación de la susceptibilidad y peligrosidad:

- a) Mapas *directos*: a través de este enfoque, el nivel de peligrosidad se determina mediante la cartografía geomorfológica, basándose en el conocimiento de experto. Este tipo de metodologías son de carácter subjetivo; pero por el contrario, su fiabilidad puede ser alta.
- a) Mapas *indirectos*: son los que se basan en modelos estadísticos o deterministas que se ocupan de la correlación entre los factores determinantes y los movimientos de ladera. Estos son métodos más reproducibles con las normas para aplicarlos, pero también pueden tener un grado de subjetividad en la selección de los factores y la entrada de datos.

En base a las características intrínsecas de los mapas y la estimación de la peligrosidad, ya entre los años 70 a los 90 se pudieron diferenciar diferentes clasificaciones:

1. Clases de mapas según las unidades de área elegidas para el análisis espacial (Aleotti and Chowdhury 1999):
 - a) Mapas creados *con mallas regulares* de idéntico tamaño y forma (cuadrada, rectangular u otra forma) (Carrara 1983; Anbalagan and Singh 1996).
 - b) Mapas creados con *laderas individuales* o cualquier otra forma de relieve como unidades morfológicas (Kienholz 1978; Carrara et al. 1992).
 - c) Mapas donde las *unidades* se derivan de la *superposición* automática de cada capa de parámetros (Ives and Bovis 1978).
2. Clases de evaluación de la peligrosidad según la naturaleza de los métodos empleados Hartlen and Viberg (1988):
 - a) Peligrosidad *relativa*: los métodos comparan diferentes laderas sin expresar un valor preciso o cuantificación.
 - b) Peligrosidad *absoluta*: los métodos calculan la peligrosidad espacial como la probabilidad, ya sea de forma determinista o estadística.
 - c) Peligrosidad *empírica*: los métodos se basan en el desarrollo de las curvas que relacionan varios parámetros tales como la altura y el ángulo de la pendiente con ocurrencia de los movimientos de ladera.
 - d) Peligrosidad *monitorizada*: los métodos usan datos de deformación y/o lluvia para encontrar magnitudes críticas o umbrales predeterminados para desencadenar un movimiento de ladera.

Las diferentes metodologías que se han diversificado hasta la actualidad con la incorporación de diferentes disciplinas y procedimientos se resumen a continuación. Como guía se puede usar el esquema de la Figura 3. De los métodos desarrollados se recomiendan aquellos indirectos y cuantitativos por sus características reproducibles y objetivas; sin embargo, recientemente, ningún método ha demostrado funcionar mejor en todos los ámbitos y para todo tipo de movimientos de ladera, es decir, de forma estandarizada y universal.

2.4.1 Métodos basados en inventarios

Algunas clasificaciones incluyen el inventario de movimientos de ladera en una metodología específica (Guzzetti et al. 1999); sin embargo, otras más recientes, además de como una metodología por separado, lo incluyen como un paso previo a otras metodologías con las funciones de dato de entrada y de validación (Corominas et al. 2014) (ver Figura 3). Esta múltiple funcionalidad tiene sentido, ya que, por un lado, los inventarios contienen información importante tanto para aplicar metodologías en la determinación de susceptibilidad o peligrosidad como para comprobar el grado de concordancia de los modelos de predicción con los inventarios de eventos reales; y por otro, siguiendo los principios generales, cabe esperar que los movimientos se produzcan en lugares donde se haya constatado su actividad en el pasado. Por lo tanto, diferentes grados de densidad o actividad de movimientos de ladera podrán ser usados como indicadores cualitativos o cuantitativos de la frecuencia esperada en diferentes zonas del terreno. Así, un tipo común utilizado es el de mapas de isopletas o densidad de movimientos de ladera (Guzzetti et al. (1999) y referencias dentro de este). Según los medios utilizados o resultado producido se pueden distinguir los siguientes:

- Basados en *inventarios por evento* u ocurrencia múltiple de movimientos de ladera en una extensión regional (MORLE) como consecuencia de un evento desencadenante (lluvia o terremoto), obtenidos por lo general mediante fotointerpretación de imágenes (Wieczorek 1984; Crozier 2005)
- Basados en *mapas de actividad* de movimientos de ladera, obtenidos a partir de la interpretación de imágenes multitemporales (Keefer 2002; Reid and Page 2003)
- Basados en inventarios colectados sobre *registros históricos* (Agostoni et al. 2000; Jaiswal and van Westen 2009)
- Basados en *mapas de densidad* de movimientos o *isopletas* (Valadão et al. 1999; Bulut et al. 2000; Coe et al. 2000)

2.4.2 Metodologías cualitativas basadas en el conocimiento

Este grupo de metodologías se caracteriza por el juicio o criterio del experto que lleva a cabo la evaluación, donde los datos se derivan de las visitas de campo, posiblemente con el apoyo de la interpretación de fotografías aéreas.

2.4.2.1 *Métodos heurísticos basados en el análisis geomorfológico de campo*

Mediante métodos empíricos, la susceptibilidad se interpreta directamente en el campo sobre la base de la experiencia, identificando las condiciones geomorfológicas y geológicas relacionadas con el fenómeno observado. Las desventajas de este análisis son la falta de reglas claras o comunes, así como la subjetividad en los datos colectados y en la aplicación de las reglas que rigen la estabilidad o peligrosidad. En cualquier caso, cuando se trata de la aplicación métodos geomorfológicos, y debido a las dificultades para obtener la información necesaria y desarrollar mapas de peligrosidad aceptables, los investigadores suelen aceptar los cuatro supuestos fundamentales que se refirieron en la sección 1.6 (Varnes 1984a; Hutchinson 1995; Aleotti and Chowdhury 1999). Este modo de generar la información sin otros procedimientos intermedios hace que sea el *único método directo*. Los mapas resultado constan de tres colores, junto con la leyenda de los factores que influyen en la estabilidad o índice de susceptibilidad (Carrara 1982; Aleotti and Chowdhury 1999; Corominas et al. 2014), y son adecuados para escalas regionales. Como ejemplos se pueden citar los de Stevenson (1977) o (Kienholz 1978).

2.4.2.2 *Síntesis basada sobre la superposición o combinación de mapas índice o mapas paramétricos ponderados*

Como en el caso de métodos heurísticos, este tipo de mapas cualitativos se realizan también mediante métodos empíricos, si bien son más objetivos que los anteriores. En este caso, el experto selecciona factores y asigna sus valores o clases a las unidades del mapa según su propia experiencia. Los factores son ponderados basándose en el conocimiento de la relación causa-efecto entre los factores causales y la ocurrencia de movimientos de ladera. Estos mapas se llevan a cabo mediante los siguientes pasos:

- a) La subdivisión de cada parámetro en un número de clases importantes
- b) La atribución de un valor ponderado a cada clase
- c) La atribución de los valores ponderados a cada uno de los parámetros
- d) Superposición cartográfica de los mapas ponderados
- e) Elaboración del mapa final que muestra las clases homogéneas de peligrosidad

En este método se conocen las normas aplicadas y se pueden automatizar las operaciones mencionadas anteriormente, pero los valores ponderados atribuidos no son tratados de la misma manera, por lo que el modelo sigue siendo difícil extrapolar y tampoco se puede considerar un enfoque objetivo.

2.4.2.3 *Modelos lógico - analíticos*

Estos modelos son técnicas recursivas que trabajan inicialmente con una relación provisional entre los factores de ponderación. Una vez que se valida el modelo tras la supervisión, se analiza el grado de concordancia entre la localización real de movimientos y la predicción espacial, y en función de la calidad observada respecto a los pesos seleccionados, se calibrarán los pesos, o se finaliza el modelo en el caso de encontrar un buen ajuste.

2.4.3 Metodologías cuantitativas

Para evitar la subjetividad sobre la influencia asociada a la ponderación de unos u otros factores se pueden adoptar enfoques estadísticos. Estos comparan la distribución espacial de los movimientos de ladera con los parámetros que se están estudiando, pudiendo extrapolar el modelo resultante a zonas actualmente libres de movimientos, pero donde puedan existir condiciones de inestabilidad en el futuro. En este caso, la subjetividad o la dificultad reside en el establecimiento de los procesos de rotura y de la identificación y evaluación de los distintos factores, pero el investigador puede validar la importancia de cada factor y decidir su entrada en el modelo de forma interactiva, haciendo uso de las herramientas informáticas que ofrecen los SIGs; lo cual constituye la mayor ventaja de este enfoque.

2.4.3.1 *Análisis estadísticos o modelos basados en datos*

Estos métodos parten de datos relacionados con la ocurrencia de movimientos del pasado, utilizados para obtener información sobre la contribución relativa de los mapas de factores y clases en la susceptibilidad (Corominas et al. 2014). Las tres variantes principales son el análisis bivariante, el análisis estadístico multivariante y aprendizaje activo basado en técnicas modernas heurísticas (Redes Neuronales Artificiales).

Carrara (1989) añadió el enfoque estadístico, en el que se utilizan técnicas estadísticas para evaluar la influencia de cada factor contributivo. Con el enorme potencial de las herramientas informáticas adquirido desde los inicios de la década de los 80 se comenzaron a aplicar técnicas complejas (estadísticas multivariantes); por lo que Hutchinson (1995) presentó una clasificación similar a la de los autores anteriores, pero en el que el enfoque estadístico aparece como una comparación directa entre diferentes mapas fundamentales (litología y la inclinación de la pendiente) y mapas de distribución de los movimientos de ladera. Estos análisis aplican a factores geoambientales relacionados con la ocurrencia de movimientos de ladera, obteniendo los mejores resultados en grandes áreas donde es difícil de relacionar los factores determinantes con la ocurrencia. Los modelos estadísticos multivariantes constituyen una vía más objetiva, cuantitativa y reproducible para determinar el patrón espacial de movimientos de ladera (Guzzetti 2002). Es importante la fase de conversión de valores nominales de los factores a valores numéricos, lo que permitirá la presentación de resultados de susceptibilidad como probabilidades, que a su vez podrán usarse en la posterior evaluación de peligrosidad.

A continuación se resumen los enfoques principales respecto a este tipo de metodologías.

2.4.3.1.1 Análisis estadístico bivariante

Este método consiste básicamente en comparar cada factor individual con el mapa de movimientos de ladera, y entonces, el valor de ponderación de las clases utilizadas para categorizar cada parámetro se determina sobre la base de la densidad de los movimientos de ladera correspondientes a cada clase individual. Los pasos para trabajar con esta metodología son las siguientes:

- a) seleccionar y cartografiar los parámetros significativos estableciendo sus clases

- b) cartografiar los movimientos de ladera (inventario)
- c) superponer el mapa de movimientos de ladera a cada mapa de parámetros
- d) determinar la densidad de los movimientos de ladera correspondiente a cada clase de los parámetros asignando sus ponderaciones
- e) asignar los valores de ponderación a los diversos mapas de parámetros
- f) superposición de mapas paramétricos y cálculo del valor final de susceptibilidad o peligrosidad.

En este caso no se toma en cuenta la interdependencia entre variables, sin embargo, los resultados pueden servir como guía al explorar el conjunto de datos y factores antes de utilizar métodos estadísticos multivariantes.

Existen diferentes variedades de este método, las más relevantes son el Peso de las Evidencias (Agterberg et al. 1989; Agterberg et al. 1993; Carranza 2004; Poli and Sterlacchini 2007; Fan et al. 2011), el método del Índice de Movimientos de Ladera (Van Westen 1993; 1994; Van Westen et al. 2003) y el Método de la Matriz (DeGraff and Romesburg 1980; Maharaj 1993; Cross 1998; Irigaray et al. 1999; Clerici et al. 2002; Irigaray et al. 2007). Este último aplicado en el área de estudio relacionado con este trabajo en investigaciones previas (Irigaray 1995; Jiménez-Perálvarez et al. 2009; Jiménez-Perálvarez 2012).

Cuando se incorporan datos sobre períodos de lluvias largos y/o intensos, activando o reactivando movimientos de ladera en consecuencia, un análisis frecuentista de datos históricos de precipitación permite obtener su periodo de retorno, lo que se puede traducir a su probabilidad temporal con el fin de evaluar el nivel de peligrosidad asignándolo a la zonificación de susceptibilidad.

2.4.3.1.2 Análisis estadístico multivariante

Los modelos estadísticos multivariantes evalúan la relación combinada entre una variable dependiente (ocurrencia de movimientos) y una serie de variables independientes (factores de control de movimientos). Los factores son muestreados ya sea sobre unidades de una cuadrícula o unidades morfométricas de la ladera. Entonces, para cada unidad muestreada se determina la presencia o ausencia de los movimientos de ladera. A continuación la matriz resultante se analiza, utilizando regresión múltiple, regresión logística, análisis discriminante, bosque aleatorio o aprendizaje activo. Los resultados se pueden expresar en términos de probabilidad.

Los pasos generales para aplicar el análisis estadístico multivariado son los siguientes:

- a) clasificación de la zona de estudio en unidades dimensionales según los rasgos del terreno como la geomorfometría
- b) identificación de los factores importantes y la creación de mapas de entrada, para lo cual los parámetros nominales (composición de la roca, cubierta vegetal...) se convierten en una representación numérica.
- c) construcción de un mapa de movimientos de ladera (inventario).

- d) determinación del porcentaje de áreas de movimientos de ladera afectadas en cada unidad de terreno y su clasificación en unidades estables e inestables.
- e) combinación de los mapas de parámetros con el mapa unidades del terreno en una matriz de ausencia/presencia, y ejecución de un análisis discriminante (Carrara 1983; Carrara et al. 1990; Baeza and Corominas 2001) o análisis múltiple regresivo (Bernknopf et al. 1988; Jade and Sarkar 1993; Wieczorek 1996).
- f) reclasificación de las unidades del terreno sobre la base de los resultados obtenidos.

2.4.3.2 *Redes neuronales artificiales*

Aleotti and Chowdhury (1999) añadió a las clasificaciones tradicionales la técnica de análisis mediante redes neuronales artificiales. Esta es independiente de los aspectos físicos del problema y, por lo tanto, su aplicación no requiere un conocimiento conceptual básico de estos.

Se sabe que existen diferentes métodos para tratar los modelos de evaluación de peligrosidad de los movimientos de ladera en función de su grado de explicación física (Carrara 1983), estos son:

- Modelos de caja blanca basados en análisis físicos
- Modelos de caja gris en parte basados en análisis físicos
- Modelos de caja negra que no se basan en análisis físicos

Entre estos últimos, el método de redes neuronales es un método heurístico utilizando en ciencias de la tierra (Lees B G 1996), que consiste en una primera parte o fase de entrenamiento, donde las variables seleccionadas transformadas en índices son las entradas a una primera capa de neuronas artificiales o unidades de procesamiento. Estas unidades están interconectadas a otras capas internas por las que la información pasa y se transforma hasta llegar a la última capa de salida en la que se muestran los resultados. Entre capa y capa se asignan diferentes pesos a los datos transmitidos de una unidad a otra, pero la manera en la que los pesos se cambian para cualquier entrada en una unidad es diferente para cada una de ellas, y varía dentro de un proceso iterativo que busca el mejor ajuste entre los resultados de salida (de la última capa de unidades elementales) y los resultados reales introducidos en el entrenamiento. Se trata de una simulación de la función del cerebro en la que se refuerzan determinadas partes (enlaces neuronales) en respuesta a ciertos conjuntos de señales "muestra o conjunto de aprendizaje", (similar a como actúa el sistema neuronal al percibir colores, sonidos, etc.) a través de diferentes configuraciones impuestas por el usuario. La señal de salida se entiende como una clasificación de los objetos cuyas señales (propiedades de forma, tamaño, pendiente, etc., en el caso de movimientos de ladera) se están registrando. Después de esta fase de aprendizaje los pesos y el modelo de red neuronal artificial quedan fijados y se pueden procesar los "conjuntos de parámetros de prueba", lo que permite recuperar los recuerdos o respuestas correspondientes (clase de susceptibilidad, peligrosidad, tipo de deslizamiento, etc. en estudios sobre movimientos de ladera).

2.4.3.3 Modelos geotécnicos determinísticos y probabilísticos o modelos basados en procesos físicos

2.4.3.3.1 Modelos determinísticos

El modelado determinístico se basa en leyes mecánicas referentes a la inestabilidad de laderas, implementando las propiedades físicas en los modelos matemáticos específicos dirigidos al cálculo del factor de seguridad (F). Estos son los modelos basados en la física más recomendados para los movimientos de ladera cuyo comportamiento es fácilmente predecible por leyes simples de mecánica, como por ejemplo, movimientos superficiales (menos de algunos metros de profundidad) en suelos residuales y caídas de roca. Se aplican normalmente a sitios específicos o laderas en términos ingenieriles (Guzzetti 2002), con la simplificación de los modelos (ej., usando el modelo de pendiente infinita). Para mejorar la precisión y la fiabilidad es necesario un conocimiento detallado de la zona de aplicación. Se utiliza para ambos tipos de laderas, homogéneas y no homogéneas, y el cálculo requiere datos geométricos, parámetros de resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción interna) e información sobre las presiones intersticiales. Además, se deben tomar decisiones sobre si se debe usar resistencia al corte pico, residual o intermedia para partes específicas de la superficie de movimiento. De esto se deduce que este método se aplica normalmente en áreas pequeñas a escala de detalle y es más independiente de un inventario completo, si bien requiere la medición u obtención de parámetros mediante ensayos de campo y laboratorio. Sólo se pueden aplicar a grandes áreas si las condiciones geomorfológicas y geológicas son bastante homogéneas y los tipos de movimientos son simples (Corominas et al. 2014). Aunque estos modelos no suelen considerar el aspecto temporal de los movimientos de ladera, debido a la naturaleza estática (en espacio y tiempo) de las variables, cuando se incorpora la variabilidad temporal de parámetros de factores caracterizados por su transitoriedad, como el nivel de agua subterránea debido a la lluvia y el efecto de la aceleración sísmica, se pueden reproducir diferentes escenarios mediante los llamados modelos dinámicos. Si los modelos se implementan en un SIG, las diferentes condiciones se pueden recrear cambiando esos valores en los píxeles con el tiempo. De este modo, estos modelos pueden adquirir una mayor capacidad de predicción y son los más adecuados para evaluar cuantitativamente las influencias de parámetros individuales que contribuyen a la iniciación de movimientos superficiales (Corominas et al. 2014). Sin embargo, la aplicación de estos modelos se suele ver obstaculizada por en su fase de parametrización, debido a las dificultades, como el acceso a la zona para obtener los parámetros críticos del terreno distribuidos en profundidad, o la simulación de procesos hidrológicos transitorios como flujos a través de macroporos y los cambios temporales en las propiedades hidráulicas. Por tanto, los principales inconvenientes de este método son el grado de simplificación involucrado y la necesidad de grandes cantidades de datos de entrada fiables.

Una vez que el factor de seguridad se estima para cada ladera o área individual, el mapa de peligrosidad se puede preparar por los siguientes métodos escalables:

- A. Mapa de susceptibilidad. Los resultados obtenidos a partir del análisis de estabilidad para diversas combinaciones de parámetros son cualitativamente

transformados en diferentes grados de susceptibilidad para llevar a cabo la zonificación utilizando un SIG.

- B. Mapa de susceptibilidad para diferentes escenarios. El mapa de susceptibilidad anterior puede modificarse para reflejar diferentes escenarios mediante la adición de algunas variables con respecto a los umbrales de los factores desencadenantes (ej., la profundidad piezométrica o un terremoto de magnitud dada).
- C. Mapa de peligrosidad. Esta última fase presenta un análisis probabilístico de los datos de entrada en relación con ambos, factores preparatorios (determinantes) y desencadenantes, con lo que el mapa de peligrosidad puede ser elaborado.

2.4.3.3.2 Modelos probabilísticos

El único factor de seguridad que resulta de un método determinista rara vez puede caracterizar toda la ladera de un material no uniforme, y esto hace necesario un estudio probabilístico donde los parámetros del suelo o de roca se convierten en variables aleatorias dadas por su distribución, obteniendo así la probabilidad de alcanzarse diferentes valores del factor de seguridad mediante las múltiples combinaciones que se derivarán de los parámetros del análisis. Esta alternativa tiene en cuenta la variabilidad de los parámetros de los materiales geotécnicos e hidrogeológicos (cohesión (c), el ángulo de fricción interna (f), resistencia al corte (Su) o presión del agua intersticial (U)), algunos de los cuales también puede variar en magnitud con tiempo. Sin embargo, otras incertidumbres sistemáticas surgen de las siguientes afirmaciones:

- Una masa de suelo sólo puede ser investigada en un número finito de puntos
- El número de pruebas de campo y laboratorio se ve limitada por las restricciones financieras y el tiempo.
- El equipo y los métodos de ensayo no son perfectas, y conllevan a errores en los resultados.
- Las incertidumbres asociadas con los mecanismos de rotura, su ocurrencia y su impacto.
- Las incertidumbres asociadas a los modelos geotécnicos.

El valor de umbral para el SF en el estado de equilibrio es 1, de modo que la probabilidad de rotura se define como (FP) = P [F < 1], mientras que la probabilidad de que la ladera se mantenga estable será: PS = 1 - FP. Por lo tanto, la probabilidad de rotura se expresa por la función de densidad de probabilidad caracterizada, al menos, por medio de dos parámetros estadísticos, la media o valor central de F y la desviación estándar, σ_F . La relación entre la desviación del valor medio de F desde su umbral (F = 1), y la dispersión de los valores de F (σ_F) se puede especificar por el índice de fiabilidad (β) (Ec. 2).

$$\text{Ec. 2 } \beta = \frac{F-1}{\sigma_F}$$

2.4.3.3 Aplicación de los modelos determinísticos y probabilísticos de susceptibilidad al análisis de peligrosidad de los movimientos de ladera

Cuando se realizan suficientes cálculos sobre varias áreas, ejecutados por un SIG, el F o FP se pueden asignar y extrapolar a zonas adyacentes de características similares. Posteriormente, esta información puede ser utilizada por sí sola, o combinada con otros factores o mapas de factores, para producir mapas de susceptibilidad y de peligrosidad. Si se combinan los resultados de F o FP con la frecuencia de movimientos de ladera obtenida de forma directa o indirecta, se puede determinar la peligrosidad cuantitativa o semi-cuantitativa, donde las probabilidades calculadas de rotura (FP) están condicionadas por las distribuciones probabilísticas de las características geotécnicas e hidrológicas (presiones de poros) del terreno. A menudo, esta frecuencia se relaciona con la recurrencia temporal de fenómenos particulares, como las tormentas relacionadas con el agua filtrada que provoca el aumento de la presión hidrostática hasta niveles críticos, favoreciendo la inestabilidad. Por lo tanto, es importante analizar la intensidad relativa, duración y frecuencia de las lluvias para asignar el aspecto temporal de los movimientos de ladera desencadenados por la lluvia.

Para estos tipos de modelos se requieren los valores más fiables de los parámetros de los materiales, aún más, cuando se lleva a cabo un análisis probabilístico, donde los datos deben ser más detallados y numerosos que en el caso de análisis determinista, con el fin de establecer sus distribuciones de probabilidad. También es importante identificar los mecanismos de rotura relacionados con el área de estudio para seleccionar sus modelos geotécnicos correspondientes, sin aplicar en todos los casos el mismo modelo, por ejemplo, el modelo de "pendiente infinita".

2.5 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS DE LADERA: DESCRIPTORES Y ACTIVIDADES

La zonificación de susceptibilidad incluye la clasificación, área o volumen (magnitud) y distribución espacial de movimientos. También puede incluir la descripción de la trayectoria recorrida (runout), velocidad e intensidad. Implica el desarrollo de un inventario de movimientos ocurridos en el pasado junto con una evaluación de áreas con potencial para experimentar movimientos en el futuro, pero sin evaluación de la frecuencia (probabilidad anual). Se aplica tanto a las laderas que pueden desestabilizarse como a las áreas dentro de las cuales pueden desplazarse los movimientos o desde las que pueden regresar (Fell et al. 2008).

La susceptibilidad es el paso previo en el desarrollo de mapas de peligrosidad, estos últimos como expresión de la probabilidad temporal de la ocurrencia de roturas condicionada por la probabilidad espacial. Si bien, durante el desarrollo de movimientos de ladera profundos, de mayor magnitud y duración, los factores determinantes y climáticos en su localización pueden cambiar con el paso del tiempo hasta inactivar a estos.

Para cada tipo de movimientos, la selección de descriptores o indicadores de su actividad depende del tipo de metodología elegida para el análisis de la susceptibilidad como se resume en la Tabla 2.

Susceptibilidad	Caída de rocas	Movimientos de ladera pequeños en la laderas naturales	Movimientos de ladera de gran tamaño en laderas naturales
(a) Descriptores cuantitativos de susceptibilidad			
Relativo	Valoraciones geomecánicas (SMR, SMR)	Puntuaciones de los factores de los factores contribuyentes obtenidos por técnicas de tratamiento de datos	
Absoluto	Factor de seguridad a partir de modelos de estabilidad	Factor de seguridad a partir de modelos de estabilidad	Factor de seguridad a partir de modelos de estabilidad
(b) Descriptores cualitativos de susceptibilidad			
Análisis geomorfológico de campo	Presencia o ausencia de factores de inestabilidad (grietas, juntas muy inclinadas)	# de movimientos de ladera por km ²	Presencia o ausencia de movimientos de ladera y su grado de preservación
	Densidad de escarpes sobre la pendiente rocosa	% área cubierta por depósitos de movimientos de ladera	Presencia o ausencia de indicadores de actividad
Mapa índice o mapa de parámetros	Superposición de mapas índice con o sin ponderación	Superposición de mapas índice con o sin ponderación	

Tabla 2 Ejemplos de descriptores de cartografía de susceptibilidad, tomado de [Fell et al. \(2008\)](#)

En el nivel básico de la evaluación de susceptibilidad la clasificación de movimientos de ladera se basan en el porcentaje o recuento de movimientos de ladera del total que afecta al área de estudio, y se correlaciona en forma alguna (mapas estadísticas o análisis de bases de datos) con los principales factores determinantes (la geología y de la pendiente), delimitando las áreas clasificadas e informando de sus resultados para asesorar a los usuarios finales. En esta etapa también se pueden añadir correlaciones con los factores desencadenantes. En un nivel intermedio se puede añadir el impacto de la clasificación del suelo y sus espesores, es decir, se utilizan técnicas de superposición de unidades de terreno más complejas, ponderadas, elaborando mapas índice cualitativos o cuantitativos. Por último, en el nivel más avanzado, se llevan a cabo análisis de estabilidad y probabilidad de rotura aplicados sobre datos mecánicos o hidromecánicos, así como la aplicación de técnicas estadísticas más recientes y de soft computing (análisis discriminante; lógica difusa, redes neuronales, etc.). Además de esta información, con la información necesaria es posible evaluar la distancia de recorrido en el nivel de detalle bajo, así como la velocidad de posibles movimientos de ladera en los niveles altos de evaluación, lo que permite incluir el análisis de susceptibilidad en áreas externas al área fuente, afectadas por la masa movilizada. Por lo general, la información necesaria para calcular la distancia y aproximar la velocidad en el nivel básico se extrae de la documentación histórica; de los datos geomorfológicos de depósitos de movimientos antiguos; y de la velocidad probable asociada a cada tipo de movimiento de ladera. En un nivel de evaluación superior se usan modelos empíricos basados en el tipo de suelo, distancia recorrida, etc. En las etapas más avanzadas se aplican modelos

cinemáticos o modelos numéricos geotécnicos para simular la trayectoria recorrida y velocidad (Fell et al. 2008).

2.6 EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA

La terminología usada en distintos países rara vez es uniforme, y los resultados de zonificación de movimientos rara vez son definidos de forma precisa; de modo que susceptibilidad, peligrosidad y riesgo se intercambian en los mapas de zonificación (Fell et al. 2008). Esto suele derivarse de la falta de datos requeridos para una zonificación cuantitativa apropiada de la peligrosidad, especialmente los atributos de tiempo, o cuantificación de los desplazamientos o sus velocidades; lo que lleva en muchos casos a utilizar mapas de susceptibilidad como modelos predictores del riesgo relativo. De este modo, el término peligrosidad (“*hazard*”) ha sido sustituto del de susceptibilidad en trabajos de la literatura como se explicaba en la sección 2.4, pudiéndose considerar entonces como una evaluación de la peligrosidad cualitativa.

La aplicación del término “*natural hazard*” a los movimientos de ladera es difícil, y de algún modo, en numerosos trabajos se ha empleado de forma inadecuada (Guzzetti et al. 1999). Normalmente, los inventarios de movimientos de ladera consisten en un catálogo de depósitos de estos movimientos acumulados dentro de un periodo de tiempo generalmente desconocido. Estos se diferencian de los modelos predictivos regionales que además proporcionan información sobre la inestabilidad potencial de laderas. Tampoco incorporan los requisitos para la evaluación de la peligrosidad, puesto que no contienen explícitamente la información de magnitud, tiempo, velocidad, energía cinética o momento. Los modelos predictivos realizados sobre laderas específicas tampoco proveen la peligrosidad correcta. Estos estiman cuándo y en qué extensión pueden tener lugar procesos de movimientos de ladera, sin embargo, esos resultados se obtienen de forma indirecta mediante análisis de datos obtenidos a través de investigaciones geotécnicas detalladas. Como mencionan Fell et al. (2008) en la reciente guía para la zonificación de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo, para producir una zonificación de la *peligrosidad* satisfactoria a un nivel intermedio de detalle es necesario evaluar la frecuencia de movimientos, si bien las curvas de magnitud-frecuencia (ver sección 2.6.3) sólo serán completadas, si es posible, a partir de los datos disponibles.

En el informe bien conocido de la Comisión de la IAEG sobre Movimientos de ladera y otros Movimientos en Masa de 1984 (Varnes 1984a), se propuso que la definición adoptada por la UNDRO para todas las catástrofes naturales se aplicaría también a los movimientos de ladera. Según esta definición, la peligrosidad respecto a los movimientos de ladera equivale a la *probabilidad de que se produzca en un plazo determinado de tiempo, y dentro de un área determinada, un fenómeno potencialmente dañino*. Esta descripción es ampliamente aceptada, a pesar de la existencia de otras definiciones, como por ejemplo la definición científico-física de (Scheidegger 1994), que trata la peligrosidad como la probabilidad de que una condición cambie abruptamente. Más tarde, Guzzetti et al. (1999) incorporó a la definición de peligrosidad los conceptos de magnitud del evento (es decir, el área o el volumen) como indicador de la “dimensión o intensidad del fenómeno natural que

condiciona su comportamiento y potencial destructivo”. Sin embargo, la magnitud no debe considerarse como un descriptor apropiado de la destructividad, y por tanto, de la peligrosidad; ya que no siempre se cumple la regla de que cuanto mayor es un movimiento, mayor es el potencial de daño causado (Corominas et al. 2014). Por ejemplo, un gran movimiento de reptación de cientos de millones de metros cúbicos a una velocidad de desplazamiento de unos pocos mm/año causaría sólo daños leves a edificios o infraestructuras, y una amenaza insignificante para la gente. En contraste, una caída de rocas de unos pocos cientos de metros cúbicos que viajan a decenas de m/s tiene la capacidad de causar un daño significativo a estructuras y la pérdida de vidas. De modo que *la destructividad se representa mejor por su intensidad* (Corominas et al. 2014). La expresión de la intensidad dependerá del tipo de movimiento de ladera, si bien, básicamente supone una combinación de la velocidad, momento o energía con el tamaño de un movimiento de ladera supuesto (ver sección 2.8.1). De esta manera, la definición de peligrosidad por movimientos de ladera incorpora los conceptos de ubicación (potencial esperado o grado de susceptibilidad para cada unidad de terreno), tiempo (cuándo, o con qué frecuencia) y la magnitud (cuán grande) o intensidad (qué energía, distancia recorrida o rapidez corresponden a cada proceso) (Cardinali et al. 2002). O como definió Corominas et al. (2014), el objetivo de la peligrosidad trata de determinar la *probabilidad espacial y temporal de ocurrencia de movimientos, junto con su modo de propagación, tamaño e intensidad*, teniendo en cuenta todos los posibles mecanismos de rotura, la reactivación de movimientos latentes, y la aceleración de los activos.

Más recientemente, dentro de las metodologías recomendadas para el análisis cuantitativo del riesgo (QRA), se incluyen aquellas dedicadas a la evaluación de probabilidades de ocurrencia de movimientos de diferente tipología, así como a la determinación de la distribución espacial de la intensidad (Corominas et al. 2014). Esta evaluación debe realizarse previamente al cálculo del QRA, y debe hacerse con referencia a un marco temporal para el cual se analiza la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de un evento de intensidad mayor que un valor mínimo establecido. Y para dirigir las actividades necesarias primero debe distinguirse el análisis de riesgo cuantitativo del cualitativo. Estos se diferencian principalmente por los datos de entrada, procesos y resultados finales. En análisis cualitativo da resultados en términos de índices, rangos relativos (bajo, moderado y alto) o clasificaciones numéricas; mientras que el cuantitativo cuantifica la probabilidad de que se dé un nivel de pérdida y sus incertidumbres asociadas (Corominas et al. 2014). El análisis cuantitativo del riesgo no es necesariamente más objetivo que las estimaciones cualitativas, como por ejemplo, la probabilidad estimada bajo el juicio personal. Sin embargo, facilita la comunicación entre los profesionales de las geociencias, propietarios de terrenos y responsables de la toma de decisiones.

En Corominas et al. (2014) se puede encontrar la expresión completa del riesgo para un escenario específico:

$$\text{Ec. 3} \quad R = P(M_i)P(X_j|M_i)P(T|X_j)V_{ij}C$$

donde:

- R es el riesgo debido a la ocurrencia de un movimiento de ladera de magnitud M_i sobre un elemento en riesgo localizado a una distancia X desde el área fuente en la que se genera el movimiento.
- $P(M_i)$ es la probabilidad de ocurrencia de un movimiento de ladera de magnitud M_i
- $P(X_j|M_i)$ es la probabilidad de que un movimiento de ladera alcance el punto localizado a la distancia X desde el área fuente en la que se genera el movimiento con intensidad j .
- $P(T|X_j)$ es la probabilidad de que el elemento esté en el punto localizado a la distancia X desde el área fuente al momento de ocurrir el movimiento de ladera.
- V_{ij} es la vulnerabilidad del elemento ante el movimiento de ladera con magnitud i e intensidad j .
- C es el valor del elemento en riesgo.

En la Ec. 3 aparecen 3 componentes básicos: la peligrosidad, la exposición de los elementos al riesgo y su vulnerabilidad, caracterizados por atributos espaciales y no espaciales. La peligrosidad se caracteriza por la *probabilidad de ocurrencia espacio-temporal e intensidad*. La intensidad expresa la severidad asociada a la peligrosidad. Probablemente *la parte más crítica es la determinación de la probabilidad temporal* de los movimientos, debido a la carencia de datos que en muchas regiones impide el desarrollo de la determinación cuantitativa de la probabilidad (ver sección 2.6.6). A pesar de esta limitación, las decisiones de gestión de riesgo se suelen tomar considerando la distribución espacial de movimientos existentes o potenciales. Esto es, realizando el análisis sobre factores de predisposición o análisis de susceptibilidad. La peligrosidad comprende un paso más avanzado que depende fuertemente de la disponibilidad de los inventarios de movimientos de ladera basados en eventos, los cuales pueden ser inventarios de movimientos causados por el mismo evento desencadenante o MORLE. A diferencia de la susceptibilidad, esta trata de unir las distribuciones de movimientos a la probabilidad temporal del evento desencadenante mediante un análisis de frecuencia de la magnitud (ver secciones 2.6.3.6 y 2.6.4.2) (Corominas et al. 2014).

De lo anterior se deriva la importancia de examinar el concepto de la peligrosidad y diferenciarlo de la susceptibilidad, ya que este incluye características sobre los movimientos de ladera que la evaluación de susceptibilidad no necesariamente debe contemplar. En el caso de la susceptibilidad, como se ha descrito en secciones anteriores, la información buscada es la distribución espacial esperada o probabilidad de recurrencia espacial. En cambio, la peligrosidad debe informar de la probabilidad de ocurrencia para diferentes tamaños de movimientos de ladera dentro de un área geográfica y dentro de un tiempo determinados (Carrara et al. 1999; Guzzetti et al. 1999; Corominas et al. 2014), refiriéndose por tamaño a alguna dimensión (área o volumen) de los mismos; o mejor, refiriendo la evaluación a la intensidad de los movimientos como medida del potencial destructivo. Por lo tanto, la principal diferencia radica en la necesidad de atribuir tanto el atributo espacial como el temporal al análisis de peligrosidad, donde la susceptibilidad se evalúa en un paso previo para informar sobre el primer atributo. Esto implica que para realizar completamente un análisis de peligrosidad se deba incluir de algún modo la información o el carácter temporal. Esta

diferenciación también rige el tipo de datos necesarios para estudiar los factores implicados en cada caso. Como propuso [Siddle et al. \(1991\)](#), existen dos clases de factores, los factores intrínsecos o preparatorios y los extrínsecos. Los primeros, generalmente, están relacionados con los rasgos del terreno y se espera que cambien sólo dentro de la escala de tiempo geomorfológica; estos son los que se identifican para llevar a cabo la evaluación y/o zonificación de la susceptibilidad, aunque también influyen en la peligrosidad a largo plazo. Los segundos se constituyen por los factores desencadenantes reales que pueden cambiar sobre escalas de tiempo históricas con mayor posibilidad, y son de gran importancia, puesto que se asocian a la iniciación de nuevos movimientos del terreno, y también a reactivaciones de movimientos antiguos. En muchos casos la dificultad de disponer de los requisitos necesarios para abordar la peligrosidad hace que los análisis de riesgo terminen con un análisis de susceptibilidad, la cual dada como valores cuantitativos puede ser traducida a valores de probabilidad temporal; asumiendo que las partes del terreno más susceptibles a los movimientos de ladera también se verán afectados con mayor frecuencia en el tiempo.

Una vez que la distribución espacial de la componente temporal se ha preparado mediante alguno de los métodos existentes para ello (ver sección 2.6.2), esta se introduce en los modelos de peligrosidad de los movimientos de ladera. La práctica ideal sería la incorporación de catálogos históricos de dichos movimientos ([Agostoni et al. 2000](#)), o en caso contrario, la integración de la información procedente de diferentes técnicas y fuentes, como la fotointerpretación, estudios de campo, estudios bibliográficos e históricos, y la información espacial o la cartografía ([Guzzetti 2000](#); [Guzzetti et al. 2005](#)).

Por otro lado, es importante establecer las relaciones causa-efecto, las cuales se identifican fácilmente cuando se dispone de datos de la fecha de ambos, movimientos de ladera y sus factores desencadenantes. Por ejemplo, en los movimientos inducidos por lluvia, el análisis estadístico de los datos de lluvia permitiría definir el umbral de activación (por lo general en términos de la intensidad y la duración de la precipitación), así como el intervalo de recurrencia estimado de esos eventos críticos de lluvia, a veces expresado como una función de características locales (espesor de las capas superficiales, la permeabilidad del suelo, etc.) ([Caine 1980a](#); [Wilson and Wieczorek 1995](#); [Polloni et al. 1996](#); [Crosta 1998](#)).

Sin embargo, debido a las dificultades existentes (ver sección 2.6.6), los ejemplos de mapas de peligrosidad son extremadamente raros en la literatura, y el procedimiento de evaluación completa de la peligrosidad por medio de los cinco pasos propuestos por [Einstein \(1988\)](#) se ve limitado en la práctica de su aplicación ([Ibsen and Brunsten 1996](#); [Aleotti and Chowdhury 1999](#); [Guzzetti et al. 1999](#)). En el caso singular de los movimientos de ladera, este fenómeno afecta a un área geográfica determinada de una manera que difiere de la de otros fenómenos que causan riesgos naturales. Esto se debe a que por lo general afecta a "puntos" localizados controlados por la intensidad, la duración y extensión espacial del mecanismo de activación, así como por las características morfológicas locales, litológicas, hidrológicas, estructurales y de uso del suelo (factores determinantes). A esto se añade el hecho de que algunos de estos factores condicionantes pueden variar con el tiempo. Por otra parte, el enfoque de investigación depende de la posibilidad de que algunos tipos de movimientos puedan convertirse repentinamente en otros durante su historia de desarrollo ([Guzzetti](#)

2002); por ejemplo, cuando un deslizamiento se transforma en un flujo de derrubios. A esto se añade la dificultad de predecir la magnitud de la masa movilizada esperada o la energía y propiedades cinemáticas.

A la hora de preparar los modelos de peligrosidad de movimientos de ladera y los mapas de grandes áreas (es decir, provincias enteras o regiones), se recomienda usar métodos consistentes, científicamente basados y reproducibles. Además, la selección de las técnicas de modelado se debe hacer en función del tipo de movimientos de ladera que se investiguen y la disponibilidad de información temática relevante, y no por el SIG, o el software estadístico o de modelado disponible. Por otra parte, independientemente de los métodos de zonificación y la escala adoptada, se recomiendan en gran medida el uso de descriptores comunes para diferenciar la magnitud del movimiento de ladera y la intensidad, así como para cuantificar la susceptibilidad, peligrosidad y riesgo para permitir comparaciones entre diferentes contextos geoambientales (Fell et al. 2008; Corominas et al. 2014). En la sección 2.5 se tratan los descriptores utilizados en la evaluación de la susceptibilidad, mientras que la sección 2.6.3 trata los descriptores para el cálculo de frecuencias necesarias en la evaluación de la peligrosidad.

2.6.1 Datos para la evaluación de la peligrosidad

Para abordar la peligrosidad o la gestión relacionada con el riesgo, la tarea principal es la colección de datos a procesar. Estos deben permitir evaluar la evolución en el tiempo, junto con las consecuencias o impactos (Aleotti and Chowdhury 1999). Igualmente, debe proporcionar mapas de la geología, hidrogeología y geomorfología, así como informes o estudios de campo. Para evaluar el aspecto temporal de los factores desencadenantes debe consultarse la información histórica disponible sobre movimientos de ladera, los registros de precipitación y la sismicidad histórica. El objetivo de esta información es la de identificar las causas de inestabilidad y posible generación de movimientos de ladera. En efecto, mediante la determinación de los factores que han provocado movimientos en el pasado, será más posible predecir dónde y cuándo podrían ocurrir futuros eventos. Además, la información del mapa de peligrosidad deberá proporcionar el tipo, volumen, velocidad y la distancia recorrida hacia o desde el área fuente (retroceso) de los movimientos de masas predichos en una determinada zona, y dentro de un periodo de tiempo (Hartlen and Viberg 1988). Esto es debido a que, como es conocido, no todos los procesos o mecanismos de los movimientos de ladera se desarrollan de igual modo, sino con unas características particulares.

Los datos podrán adquirirse de fuentes directas, o a partir de estudios más profundos que permitan ampliar el número de eventos catalogados y su datación. En el primer caso, las fuentes de datos suelen ser escasas; por el contrario, en el segundo, los requisitos específicos de cada técnica, así como la experiencia necesaria o cooperación multidisciplinar pueden suponer limitaciones u obstáculos difíciles de superar a la hora aplicarlas. Una revisión sobre las metodologías directas o indirectas, así como de trabajos relacionados se encuentran en Corominas and Moya (2008) y se resumen a continuación.

2.6.1.1 Fuentes directas - inventarios

La generación de mapas de inventario de movimientos de laderas y de bases de datos es un trabajo tedioso, ya que los movimientos ocurren individualmente y tienen que ser identificados y recogidos uno a uno (Van Westen et al. 2006), si bien constituye la parte más importante a la hora de obtener la información necesaria en la evaluación de las componentes del riesgo (ver sección 2.3). Por ello se usan fuentes directas como informes técnicos, redes de vigilancia, periódicos, archivos históricos, incluso datos derivados de las técnicas de teledetección. No obstante, estas fuentes continene mayormente datos sobre taludes y rellenos artificiales (Fell et al. 1996), limitando el estudio sobre los movimientos de ladera naturales. Estos registros suelen cubrir menos de 100 años (Hungry et al. 1999; Guzzetti et al. 2003), pudiendo existir la censura de datos por diferentes motivos como se recoge en la sección 2.6.6. El más común tiene que ver con la desaparición de rasgos claves de movimientos de ladera en poco tiempo, como consecuencia de la remoción de depósitos durante trabajos de rescate y remediación, o por la propia erosión hídrica. Por eso, los inventarios preparados poco después de la ocurrencia de un evento común desencadenante o MORLE, son de particular valor (ver sección 2.4.1).

Las fotografías aéreas verticales y, más recientemente, las imágenes de satélite, han sido empleadas habitualmente para realizar inventarios de movimientos y para la cartografía de nuevas roturas. Sin embargo, es importante distinguir en este punto dos tipos de inventarios:

- a) Inventarios a partir de movimientos de ladera reconocibles en *una sólo fotografía o imagen*. De esta manera, el conjunto de datos que se obtiene comprende un registro acumulativo de la ocurrencia de movimientos durante un *período indefinido* de tiempo antes de que las fotografías o imágenes fueran tomadas, incluyendo todo tipo movimientos, con edades desde muy antiguo (cientos de miles de años) hasta muy reciente. Estos inventarios, en principio son aplicables al cálculo de la *frecuencia espacial*, así como a la evaluación de la *susceptibilidad* a la generación de movimientos de ladera. No obstante, es posible traducir estos resultados a un mapa de *peligrosidad cualitativa*, teniendo en cuenta que los movimientos se darán con más frecuencia en zonas donde se detectó mayor actividad. También hay que tener en cuenta que, por un lado, los movimientos más pequeños se podrán detectar o no en función de la resolución de las imágenes o fotografías; al no ser que se lleve a cabo que el trabajo paralelo de campo. Por otro lado, el intervalo de tiempo necesario no es el mismo para que se repitan distintos tipos y tamaños de movimientos de ladera.
- b) Inventarios derivavados a partir de *fotografías o imágenes aéreas sucesivas*. Estas secuencias son particularmente adecuadas para el inventario asociado a eventos desencadenantes específicos (ej., lluvias o terremotos). Las secuencias de fotografías aéreas *acotan la edad* de los movimientos. Así, *la frecuencia de eventos de movimientos de aldera para cada par de fotografías (o imágenes) consecutivas se deriva del cociente del total de movimientos nuevos detectados en la fotografía (o imagen) más moderna dividido por el lapso de tiempo que las separa*. Este método proporciona estimaciones válidas

de la *frecuencia promedio de corto plazo*. A estos se pueden sumar las herramientas avanzadas de teledetección, por ejemplo, las que se basan en SAR y LiDAR, ya sean en sus variantes terrestre o aerotransportada.

2.6.1.2 *Fuentes indirectas - reconstrucción temporal de secuencias de movimientos de ladera*

Para obtener la frecuencia de recurrencia de algunos tipos de movimientos, como los deslizamientos profundos, así como en general de todos los tipos a largo plazo, es necesario ampliar la información temporal sobre la actividad de estos. Esto supone el empleo de técnicas retrospectivas de datación de uno o más movimientos ocurridos en el pasado; es decir, de los periodos o fechas más probables de la iniciación o reactivación de un movimiento, de un conjunto de ellos desencadenados a escala local o regional, o de una combinación de los anteriores.

Las características, limitaciones y ventajas de los diferentes métodos de datación son listadas y descritas en [Corominas and Moya \(2008\)](#). Algunos de ellos como la liquenometría o estudio de perfiles de estratos de sedimentación sólo proporcionan edades relativas; mientras que otros como la dendrocronología, la cronología de los depósitos laminados dentro del agua embalsada (varves), la datación isotópica o radiogénica dan valores numéricos de la edad. En el caso de dendrocronología y datación de varves se puede obtener una resolución anual, mientras que en la mayoría de las técnicas cuantitativas se obtienen valores del orden de miles de años, con errores desde 0.5% al 20%. La principal limitación de estas técnicas reside en la localización de sitios con materiales aptos para la datación, como escarpes, exposiciones rocosas o acumulaciones seriadas de sedimentos aluviales. Dentro de estos, los elementos como troncos, minerales adecuados o restos orgánicos pueden ser utilizados para su datación cuando se encuentran en posiciones intercaladas entre capas de sedimentos erráticas; entre el sedimento depositado por movimientos de ladera y el nuevo suelo generado a posteriori, o en árboles arraigados sobre el terreno afectado que sufren modificaciones en sus anillos de crecimiento o son dañados por el golpeo de rocas desplazadas desde su área fuente.

Las primeras roturas en laderas son relacionadas comúnmente con depósitos formados por rocas caídas que pueden datarse con liquenometría; así como depósitos de flujos de derrubios o de lodo que se superponen al pie de la ladera y pueden datarse de forma relativa identificando las diferentes capas de derrubios, y más tarde, si se encuentran materiales adecuados entre o dentro de estas unidades, puede calibrarse su edad absoluta. También pueden localizarse depósitos lacustres raros o pertenecientes a eventos irregulares como flujos de derrubios conteniendo mayores tamaños de grano. Estos pueden datarse a través de la datación de las capas laminadas en las que se hayan englobados.

En el caso de episodios de reactivación la dendrocronología se presenta como una técnica adecuada en movimientos típicos como deslizamientos rotacionales, deslizamientos de lodo o flujos de tierra (diacrónicos). En el caso de movimientos que provocan una menor rotación o se desplazan de forma continuada desde su inicio, como mucho se puede obtener una edad mínima de iniciación, ya que no es posible discriminar otros eventos a partir de la interpretación de la reacción en la madera.

Por último, el periodo de retorno de la magnitud de una variable relacionada con lluvias o terremotos críticos, capaces de desencadenar movimientos de ladera a escala regional, se usa comúnmente para asignar la frecuencia de ocurrencia de múltiples movimientos, como se expone en la sección 2.6.3.6 o la sección 2.6.4.2.

2.6.2 Métodos de evaluación de la probabilidad de ocurrencia de movimientos de ladera

Entre las revisiones existentes en la literatura (Mostyn and Fell 1997; Baynes and Lee 1998; Aleotti and Chowdhury 1999; Picarelli et al. 2005) se encuentran diversos métodos para determinar la peligrosidad, de los cuales no todos son viables o de fácil aplicación (Corominas and Moya 2008) como podrá verse a continuación.

Los métodos se agrupan en dos clases independientes, algunas metodologías se basan en el análisis de la inestabilidad potencial de movimientos existentes y laderas, mientras que otros enfoques se centran en el tratamiento estadístico de eventos del pasado. En los últimos no se incorporan las causas de la inestabilidad, si no que se realiza un análisis de la frecuencia de movimientos del pasado, considerando a estos como sucesos repetitivos en el tiempo (Corominas and Moya 2008). Como se distingue en la revisión de Corominas and Moya (2008), tradicionalmente, la probabilidad de ocurrencia se plantea desde dos puntos de vista diferentes:

1. El primero, y más utilizado, es aquel en el que la ocurrencia de movimientos se calcula como la *probabilidad de rotura de una ladera*, o reactivación de movimientos ya existentes (Corominas and Moya 2008). Este se aborda aplicando los principios y metodologías de los análisis de estabilidad y susceptibilidad, que podrá arrojar resultados verdaderos de peligrosidad si el estudio se lleva a cabo teniendo en cuenta diferentes escenarios que podrían darse al variar datos de entrada en los modelos utilizados sobre propiedades físicas no estáticas (ej. parámetros hidrológicos, sísmicos o modificaciones antrópicas en la topografía) (ver sección 2.4.3.3).
2. El segundo enfoque es aquel que se basa en el estudio de la *probabilidad temporal de ocurrencia* (o frecuencia observada), dentro del cual se encuentran dos variantes principales:
 - a) A partir de la *frecuencia obtenida de registros de eventos de movimientos de ladera ocurridos en el pasado*, en cuyo caso raramente están disponibles esos datos. Este método proporciona directamente la información espacial, por lo que *no requiere la evaluación de la susceptibilidad* para ser implementado en una zonificación (ver la sección 2.6.2.2.1 sobre métodos empíricos de cálculo, y 2.6.3.1 sobre frecuencia absoluta).
 - b) A partir de la *frecuencia de la recurrencia de eventos desencadenantes de movimientos de ladera* en una extensión regional. Este no requiere la existencia de una base de datos sobre eventos de movimientos de ladera, sin embargo, no proporciona la información espacial necesaria para determinar la distribución espacial, por lo que es necesario realizar el paso previo de la *evaluación y/o zonificación de la susceptibilidad* (ver la sección

2.6.2.2.2 sobre métodos indirectos de cálculo, y la sección 2.6.3.2 sobre frecuencia relativa).

Estas dos categorías genéricas y sus variantes se describen en los apartados siguientes, con sus ventajas y limitaciones.

2.6.2.1 *Análisis del potencial para la rotura de la ladera*

Esta categoría incluye los métodos que tratan de determinar la probabilidad de rotura de las laderas de uno u otro modo, con la ventaja de poderse integrar en un SIG. A continuación se describen brevemente los métodos usados tradicionalmente, recientemente recopilados y descritos en [Corominas and Moya \(2008\)](#).

2.6.2.1.1 Métodos racionales de enfoque geomecánico. Análisis de la estabilidad de la ladera y modelos numéricos

Los modelos hidrológicos pueden acoplarse con los modelos de estabilidad de laderas donde los principales parámetros a tener en cuenta son el ángulo de la pendiente, el espesor de capas superficiales del suelo (profundidad de la superficie de rotura), y la resistencia del suelo. Los modelos deterministas utilizados en análisis regionales pueden evaluar la estabilidad absoluta o relativa de las laderas. Como se trataba en la sección 2.4.3.3.3, estos parten de los modelos geotécnicos de susceptibilidad, a los que se dota de condiciones dinámicas, por ejemplo, de variaciones del nivel de agua subterránea, que llevan a la rotura de una ladera por primera vez. De este modo, la probabilidad de ocurrencia, o aparición de dichas condiciones, es obtenida a partir de la probabilidad de excedencia anual de dicho factor activador. Estos modelos implementados en un GIS pueden calcular el factor de seguridad para cada unidad espacial en cualquier momento durante tormentas ([Baum et al. 2005](#)) con diferente probabilidad de ocurrencia. Para terremotos, la aceleración máxima de la onda sísmica puede determinarse para diferentes periodos de retorno, y este se asocia al cálculo de la estabilidad mediante un análisis pseudoestático. La mayoría de estos métodos se basan en el análisis de la estabilidad de pendiente infinita, simplificando parámetros como por ejemplo, tomando tasas de infiltración o permeabilidad constante, ignorando los efectos no lineales de la saturación parcial sobre la infiltración, la heterogeneidad de la ladera; o no teniendo en cuenta los efectos tridimensionales, entre otros ([Picarelli et al. 2005](#)). Una restricción adicional es la gran cantidad de datos de entrada que es necesaria para ejecutar los modelos cuando se desea incluir la aleatoriedad de estos parámetros, como es el caso que se plantea en el siguiente apartado, y como se mencionó en la sección 2.4.3.3.3.

2.6.2.1.2 Probabilidad formal y análisis de fiabilidad

Varios métodos han desarrollado para estimar esta probabilidad de rotura o de obtener un factor de seguridad menor que la unidad, como las Simulaciones de Monte Carlo ([Wu et al. 1996](#)). Estos métodos tienen en cuenta la incertidumbre de los parámetros de entrada, si bien requieren un alto rendimiento computacional para realizar los cálculos. Cuando se amplía la escala (por ejemplo, regional), también se usan supuestos para simplificar los mecanismos de rotura (por ejemplo, una pendiente infinita) y las condiciones hidrológicas. Estos tipos de enfoques suelen reflejar la incertidumbre en la determinación de los parámetros necesarios de entrada para

investigar las condiciones de estabilidad de una pendiente, pero *no incluyen la aleatoriedad, en el tiempo, de la frecuencia de ocurrencia* (Romeo et al. 2006). No obstante, como se ha mencionado en el apartado anterior, se pueden analizar diferentes escenarios de cambio en dichos parámetros.

2.6.2.1.3 Métodos heurísticos de enfoque crítico. Métodos de árboles lógicos

El análisis del árbol de eventos es una representación gráfica de todos los eventos que pueden ocurrir en un sistema. Mediante el uso de un modelo lógico, identifica y cuantifica la probabilidad de los posibles resultados tras un evento desencadenante. La probabilidad al seguir una ramificación que termina en un resultado particular, como la rotura de la ladera, se calcula como el producto de las probabilidades respectivas de cada nodo de ramificación (Lee et al. 2000; Wong 2002). El enfoque de árbol de sucesos generalmente requiere algún juicio de experto.

2.6.2.2 Análisis de probabilidad basado en la frecuencia de movimientos de ladera

Este enfoque consiste en la determinación de la frecuencia de eventos de movimientos de ladera del pasado (Brabb 1984), obteniendo la probabilidad de ocurrencia anual, de un modo similar al que se usa en análisis hidrológicos. Los movimientos de ladera se consideran como eventos que ocurren de forma aleatoria e independientemente, aunque estas asunciones no se mantienen completamente en este caso, particularmente el de independencia, debido a la dinámica de las condiciones externas (ej., cambios climáticos). Sin embargo, se aceptan como un primer enfoque y con frecuencia, este tipo de análisis será el único método factible para estimar la probabilidad de movimientos (Corominas and Moya 2008; Corominas et al. 2014). El análisis de los eventos de movimientos de ladera del pasado se puede realizar directamente utilizando los registros de los movimientos identificados en el área de estudio o, alternativamente, puede realizarse indirectamente mediante el uso de la información relativa a la recurrencia de los eventos desencadenantes.

2.6.2.2.1 Métodos empíricos. Análisis de la probabilidad de series de eventos de movimientos de ladera

En este caso se usa la distribución binomial para intervalos discretos haciendo observaciones (de eventos de movimientos de ladera) por intervalos (normalmente anuales), con lo que se calcula la probabilidad anual de que se dé un movimiento de una magnitud dada. En el caso de estudios que usan la variable de tiempo continua se usa la distribución de Poisson, determinando la probabilidad de que se den uno o más movimientos de ladera en un tiempo t . La distribución de Poisson surge como un caso límite de la distribución binomial cuando los incrementos de tiempo son muy pequeños (tienden a 0), y es la razón por la que se dice que es una distribución continua en el tiempo. Esa probabilidad dependerá estrechamente de la magnitud del movimiento. Finalmente, a partir del cálculo de probabilidad, debería establecerse la relación magnitud-frecuencia para llevar a cabo una evaluación de peligrosidad cuantitativa (ver sección 2.6.4.1). Se ha de tener en cuenta, que una misma ubicación puede verse afectada por la llegada de diferentes tipos de movimientos, provenientes de diferentes áreas fuentes, resultando en un aumento de la probabilidad de ocurrencia, que se calcula como la frecuencia combinada de dichos efectos.

2.6.2.2.2 Métodos indirectos. Correlación con desencadenantes

Los factores desencadenantes hacen cambiar el estado de tensiones de las laderas en un lapso de tiempo muy corto, actuando con diferente intensidad. Por tanto, si estos factores pueden correlacionarse con los movimientos de ladera de algún modo, la *frecuencia de la ocurrencia de esos cambios puede ser asignada a la ocurrencia paralela de movimientos* de ladera en una región. Los desencadenantes más comunes son la lluvia y los terremotos. Muchos investigadores han analizado la relación entre la ocurrencia de movimientos y las precipitaciones de tormenta o la magnitud de los eventos sísmicos (Endo 1969; Caine 1980b; Canuti et al. 1985; Wilson and Wieczorek 1995; Hicks 1996; Terlien 1996; Crosta 1998; Glade 1998; Lamas et al. 1998a; Corominas and Moya 1999; Polemio and Sdao 1999; Glade et al. 2000; Irigaray et al. 2000; Lin and Jeng 2000; Dai and Lee 2001; Downes et al. 2001; Borga et al. 2002; Keefer 2002; Carro et al. 2003; Crosta and Frattini 2003; Chen and Lee 2003; Reid and Page 2003; Alcantara-Ayala 2004; Aleotti 2004; Collins et al. 2004; Malamud and Turcotte 2006; Guzzetti et al. 2007; Hong et al. 2007b; Wang et al. 2007; Dahal et al. 2008; Guzzetti et al. 2008; Salciarini et al. 2008; Jaiswal and van Westen 2009; Petrucci and Pasqua 2009; Segoni et al. 2009; Baum and Godt 2010; Capparelli and Tiranti 2010; Chigira et al. 2010; Hromadka and Phillips 2010; Liao et al. 2010; Okimura et al. 2010; Cascini et al. 2011; Jibson 2011; Li et al. 2011; Liao et al. 2011; Melchiorre and Frattini 2012; Ma et al. 2014; Vennari et al. 2014). El objetivo consiste en determinar los valores críticos de los factores desencadenantes que pueden explicar la inestabilidad. Una vez que la precipitación crítica o la magnitud de un terremoto se han determinado, *el período de retorno de los movimientos se supone que corresponde al del desencadenante crítico*. En la mayoría de los casos, es más común evaluar la frecuencia de eventos de lluvia o terremotos que desencadenan múltiples movimientos (MORLE) que la de umbrales definidos a partir de la monitorización en sitios específicos. Estos tipos de relaciones dan una estimación de la frecuencia de movimientos que pueden ocurrir en el área de estudio; aunque, en principio, *no proporcionan la información espacial*, como el lugar donde pueden ocurrir o con qué dimensiones (tamaño). No obstante, los resultados se podrán expresar mediante una frecuencia relativa (es decir, el número de movimientos/km²/año), utilizada en análisis regionales cuando el tamaño de los movimientos de ladera es homogéneo (Reid and Page 2003). Un umbral conocido de precipitaciones fue propuesto por Caine (1980a) a nivel mundial, para lo cual recogió un conjunto de datos en todo el mundo sobre la relación intensidad – duración de las lluvias que desencadenaron flujos de derrubios y movimientos superficiales. Este umbral es aplicable para periodos de lluvia de entre 10 min a 10 días, mostrando una correlación negativa entre la duración e intensidad necesarias para desencadenar movimientos.

Una de las principales limitaciones de estos umbrales viene dada por el hecho de que ciertas expresiones no suelen tener validez universal. Incluso en la misma región, la heterogeneidad del terreno puede hacer que el establecimiento de un umbral fiable sea difícil. En diferentes ubicaciones de la misma región el umbral puede ser superado sin producir movimientos de ladera. Este hecho indica que cada vertiente tiene su propio umbral que depende de su susceptibilidad a movimientos de ladera. Como umbrales alternativos, el mínimo y máximo pueden ser propuestos (Crozier 2005). El *umbral mínimo* corresponde al valor de precipitación por debajo del cual no se producen movimientos. Por el contrario, el *umbral máximo* se corresponde con el valor

de precipitación por encima del cual siempre hay alguna respuesta de movimientos. La respuesta a la lluvia depende también del mecanismo de movimiento (Corominas 2000).

Como se introdujo en la sección 1.5.2, los *movimientos superficiales y profundos pueden responder a diferentes condiciones climáticas*. Las lluvias de alta intensidad y de corta duración a menudo desencadenan movimientos y flujos de derrubios superficiales. Esto ocurre en las laderas cubiertas de materiales permeables en el que la acumulación y la disipación de presiones de poro positivas es muy rápida (Johnson and Sitar 1990). Las tormentas de lluvia con intensidad baja a moderada que duran semanas pueden desencadenar flujos de derrubios en suelos de baja permeabilidad, o reactivar deslizamientos rotacionales y traslacionales. En este caso, la precipitación antecedente juega un papel importante porque reduce la succión del suelo y aumenta las presiones positivas del agua de los poros. Las lluvias también están reportadas como desencadenantes de caídas de rocas. Sin embargo, un alto porcentaje de caídas tienen un desencadenante no reconocido. En consecuencia, para cada tipo de movimiento tienen que ser definidos umbrales de precipitaciones específicos. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que pueden coexistir diversos desencadenantes (fusión de la nieve, sobreexcitación del río, etc.), en cuyo caso el período de retorno obtenido será sólo una estimación mínima de la frecuencia de movimientos.

2.6.3 Descriptores de frecuencia de movimientos de ladera

Para abordar el problema de la evaluación de la probabilidad temporal de la ocurrencia de movimientos de ladera es común la utilización de términos básicos como frecuencia, período de retorno o excedencia. La frecuencia representa el número de eventos en un intervalo de tiempo determinado (ej., frecuencia anual), y puede ser convenientemente evaluada desde datos empíricos (Corominas et al. 2014). El período de retorno se calcula simplemente como la inversa de la probabilidad anual, y se refiere al intervalo de tiempo promedio en el que se espera que ocurra un evento de una cierta magnitud. Por su parte, la excedencia puede considerarse como la probabilidad de que uno o más eventos ocurran en un período determinado, independientemente de la magnitud de los eventos (Crovelli 2000). Si la magnitud de los eventos se tiene en cuenta, la probabilidad de excedencia se referirá a la del evento con una magnitud igual o mayor que un cierto valor. La probabilidad de excedencia se usa preferiblemente como una medida de la ocurrencia temporal de movimientos en un análisis probabilístico cuantitativo, y se puede derivar de la frecuencia (o período de retorno) utilizando un modelo probabilístico apropiado, tal como una distribución binomial o el modelo Poisson (Crovelli 2000), o una ley potencial (Dussauge-Peisser et al. 2002).

Los descriptores de frecuencia constituyen expresiones cuantitativas de la razón de movimientos de ladera observada, cuyo modo de cálculo depende del objetivo para el cual se desea realizar la zonificación de movimientos de ladera, la escala de trabajo, los datos disponibles, y el tipo de movimientos de ladera en consideración. Estos pueden clasificarse dentro de las siguientes categorías (Corominas and Moya 2008).

2.6.3.1 Frecuencia absoluta

En los trabajos donde se estudia el número de movimientos observados *en el mismo lugar* o una *unidad de terreno* bien establecida (es decir, ladera, abanico de derrubios, etc.), se lleva a cabo el cálculo de la frecuencia absoluta. El objetivo puede consistir en el seguimiento de la ocurrencia repetitiva de *primeras roturas*, de eventos de *reactivación* de movimientos inactivos o de *episodios de aceleración* (incrementos súbitos o surges). Cuando la rotura se desarrolla en la ladera, las condiciones para producir un nuevo evento pueden cambiar, de modo que los movimientos futuros podrían no tener la misma probabilidad de ocurrir, seguir la misma trayectoria o acumularse en la misma localización.

Las caídas de rocas y flujos de derrubios son típicos movimientos tratados como eventos repetitivos. También lo son las reactivaciones de movimientos dormidos (Corominas and Moya 1999; Romeo et al. 2006), como en el caso de deslizamientos, flujos de tierra y deslizamientos de lodo; así como de la aparición de grietas, abultamientos o pequeños desplazamientos que pueden aparecer en estos movimientos. No todos los depósitos de movimientos existentes tienen la capacidad de reactivarse en el futuro. Uno de los *primeros objetivos* de trabajos de reconocimiento *en la peligrosidad* es determinar si los movimientos existentes están *inactivos* o *abandonados*. En caso de movimientos *activos*, no tiene sentido asignar una probabilidad de ocurrencia ya que estos ya están en movimiento. Sin embargo, la *aceleración súbita* (surges) puede ocurrir. Las tasas de desplazamientos hasta algunos milímetros por mes pueden ser acomodados por estructuras con menores reparaciones, mientras que los de varios centímetros podrían ser inaceptables. La razón de aparición de movimientos de ladera puede estar relacionada a un rango de condiciones piezométricos, para el cual su probabilidad de ocurrencia se puede evaluar como una función de la probabilidad de eventos de lluvia (Baynes 1997). La frecuencia absoluta se utiliza típicamente en los estudios específicos de sitio de movimientos singulares, tales como eventos de flujos de derrubios que se depositan en un abanico aluvial. Los estudios de peligrosidad a una escala regional son, con frecuencia, difíciles de obtener a partir de un registro completo de la actividad para todos los casos individuales existentes de movimientos. En este caso la *frecuencia absoluta se expresa generalmente como frecuencia media*. Esto se puede realizar, por ejemplo, contando el número de movimientos en fotografías aéreas secuenciales y dividiendo el total por el número de años que separa las fotografías.

2.6.3.2 Frecuencia relativa

Este tipo de frecuencia normalizada se aplica a un único movimiento o un conjunto de ellos que ocurren en unidades de terreno no comparables directamente entre ellas (cuencas, secciones de carreteras de diferentes longitudes). Para calcularla es recomendable normalizar la frecuencia con el tamaño de la unidad de terreno. La frecuencia relativa puede entonces expresarse como el número de eventos de movimientos observados por la unidad de área o longitud (movimientos/km/año o movimientos/km²/año). Es muy apropiado para trabajar en grandes áreas y/o pequeñas escalas, y particularmente cuando se trata con la ocurrencia múltiple regional de eventos de movimientos de ladera o MORLE (Crozier 2005). Los mapas de

peligrosidad a escalas 1:25000 difícilmente podrán abordar la frecuencia de roturas individuales de pequeño tamaño.

2.6.3.3 Frecuencia de movimientos indirecta

Medida indirecta de su ocurrencia que se hace a través de descriptores como el retroceso de acantilados, depósitos episódicos de sedimentos en zonas lacustres, etc. No hay reglas específicas para establecer las clases de frecuencia. Por ejemplo, pueden usarse la clasificación cualitativa alta, media y baja frecuencia relacionada con <30 años, 30-300 años y >300 años, respectivamente. [Cardinali et al. \(2002\)](#) consideró muy alta, alta, media y baja frecuencia para los que tienen, respectivamente, más de 3, 3, 2 y 1 eventos de movimientos en un periodo de 60 años.

Medida de frecuencia	Tipo de evento	Descriptor cuantitativo
Frecuencia absoluta	Rotura de ladera individual	Probabilidad anual de ocurrencia como nº de roturas/año
	Actividad de movimiento de ladera	Probabilidad anual de reactivación o aceleración como nº de reactivaciones o aceleraciones/año
Frecuencia relativa	Ocurrencia Múltiple Regional de Eventos de Movimientos de Ladera (MORLE)	nº de movimientos de ladera/area unidad/año
		nº de movimientos de ladera/longitud unidad/año
		nº cuencas o laderas afectadas/año
		Probabilidad anual de ocurrencia de un evento desencadenante
Frecuencia indirecta a partir de las consecuencias de movimientos de ladera	Retroceso de la costa	Tasa de recesión del acantilado en m/año
	Derrubios de movimientos de ladera acumulados	Tasa de deposición en mm/año o m ³ /km ² /año
	Derrubios de movimientos de ladera movilizados	Volumen específico de desplazamiento en m ³ /ha/año
	Suelo erosionado	Tasa de denudación en mm/año

Tabla 3 Ejemplos de descriptores de la frecuencia de movimientos de ladera, modificado de Corominas and Moya (2008)

2.6.3.4 Descriptores de frecuencia para los tipos de movimientos de ladera

En relación con los distintos tipos de frecuencia anteriores, [Fell et al. \(2008\)](#) resumen los descriptores para evaluar la peligrosidad asociada a los distintos tipos de movimientos de ladera, utilizados para evaluar su magnitud e intensidad. Para los pequeños deslizamientos y caídas de rocas, la peligrosidad se determinará por el número de deslizamientos dividido por la longitud del área afectada y por el número de años, o por el número de deslizamientos por km² de área y por el número de años. La peligrosidad asociada a grandes movimientos de ladera se expresa en términos de la probabilidad anual de que se active o reactive un movimiento. También se puede expresar mediante la probabilidad anual de que un movimiento supere una distancia, o también, por la probabilidad anual de que las grietas que se formen dentro de un movimiento superen una longitud definida (Tabla 4).

DESCRIPTOR DE LA PELIGROSIDAD	Caídas de rocas de escarpes naturales o taludes	Deslizamientos en taludes y rellenos de carreteras o vías férreas	Pequeños movimientos de ladera sobre pendientes naturales	Movimientos de ladera individuales sobre pendientes naturales
	Nº/año/km	Nº/año/km	Nº/año/km ²	Probabilidad anual de

				activación del movimiento
Muy alta	>10	>10	>10	10^{-1}
Alta	1 a 10	1 a 10	1 a 10	10^{-2}
Moderada	0.1 a 1	0.1 a 1	0.1 a 1	10^{-3} a 10^{-4}
Baja	0.01 a 0.1	0.01 a 0.1	0.01 a 0.1	10^{-5}
Muy baja	<0.01	<0.01	<0.01	$<10^{-6}$

Tabla 4 Descriptores para zonificación de la peligrosidad, tomado de Fell et al. (2008)

Las actividades para evaluar la frecuencia de caídas de rocas, deslizamientos en taludes, terraplenes, muros de contención, o pequeños y grandes movimientos en laderas naturales se detallan en Fell et al. (2008) y se resumen como sigue:

- *Nivel básico* de evaluación: *delimitación y zonificación de la actividad de movimientos después de un evento desencadenante (MORLE)* o en un período de tiempo, para lo que se utilizan características indicativas del reciente movimiento (cicatrices, depósitos, grietas, etc.), así como los cambios o descriptores geomorfológicos relacionados: socavamiento por erosión del río o el mar, la explotación de minas por medio de explosivos, etc. También se exploran posibles desplazamientos de los elementos de terreno (casas, calles, carreteras, vallas y árboles inclinados, etc.). La revisión de la base de datos histórica o la fotografía aérea es también una fuente valiosa como se ha mencionado en apartados anteriores.
- *Nivel intermedio* de evaluación: en esta etapa se implementan las bases de datos más detallados, y si es posible, se ajustan las curvas de frecuencia-magnitud a los datos. Para la datación de eventos de movimientos de ladera se utilizan los datos indirectos por medio de testigos silenciosos (dendrocronología, carbono 14, liquenometría, terrazas bloqueadas, etc.). Por otra parte, se lleva a cabo el análisis de las variables de precipitación (intensidad, duración-intensidad, lluvia antecedente, etc.), de un evento desencadenante singular o varios de ellos consecutivos, relacionándolas con la incidencia de movimientos de ladera. De la misma manera se puede relacionar la carga sísmica a través del pico de aceleración del terreno (PGA), o los umbrales de magnitud con la frecuencia de activación de los movimientos.
- *Nivel avanzado* de evaluación: cuando se dispone de los parámetros geotécnicos y de precipitación o piezométricos suficientes, pueden construirse los modelos numéricos para casos de estudio específicos de sitio o locales (gran escala o pequeña extensión).

2.6.3.5 Naturaleza espacial de la frecuencia de movimientos de ladera

Se debe analizar la probabilidad de rotura de una unidad de terreno o de una reactivación sobre un movimiento existente, así como la probabilidad de ser alcanzado por un movimiento que viene de una unidad vecina. Los grandes movimientos son capaces de viajar más lejos que los pequeños. Consecuentemente, la frecuencia temporal observada de los eventos de movimientos disminuye con la distancia desde la fuente de los mismos. Roberds (2005) hizo la distinción crítica entre frecuencias para propósitos de zonificación: la frecuencia de la rotura de la ladera y la de áreas potencialmente afectadas. Ambas deben ser tenidas en cuenta.

Por otro lado, los diferentes tipos de movimientos de ladera mostrarán diferentes patrones de frecuencia y, debido a esto, para determinar su frecuencia, el conjunto de movimientos de ladera debe ser dividido primero sobre la base de los mecanismos de rotura.

2.6.3.6 *Asignación de frecuencia de eventos desencadenantes*

[Aleotti and Chowdhury \(1999\)](#) mencionó que la probabilidad de rotura estimada para laderas individuales debe distinguirse de las frecuencias observadas de la ocurrencia de movimientos de ladera relacionados con un factor desencadenante (lluvia, terremotos, inundaciones). En el caso de la frecuencia observada, algunas variables como la intensidad del factor desencadenante, duración, otras variables, o sus combinaciones, así como como la frecuencia de sus umbrales o valores críticos vinculados con la activación de los movimientos de ladera, deben ser estudiadas para adquirir mayor conocimiento acerca de la correspondencia entre los factores desencadenantes y las componentes del riesgo. Como se mencionó en la sección 2.6.2.2.2, debe diferenciarse entre umbrales que pueden generar procesos superficiales de aquellos que pueden activar movimientos de ladera profundos. Estos últimos se correlacionan con la lluvia antecedente acumulada durante un período de tiempo mayor (semanas a algunos meses), en lugar de por la lluvia recogida en el corto periodo de duración de una tormenta intensa (horas a días), que suele desencadenar los primeros. En cualquier caso, para fijar dichos umbrales es importante seleccionar los más adecuados a los diferentes grados de riesgo aceptables en cada caso concreto, basándose en consideraciones como las que se exponen a continuación:

- a) Tipo de movimiento de ladera, superficial o profundo.
- b) Velocidad (muy lento hasta muy rápido). Los impactos debido a este fenómeno aumentan con la velocidad y la distancia de alcance, así que los niveles de riesgo aceptables se establecerían más bajos para los movimientos de ladera más rápidos y que pueden desplazarse más lejos.
- c) Establecer el objetivo o los grados de riesgo aceptables dependiendo del agente desencadenante, su frecuencia, y su relación con movimientos históricos.

2.6.4 **Relaciones magnitud-frecuencia**

Los movimientos de diferentes tamaños, y con diferentes consecuencias, se distribuyen espacialmente. Las consecuencias de los de mayor tamaño pueden ser catastróficas, sin embargo, si su frecuencia es muy baja pueden ser clasificados como de baja peligrosidad. En cambio, movimientos frecuentes de pequeño tamaño determinan que un área se pueda clasificar como de peligrosidad baja a alta. Es por esto que en la evaluación cuantitativa de la peligrosidad, las relaciones o curvas magnitud-frecuencia (M/f) constituyan un resultado necesario en los niveles de evaluación intermedio a alto de la peligrosidad ([Corominas and Moya 2008](#); [Corominas et al. 2014](#)). Sin el dato de la frecuencia anual prevista de movimientos de una magnitud superior o igual a un valor dado, el problema sólo puede tratarse en términos de susceptibilidad (probabilidad espacial). Estas pueden expresarse con la frecuencia acumulativa (o no acumulativa) de movimientos de ladera frente a su magnitud ([Hungre et](#)

al. 1999; Guzzetti et al. 2002; Malamud et al. 2004; Picarelli et al. 2005). Sin embargo, para expresar la probabilidad temporal como frecuencia observada, tanto por métodos directos, como indirectos a través de la recurrencia de eventos desencadenantes, son necesarias bases de datos lo más completas posibles, las cuales son difíciles de coleccionar debido a las limitaciones o dificultades que se encuentran para ello (ver sección 2.6.6).

2.6.4.1 Curvas de las relaciones M/f

Como se introducía en anteriormente, las bases de datos son necesarias a la hora de construir las curvas de magnitud-frecuencia. Estas pueden consistir en un conjunto de movimientos de ladera ocurridos durante un intervalo de tiempo definido; un inventario continuo de incidencias de movimientos; una serie de movimientos provocados por un evento singular (tormenta o un terremoto); o una serie compuesta de movimientos históricos y movimientos prehistóricos datados (Picarelli et al. 2005).

Para los movimientos de ladera la relación magnitud-frecuencia es de escala invariante, y tiene una distribución potencial:

$$\text{Ec. 4 } N_E = CA_L^{-\beta}$$

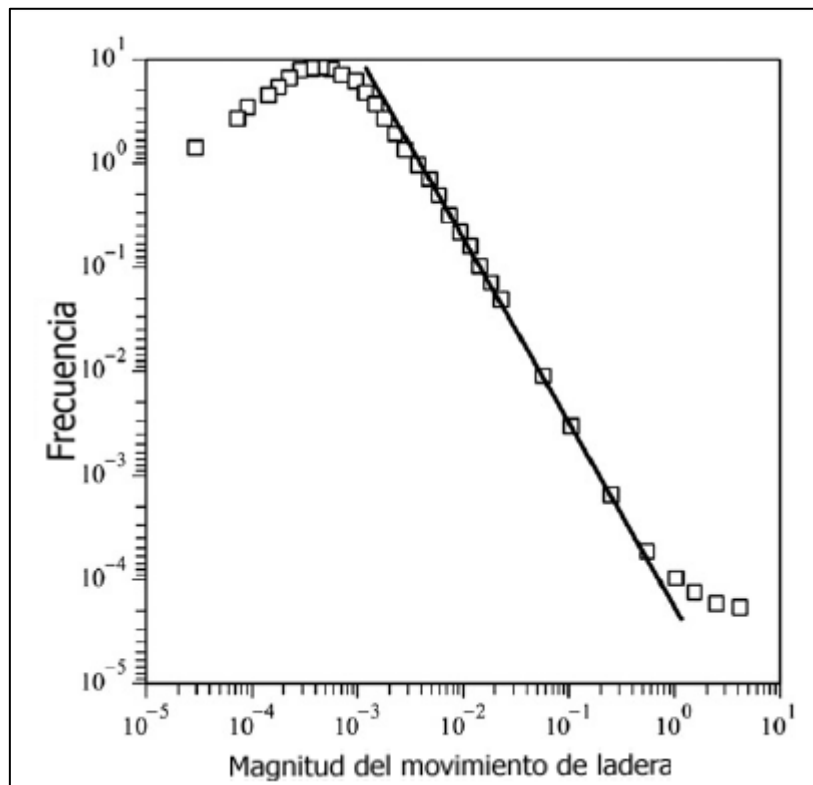


Figura 4 Gráfico típico de la relación magnitud-frecuencia (M/f) observada en inventarios de movimientos de ladera. La magnitud se suele expresar en términos de tamaño (ej., km^2). La frecuencia expresa, por ejemplo, el nº de eventos por año

N_E es el número acumulado de movimientos con magnitud igual o mayor que A . A_L es la magnitud (generalmente expresada como su tamaño: volumen o área), y C y β son constantes. Sin embargo, esta relación no es puramente lineal en una escala log-log. Es frecuente la aparición del efecto de rollover (aplanamiento de la curva) para magnitudes pequeñas (generalmente debajo de 10.000 m^2). Esto implica que el

número de movimientos observados de tamaño pequeño es inferior al esperado de la relación anterior. Este efecto puede ser debido a registros incompletos (censura) donde los pequeños movimientos no se detectan en fotografías aéreas (Hungry et al. 1999; Stark and Hovius 2001). Sin embargo, ese efecto también puede tener lugar para movimientos de gran magnitud (Guzzetti et al. 2002; Malamud et al. 2004) y, no precisamente por las mismas causas. Por ejemplo, Guthrie and Evans (2004) sugirieron que los movimientos desencadenados por la precipitación requieren un tamaño mínimo, o que para los de gran tamaño podrían existir algunas limitaciones fisiográficas y de saturación del paisaje (cuanto mayor sea movimiento menos paisaje podrá acomodar ese tamaño). También hay que tener en cuenta que, en caso de flujos de derrubios por ejemplo, la disponibilidad de sedimentos puede dar lugar a un límite superior para la magnitud del evento. Recientes revisiones sobre la relación M/f se encuentran en Guzzetti et al. (2002), Malamud et al. (2004) o Picarelli et al. (2005).

2.6.4.2 Relaciones M/f de los eventos desencadenantes de movimientos (MORLE)

Crozier (2005) definió la ocurrencia múltiple de movimientos de ladera a nivel regional, MORLE (Multiple Occurrence Of Regional Landslide Events), como la aparición casi simultánea de múltiples movimientos dentro de una región como consecuencia de un fenómeno de activación (es decir, una tormenta o un terremoto) que actúa sobre un área de gran extensión. Un solo MORLE puede, por lo general, implicar cientos a decenas de miles de movimientos en las áreas que se extienden desde unos cientos a decenas de miles de kilómetros cuadrados. Como puede desprenderse de lo anterior, así como se indica en la sección 2.6.1.1, los inventarios de movimientos de ladera recopilados tras un evento desencadenante importante constituyen bases de datos con una información muy valiosa en la evaluación de las componentes del riesgo. Al utilizar los datos de MORLEs en el análisis de las relaciones M/f, la principal ventaja esperable de las metodologías de evaluación de peligrosidad reside en que estas pueden prescindir de los registros completos de movimientos del pasado. No obstante, deben tenerse en cuenta las siguientes restricciones o dificultades:

- La escasez de MORLEs bien documentados, o existencia de inventarios de MORLEs *incompletos*. Como se explica en la sección 2.6.6 y en la anterior 2.6.4.1, los depósitos de pequeños movimientos se conservan poco tiempo expuestos, ya que son erosionados fácilmente. Este hecho explica la censura de los mismos, por lo que el porcentaje de estos representa sólo una pequeña parte de la población original. La historia de reactivaciones tampoco puede ser inferida mediante técnicas clásicas como la fotointerpretación con facilidad, si bien depende estrechamente de la resolución espectral y espacial de los productos adquiridos. Cuando sólo se ha inventariado un número limitado de tamaños de movimientos, se sugiere extrapolar la pendiente del segmento lineal de las relaciones M/f para obtener la frecuencia de, por ejemplo, deslizamientos de gran tamaño (Malamud et al. 2004; Picarelli et al. 2005). Sin embargo, el efecto de aplanamiento mencionado para pequeños movimientos, y el hecho de que los deslizamientos muy grandes también pueden mostrar una falta de ajuste a la relación puede hacer que la extrapolación no sea fiable. Por esta razón debe ser realizado con juicio de experto.

- *Incertidumbre* en la estimación del *periodo de retorno* o frecuencia de temporal de la recurrencia de MORLEs. Los períodos de retorno obtenidas a partir de los desencadenantes regionales suponen sólo una *estimación mínima* de la frecuencia de movimientos, puesto que varios factores desencadenantes pueden coexistir (erosión al pie de la ladera, deshielo, modificaciones del uso del suelo, etc.) sin tenerse en cuenta en el análisis. Lo contrario (*estimación máxima*) ocurre si la sucesión de movimientos de ladera sobre el mismo área fuente o manto de material susceptible dejan una superficie residual estable, proceso conocido como evento de resistencia o limitación de suministro (Crozier and Preston 1999). Algunos autores proponen un umbral mínimo (de seguridad) sobre precipitaciones que ha producido históricamente unos pocos movimientos de ladera y un umbral máximo (de abundancia) cuando provoca muchos movimientos (Wilson 2004).
- Dificultad al *definir la magnitud* de un MORLE. *El umbral de relación intensidad-duración* de las precipitaciones son parámetros típicos para definir la *magnitud del desencadenante* (Crosta 1998). En terrenos homogéneos, el umbral de las precipitaciones puede establecerse mediante la búsqueda de la isoyeta que coincide aproximadamente con el límite entre el terreno con movimientos y el terreno que queda sin afectar. En terrenos heterogéneos (por ejemplo, los que alternan laderas inestables empinadas con terrenos planos y estables), será mucho más difícil determinar la precipitación crítica. Desde el punto de vista de la gestión de la peligrosidad, la magnitud de MORLEs se representa mejor por sus consecuencias: *extensión de la zona afectada* por los movimientos, el *número de movimientos o ambos*. La *densidad de los movimientos* (es decir, número de movimientos por kilómetro cuadrado) se ha utilizado como una medida de las consecuencia. Crozier (2005) utilizó varias definiciones de magnitud para las consecuencias de MORLE: la extensión de la zona afectada por los movimientos; el número total de movimientos por el evento; la densidad de movimientos; la relación entre la superficie equivalente a la suma de movimientos individuales y el área total afectada (razón de daños); volumen de la masa movilizada; o el volumen de la masa movilizada por unidad de área afectada (desplazamiento de volumen específico). Otro método indirecto se refiere al número de valles afectados al mismo tiempo. Generalmente, a *escala local o estudios específicos* de sitio, *la densidad de los movimientos o la relación de daños* será una medida adecuada de la magnitud del evento. En cambio, para los estudios a *escala regional*, *el área afectada* puede ser un indicador mucho más útil de la magnitud del evento generador de movimientos.
- Dificultad en el establecimiento de *relaciones fiables entre la magnitud y las consecuencias* del desencadenante (ej., densidad o número total de movimientos) (Corominas and Moya 2008). Si la precipitación con unas características críticas (ejemplo, lluvia total, duración, intensidad, o combinaciones de estas) implica la aparición de las roturas, podría esperarse que el número o la densidad de movimientos se incrementen con las precipitaciones cuyas características sobrepasan el umbral crítico. Sin embargo, la observación de varios MORLEs muestra que hay falta de linealidad

en la relación M/f (Govi and Sorzana 1980). Este comportamiento puede explicarse por el hecho de que la lluvia crítica es necesaria pero no suficiente para desencadenar movimientos (Corominas 2000), ya que la ocurrencia de roturas de ladera es controlada por factores de predisposición (susceptibilidad del terreno). Por tanto, no hay que esperar un aumento lineal de la densidad de movimientos para una tormenta normalizada si las laderas susceptibles representan sólo un pequeño porcentaje de toda la región.

2.6.5 Extensión de las deformaciones del terreno afectado

Se conoce la existencia de grandes o enormes procesos relacionados con movimientos de ladera de resultados catastróficos, y para este tipo de movimientos de ladera se deben considerar la información histórica, geomorfológica y la propia experiencia, además de una aproximación al factor de seguridad de las laderas en fases de desarrollo previas a su agotamiento. Por otro lado, en laderas cuyos desplazamientos son lentos o incluso imperceptibles, sólo se podrán realizar mediciones, o cálculos de la razón de deformación mediante instrumentos muy sensitivos instalados en el subsuelo, como inclinómetros, o sensores remotos que permitan monitorizar de forma precisa la deformación superficial. Normalmente las inestabilidades de movimiento lento no causan alteración notable sobre el terreno, sin embargo, durante períodos significativos de tiempo, o después de varias tormentas de lluvia, la deformación acumulada puede ser suficiente para causar un daño considerable resultando en la destrucción de viviendas en zonas urbanas, la interrupción de carreteras, vías férreas, etc.; incluso pudiendo alcanzarse el colapso total de una ladera o la completa reactivación de un movimiento de ladera tras un período de tiempo pasado desde la finalización de esas tormentas.

En este sentido, la fijación de los niveles aceptables de riesgo relacionados con la inestabilidad de las laderas debe basarse en los niveles objetivo de deformaciones laterales y verticales cuyos daños serán de relativa importancia, y no sólo en cuanto a la probabilidad de la rotura total o catastrófica. Para acotar los límites de riesgo permitidos, y por ende, los umbrales de los factores desencadenantes, además de inferir el factor de seguridad de la ladera, se pueden desarrollar modelos geotécnicos que permitan incluir la predicción de la deformación de la ladera y su distancia o trayecto recorrido (runout).

2.6.6 Dificultades y limitaciones en la evaluación de la peligrosidad

En comparación con otros riesgos naturales, en el caso de los movimientos de ladera, la frecuencia, el tamaño, la intensidad o la capacidad destructiva no son funciones constantes de sus variables. La heterogeneidad espacio-temporal de la litología, geomorfología o los cambios de los usos del terreno son algunos de los aspectos que hacen difícil predecir el comportamiento de este fenómeno en cada momento (Cardinali et al. 2002). Además deben de considerarse los diferentes mecanismos de generación de movimientos de ladera, y su complejidad en la interacción con el medio físico. Todas estas peculiaridades dificultan la peligrosidad, incluso en el propio

establecimiento de su definición adecuada (Guzzetti et al. 1999). En cualquier caso, tanto para la evaluación previa de la probabilidad espacial (susceptibilidad), así como para la de ocurrencia temporal, el inventario es el primer conjunto de datos necesario. Sin embargo, estos datos de partida muchas veces son incompletos debido a la dificultad de llevar a cabo un estudio de detalle sobre todo el área de estudio, por la escasez del archivo de fotografías aéreas y cartografía antigua, y por la alteración rápida por la erosión y los procesos de acumulación.

Aleotti and Chowdhury (1999) resumen las principales dificultades que se encuentran al abordar la evaluación de la peligrosidad:

- a) La naturaleza *discontinua espaciotemporal* de las roturas de ladera
- b) La dificultad de *identificar* las *causas*, los factores *desencadenantes* y las relaciones *causa-efecto*
- c) La recopilación de *datos directos* suele ser *tediosa*, resultando en la *censura o deficiencias en las bases de datos históricos, incluso en la inexistencia de registros completos* a partir de la recopilación directa de datos.

Como se mencionaba al inicio de esta sección, el registro de datos relacionados con eventos de movimientos de ladera (ej., datación de eventos de movimientos de ladera, variables pluviométricas o sísmicas, topografía histórica, etc.) son de especial importancia. Los catálogos o registros históricos, las bases de datos y los inventarios sobre eventos de movimientos de ladera con información completa posibilitan la evaluación de la recurrencia temporal de dicho fenómeno de un modo cuantitativo; el establecimiento de relaciones entre los factores desencadenantes y la generación o evolución de movimientos de ladera; así como la construcción de curvas M/f de los movimientos de ladera; sin embargo, estos datos raramente se encuentran disponibles para las áreas potencialmente amenazadas (Guzzetti et al. 1994; Ibsen and Brunnsden 1996; Guzzetti et al. 1999). Por ejemplo, la actividad de movimientos en los últimos siglos se puede investigar a través de los viejos manuscritos, documentos técnicos, actas municipales, y periódicos. Sin embargo, su censura o falta de datos en los registros se puede deber a varias causas. Cuando se trata de periódicos o diarios (municipales, provinciales, regionales o nacionales), a pesar de que estos pueden haber sido publicados desde varios cientos de años, sólo comienzan a ser útiles durante los últimos decenios en términos de detalle y continuidad (Corominas and Moya 2008). En algunos casos los datos existen pero no se han recopilado debido a la diseminación de los mismos entre diferentes organismos públicos o privados, y cuyo acceso requiere a veces, de trámites y plazos que constituyen un obstáculo en la agilización de la recopilación de estos datos. En otros, la falta de movimientos de ladera recopilados puede deberse simplemente a la imposibilidad de su detección en fotografías aéreas u otros productos de sensores remotos sin la escala, resolución, o características espectrales necesarias para distinguir algunos movimientos, sobre todo aquellos más pequeños (flujos o deslizamientos de derrubios, flujos de barro). O por el contrario, aun siendo detectables, si no se registran a tiempo, el agente erosivo del agua y las propias acciones para la restitución de los daños o interrupciones causadas eliminan por completo los depósitos generados por algunos movimientos. Así, los movimientos de ladera típicos que se mencionan en los archivos son grandes

deslizamientos y, sobre todo, flujos de tierra que afecta a las zonas urbanas, mientras que los pequeños deslizamientos a menudo pasan desapercibidos, incluso los de mayor magnitud si se encuentran en áreas alejadas de las zonas habitadas.

Cuando se colectan datos directamente en campo, es frecuente cometer algunos errores típicos ligados a la subjetividad del experto. Estos errores están ligados generalmente a la percepción reducida del área de estudio cuando no se pueden alcanzar mejores perspectivas para delimitar los movimientos de ladera, además de la subjetividad al tomar decisiones a juicio del experto para diferenciar los rasgos característicos de movimientos de ladera (Haugerud et al. 2003; Baum et al. 2005; Ardizzone et al. 2007). Además de lo anterior, el simple hecho de la imposibilidad, o dificultad de acceso a todas las partes de un área de estudio, de cualesquiera dimensiones, también supone un obstáculo importante a la hora de llevar a cabo la cartografía geomorfológica.

Aun salvando los obstáculos de recopilación de datos, el desarrollo temporal de los movimientos de ladera puede progresar en un marco de características geomecánicas o geomorfológicas variantes que definen sus parámetros de velocidad, dirección de desplazamiento, o valores críticos de los factores desencadenantes en cada momento. Por ejemplo, una rotura puede ocurrir por primera vez en condiciones de resistencia máxima (pico), mientras que se podrán reactivar con un umbral de resistencia menor. Así que las condiciones que activaron la primera rotura no proporcionan la información adecuada para las subsecuentes reactivaciones (Guzzetti et al. 1999). Del mismo modo, la pendiente de la masa movilizada puede disminuir el ángulo de reposo del terreno, confiriéndole mayor estabilidad, o por el contrario, el socavamiento al pie de la ladera por la erosión hídrica puede favorecer las fuerzas gravitatorias descendentes que ponen en funcionamiento el movimiento temporalmente inactivo.

Debido a estas limitaciones, que cada actividad para conseguir datos útiles se convierte en un desafío, lo que hace que la mayoría de los mapas de peligrosidad que se han elaborado en épocas anteriores podrían definirse más bien como mapas de susceptibilidad (Guzzetti et al. 1999).

Esto justifica el papel importante y desarrollo progresivo de las técnicas de monitorización, destinadas a la contribución en el conocimiento sobre la evolución de la actividad de movimientos de ladera con el tiempo. Estas herramientas también implican sus propias limitaciones, ya que su coste o fiabilidad varía de unas a otras; por lo que deberán seleccionarse de modo que se mantenga una buena relación costo-utilidad. No obstante, hoy día esta tecnología es cada vez más asequible, o se ofrecen servicios de adquisición de datos de igual modo que si se tratase de otras técnicas de menor actualidad. Las tecnologías avanzadas en sensores remotos, como DInSAR, permiten calcular desplazamientos de menor tamaño (subcentimétricos) (ver sección 3.6.3). Por su parte, las técnicas basadas en procesamiento de datos de TLS ayudan a evaluar el estilo de actividad y deformación en estudios específicos de sitio, alcanzando resoluciones centimétricas y detección de cambios decimétricos, e incluso centimétricos. A escala regional, la misma tecnología aerotransportada (ALS), permite detectar eventos singulares de movimientos de ladera, de menor tamaño (ej., depósitos de derrubios) con la posibilidad de registrar los datos rápidamente después de un evento desencadenante de múltiples movimientos de ladera (MORLE). Las dos

últimas tecnologías han sido utilizadas en las metodologías desarrolladas con tales fines durante la presente investigación, con resultados que manifiestan su aplicabilidad a la evaluación de la peligrosidad de movimientos de ladera, contribuyendo a la adquisición de conocimientos sobre dicho fenómeno. La metodología para el TLS se desarrolla en el Capítulo 4, y para el caso de ALS, se dedica el Capítulo 5. Con este último, las partes principales de los movimientos de ladera se pueden detectar fácilmente, por la “visión” que ofrece desde puntos de vista superiores al terreno. Por otro lado, los límites más importantes entre la masa de materiales deformados y las zonas estables, o entre el área fuente y el área de depósito, puede resaltarse objetivamente mediante el empleo de herramientas específicas para la detección y clasificación de cambios resaltados mediante la diferencia de DEMs de alta resolución (HRDEMs) (ver sección Capítulo 5).

2.7 ZONIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA

La zonificación de la peligrosidad toma los resultados de la susceptibilidad, a los que les asigna una frecuencia estimada (es decir, probabilidad anual). Se aplica tanto a las laderas que pueden desestabilizarse como a las áreas a las cuales pueden desplazarse los movimientos o desde las que pueden regresar. La peligrosidad puede expresarse como la frecuencia de un tipo particular de movimientos de ladera de un cierto tamaño, tipo o volumen. En algunos casos, se puede expresar como frecuencia de movimientos de una intensidad particular, donde esta se puede calcular como energía cinemática. La intensidad, normalmente, se usa en los casos en que se evalúa la frecuencia de caída de rocas y flujos de derrubios (profundidad x velocidad) (Fell et al. 2008).

De la definición dada por Varnes (1984b) se deriva que los mapas de peligrosidad deberían incluir información sobre la probabilidad de ocurrencia de los movimientos y sus magnitudes, si bien esto no se cumple en los mapas más antiguos (Corominas and Moya 2008); sobre todo por la inexistencia de los avances tecnológicos que en la actualidad facilitan la recopilación de datos necesarios, incluso para abordar la evaluación cuantitativa del riesgo (QRA). Por tanto, para preparar el mapa de zonificación de peligrosidad se clasifican las áreas de acuerdo a la frecuencia (probabilidad anual) de los movimientos de ladera, desarrollando las diferentes actividades dependientes del tipo de movimiento de ladera, o los datos originales disponibles, como se trata en la sección 2.6.3.

En la última década se han desarrollado trabajos dirigidos a la recopilación de actividades y recomendaciones dirigidas a la evaluación de la susceptibilidad y peligrosidad por las diferentes metodologías más comunes, entre los que destacan los trabajos recientes de Corominas et al. (2014), Corominas and Moya (2008) y Fell et al. (2008). En estos se indican las actividades y descriptores necesarios para abordar la evaluación de la peligrosidad a través de metodologías cuantitativas. Una vez que los descriptores se han obtenido (sección 2.6.3), estos se pueden introducir en mapas de zonificación de la peligrosidad.

2.7.1 Tipo de zonificación según el objeto de estudio

Una vez obtenidos los descriptores de la peligrosidad, para introducirlos en la cartografía, en primer lugar debe seleccionarse el tipo de objeto de estudio que rige su disposición espacial, lo que llevará a una de las siguientes zonificaciones de movimientos de ladera (Corominas and Moya 2008; Corominas et al. 2014):

- 1) Zonificación de movimientos *areal*. Se usa en estudios de planificación local o regional. Se calcula como número de movimientos naturales o de taludes que ocurren en un área (pixel, celda, polígono, cuenca), expresado en número/unidad área/año, donde la unidad área se define de diferentes formas (ej. km², pixel, etc.). Por lo tanto, se refiere a la ocurrencia temporal o probabilidad de excedencia en términos *relativos*. Esta puede combinarse con la intensidad si además se determinan parámetros necesarios, como la distancia recorrida por la masa movilizada.
- 2) Zonificación *lineal*. Se usa en infraestructuras y servicios (autovías, ferrocarriles, tuberías, etc.). Se expresa como n° de movimientos/unidad de longitud/año, o el total de movimientos en toda la longitud del objeto. En ambos casos se expresa como una frecuencia *relativa*.
- 3) Zonificación *específica de sitio o análisis orientados a objetos* (puntuales). Se aplica a casos particulares como abanicos de derrubios, laderas, taludes, etc. Se expresa en términos *absolutos* como el n° de movimientos (de cada magnitud) que alcanzan el sitio por año, o como el periodo de retorno (inversa de la frecuencia anual).

2.7.2 Tipo de zonificación según la consideración del recorrido e intensidad del movimiento de ladera

Por otra parte, la complejidad o completitud del análisis de peligrosidad dependerá de si se integra o no el recorrido de la masa movilizada, o el cálculo de intensidad con el de la probabilidad de ocurrencia. Para movimientos iniciados o reactivados cerca o dentro del área fuente no es necesario el cálculo de la intensidad (Cardinali et al. 2002) (análisis espacial no explícito). Por el contrario, si los movimientos de ladera en cuestión tienen la capacidad de moverse lejos del área fuente, además del potencial para generar roturas y su frecuencia, se deriva la necesidad de conocer el nivel de intensidad a lo largo de la trayectoria (análisis espacial explícito) (Corominas et al. 2014). De este modo podrán considerarse 3 casos diferentes.

- a) Análisis de la peligrosidad *no espacialmente explícito*

Los *mapas nacionales y regionales* en los que la escala por lo general no permite el análisis preciso de la estabilidad y del trayecto recorrido son de tipo no espacialmente explícitos. Como consecuencia, aun existiendo movilidad significativa en algunos tipos de movimientos, no se podrá llevar a cabo el análisis completo de la peligrosidad, debido a que la *intensidad no se considerará*. Este análisis se realiza normalmente para movimientos superficiales, los que se consideran como eventos recurrentes dentro de una región y tiempo determinados, o son generados por eventos desencadenantes particulares que actúan sobre una gran área (MORLE). En el primer

caso, la zonificación de peligrosidad será de tipo areal, expresada como el número de los movimientos que se producen por unidad de superficie para el período de tiempo considerado, proporcionando una estimación válida de la frecuencia media a corto plazo. Sólo puede ser utilizado para calcular la frecuencia media a medio y largo plazo si el período de muestreo incluye la distribución media de eventos que inducen a movimientos de ladera (Corominas and Moya 2008). Las metodologías comunes en este caso se basan en el cálculo de la frecuencia observada de movimientos (ver sección 2.7.3.2) contando el número de nuevos movimientos entre fotografías o productos obtenidos mediante diferentes sensores remotos (ver secciones 2.3.1 y 2.6.1). En el caso de utilización de datos de MORLEs, la metodología no es tan directa, y consisten básicamente en aplicar la frecuencia de los eventos de MORLEs a los resultados de susceptibilidad, como se explica en las secciones 2.6.4.2 y 2.7.3.3.

b) Análisis de peligrosidad *espacialmente explícito*

A *escalas locales y específicas de sitio*, los DEMs permiten calcular la probabilidad de ocurrencia de movimientos en cada unidad de área analizada, dependiendo de su resolución. En este caso caben las opciones de incluir o excluir el análisis del trayecto seguido por la masa movilizada (runout) y el posterior cálculo de la intensidad:

1. Evaluación *sin cálculo de intensidad*. Este tipo de análisis, habitualmente, se lleva a cabo para *movimientos geográficamente contenidos* (movimientos lentos o de poco alcance espacial) con desplazamientos que no se pueden representar fuera de la unidad espacial analizada (ej., el pixel). También se refiere a elementos lineales o puntuales situadas lejos del área fuente. La intensidad en estos casos no se calcula, y el riesgo se evalúa asumiendo supuestos simplificadores para la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

El análisis de peligrosidad para los movimientos geográficamente contenidos se puede realizar mediante modelos que combinan espacialmente la hidrología y estabilidad a *escala regional o local*. Estos calculan la probabilidad de movimientos en unidades de terreno (ej., píxeles, cuencas) que comprenden tanto el área fuente del movimiento como la zona de deposición. La peligrosidad se expresa como la probabilidad anual de rotura o reactivación en cada unidad de terreno. Más específicamente, se calcula como la probabilidad condicional de rotura una vez que tiene lugar un desencadenante (por ejemplo, una lluvia crítica o terremoto).

Para calcular el factor de seguridad de la pendiente en cada unidad de terreno, se suele utilizar el modelo simplificado de estabilidad de talud infinito (ver secciones 2.6.2.1.1 y 2.6.2.1.2); mientras que la probabilidad de rotura se obtiene como la probabilidad anual de excedencia de un evento crítico desencadenante (Savage et al. 2004; Baum et al. 2005; Salciarini et al. 2008), o, alternativamente, se puede calcular sobre la base de la frecuencia observada de eventos de movimientos del pasado (Catani et al. 2005; Guzzetti 2006) (2.6.2.2.1 y 2.6.3). Si la peligrosidad se calcula en una sección de referencia u objeto puntual, como en corredores de transportes, los elementos expuestos (coches y gente) altamente vulnerables a movimientos de baja intensidad deberían recogerse en las bases de datos. En tal caso no se calcula

ni la velocidad ni la energía cinética, sino la magnitud de los eventos para determinar los carriles afectados o la anchura de la masa de movimientos. La peligrosidad se expresa como probabilidad anual de ocurrencia de un evento de magnitud dada por unidad de longitud, o en términos absolutos, como nº de eventos/año.

2. Evaluación *con cálculo de intensidad*. En el caso de análisis de la peligrosidad combinando la probabilidad de iniciación del movimiento con su trayecto, se tiene en cuenta la distribución espacial de la intensidad (ver sección 2.8.1).

2.7.3 Clasificaciones de las metodologías de zonificación de la peligrosidad

La implementación de la frecuencia en la evaluación y zonificación de peligrosidad trata de incorporar la información temporal de movimientos de ladera, y para ello tradicionalmente se siguen uno de los siguientes medios:

2.7.3.1 Metodologías heurísticas

Al igual que la asignación directa de susceptibilidad o potencial de inestabilidad, el método heurístico se basa en el juicio personal o criterio de experto, siguiendo las asunciones que se enumeran en la sección 1.6. Por tanto, asumiendo que los movimientos ocurrirán en lugares donde se reconoce actividad en el pasado, un inventario de movimientos existentes dará una idea de la actividad futura. De este modo, se asigna la frecuencia cualitativa a partir de las clases de actividad propuestas (WP/WLI 1993c; Cruden and Varnes 1996) que incluyen: activo, suspendido, dormido, relicto y estabilizado. Una *frecuencia relativa cualitativa* de los movimientos se puede establecer suponiendo que *los movimientos en suspensión se reactivarán con más frecuencia que los inactivos, y el segundo más a menudo que los relictos*. El cartógrafo asigna subjetivamente la peligrosidad cualitativa, valorando los distintos polígonos, basándose en observaciones de fotografías aéreas, observaciones de campo, y en su propia experiencia. Este método conlleva al uso de reglas para la asignación de clases de peligrosidad que no se especifican y pueden variar de un polígono a otro.

2.7.3.2 Metodologías que se basan en el cálculo de la frecuencia observada de movimientos de ladera

Estos enfoques se fundamentan en la determinación de la frecuencia a través de eventos pasados mediante métodos empíricos (ver sección 2.6.2.2.1), y *no requieren un análisis de susceptibilidad previo*. Los procedimientos aplicados se distinguen según la relación del tamaño de los movimientos con la escala de los mapas (ej., la evaluación realizada sobre movimientos individuales de desplazamiento corto no se puede representar adecuadamente en mapas de pequeña escala) y la información disponible; pero en este tipo de metodologías, sobre todo, dependen de la capacidad de desplazamiento potenciado por el mecanismo de los movimientos implicados en la evaluación de la peligrosidad. De acuerdo con esto, a continuación se describen las diferencias que se encontraran al tratar movimientos de corto o largo alcance:

- a. Los *movimientos de ladera* que se desplazan *hasta distancias cortas*, o *geográficamente contenidos*, permanecen en o muy cerca de la zona de iniciación o área fuente (ej., grandes movimientos dormidos, como deslizamiento rotacional, o múltiples ocurrencias de roturas pequeñas). En este caso de evaluación a escala local o específica de sitio, la frecuencia absoluta se determina en su área fuente, y pueden emplearse técnicas de análisis avanzado, con o sin cálculo de intensidad (ver sección 2.7.2). Generalmente, en los movimientos geográficamente contenidos la intensidad no es calculada (los desplazamientos son mínimos o lentos). Sin embargo, en los movimientos dormidos, como flujos de tierra o deslizamientos de lodo, se dan reactivaciones con pequeños desplazamientos asociados a grietas, abultamientos y otras características de deformación; por lo cual, además de los desplazamientos absolutos, se deben tener en cuenta los movimientos diferenciales dentro de la masa de los movimientos de ladera para expresar su intensidad.
- b. Los *movimientos de ladera* que se desplazan *hasta distancias largas más allá del área fuente*. En estos, la zonificación deberá incorporar la variación de la peligrosidad con la distancia, teniendo en cuenta que diferentes tipos de movimientos podrán desplazarse hasta distintas distancias. En este caso podrá evaluarse la peligrosidad espacialmente explícita a partir de la *intensidad* derivada de las trayectorias (runout) recorridas por los diferentes movimientos.

Indistintamente, como se ha explicado en la sección 2.7.1, la peligrosidad se podrá zonificar a partir de la *frecuencia absoluta* calculada sobre el número de roturas repetitivas o reactivación de movimientos en el área fuente, o mediante la frecuencia normalizada (*relativa*) por el área o longitud considerada. Además, el objetivo puede hacer que la frecuencia sea evaluada en el área fuente, pero también puede interesar la zona potencialmente afectada más abajo (abanico aluvial o carretera).

La incertidumbre de estos modelos reside sobre todo en la dificultad de inventariar movimientos de pequeño tamaño, como se menciona en la sección 2.6.6, debido a su poca permanencia y a la baja resolución de algunas fotografías, imágenes o DEMs obtenidos con diferentes técnicas. Como consecuencia, también supondrá una limitación a la hora de evaluar la probabilidad anual, o las relaciones M/f para distintos tamaños de movimientos, estas últimas de especial interés en estudio específicos de sitio (ej., evolución de abanicos de derrubios o afectación de infraestructuras civiles).

Respecto a la intensidad, la combinación de las relaciones M/f con modelos cinemáticos (es decir, modelos de caída de rocas o de propagación de flujo de derrubios) puede proporcionar la distribución espacial de las intensidades del movimiento de ladera esperadas (es decir energía cinética) y sus probabilidades.

2.7.3.3 *Metodologías que se basan en el análisis de la frecuencia de los factores desencadenantes*

Muchas evaluaciones de la peligrosidad a nivel regional se preparan utilizando mapas a pequeña escala. En este caso, la componente temporal es a menudo incorporada a través de la frecuencia del evento desencadenante (lluvia, terremoto) de múltiples movimientos de ladera (MORLE), en lugar de ser calculada directamente como la frecuencia de los movimientos individuales históricos (Corominas and Moya 2008).

Debido a que las relaciones M/f de los factores desencadenantes de movimientos *no proporcionan indicación de la localización precisa* de las roturas de ladera futuras (primeras roturas), primero se requiere una evaluación de la estabilidad ya sea absoluta o relativa de las laderas y movimientos existentes, que se combinará con los resultados de frecuencia (Baum and Godt 2010) (ver sección 2.6.2.2.2). (ver sección 2.4). Para llevar a cabo evaluaciones cuantitativas de riesgo, la cuestión clave en este enfoque es traducir los valores de susceptibilidad de deslizamientos en términos de probabilidad espacial. La peligrosidad entonces puede ser calculada como la probabilidad condicional de rotura de la ladera al producirse un desencadenante (es decir, precipitación crítica o terremoto). Cuando esto no es posible, o la frecuencia del desencadenante es desconocida, los mapas de susceptibilidad se consideran como una estimación aproximada de la peligrosidad (cualitativa); suponiendo simplemente que las zonas más susceptibles tendrán mayor probabilidad de rotura.

Resultados mucho más precisos pueden ser alcanzados mediante la combinación de modelos hidrológicos distribuidos espacialmente con los modelos de estabilidad de taludes (Baum et al. 2005). Como se explica en la sección 2.6.2.1, el factor de seguridad de la ladera se puede calcular en cada unidad de terreno mediante la simplificación del modelo de estabilidad de pendiente infinita, mientras que la probabilidad de rotura se puede obtener de la probabilidad de excedencia anual del desencadenante crítico (nivel freático). Estos tipos de análisis no proporcionan el tamaño esperado del movimiento de ladera, más bien, son útiles para expresar la peligrosidad directamente como las probabilidades anuales de rotura o reactivación en cada unidad de terreno a pequeña o mediana escala. O si la intensidad es necesaria para un estudio concreto, primero se deberá determinar la magnitud y el trayecto recorrido para movimientos de diferentes magnitudes, de modo que se pueda obtener un valor de peligrosidad cuantitativa.

Como se menciona en la sección 2.6.3.6, los MORLEs permiten relacionar la ocurrencia de movimientos de ladera con su factor desencadenante, en cuyo caso la magnitud de las relaciones M/f también se referirá a los “tamaños” de los MORLEs, con las consideraciones y limitaciones han de considerarse para ello (ver sección 2.6.4.2).

En el análisis de la peligrosidad a partir de la frecuencia de los factores desencadenantes, *no se requiere un registro completo de movimientos del pasado*, pero sí una relación fiable entre el desencadenante, su magnitud y la ocurrencia de los movimientos. Con la suficiente resolución espacial de información sobre esos eventos se puede establecer la función de la densidad de movimientos de ladera (ej. n° de movimientos/km²) respecto la intensidad de la lluvia, o respecto a la distancia epicentral del terremoto. Seguidamente puede establecerse la relación entre la probabilidad de excedencia de la intensidad de lluvia o de la magnitud del terremoto con esa densidad de movimientos. Uno de los inconvenientes principales de este enfoque es que en algunas áreas, la densidad de movimientos no cambia de forma lineal con las variables pluviométricas, por lo que es difícil de obtener una relación confiable (Govi and Sorzana 1980).

2.8 ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD, LA DIACRONÍA Y LA DESTRUCTIVIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA

Las evaluaciones de las componentes de riesgo de susceptibilidad y peligrosidad deben ser desarrolladas en base a los diferentes tipos de movimientos de ladera y sus magnitudes. Pero además, deben considerarse propiedades importantes como su velocidad o trayectoria, que combinadas con el tamaño indicarán la intensidad del fenómeno. Y aún más lejos, integrando la intensidad con su estilo de evolución, se puede deducir la destructividad esperada de cada tipo de movimiento de ladera. Este modo de evolucionar de los movimientos, difícil de predecir, se puede aproximar de manera cualitativa mediante el grado de diacronía de su desarrollo (desde su inicio a su agotamiento), la cual a la vez que expresa la duración de los movimientos también informará sobre la evolución de su actividad (efímera o secuencial).

2.8.1 Intensidad de los movimientos de ladera

Dependiendo del tipo de movimiento de ladera, o más bien, de su mecanismo de propagación, la intensidad se evalúa de forma cualitativa o cuantitativa (Fell et al. 2008; Corominas et al. 2014). Generalmente se diferencian los siguientes casos:

- a) En el caso de movimientos rápidos que causan impactos localizados, como caídas y avalanchas de rocas, se puede integrar la velocidad o la energía cinética del evento junto con su volumen en el cálculo de la intensidad. En estos casos debe evaluarse la distribución espacial de la intensidad. En el ejemplo de las caídas de rocas, un mismo volumen de roca producirá un perfil de velocidad cambiante a lo largo de su trayectoria, lo que hace cambiar también su energía cinética o de impacto. Por tanto, la intensidad de la caída de roca no depende sólo del tamaño (magnitud), ya que el valor de energía cinética depende de diferentes combinaciones de volúmenes y velocidades. En las caídas de rocas fragmentadas no resulta fácil definir el volumen característico de roca (Evans and Hungr 1993). El tamaño representativo del bloque puede determinarse de las características geomecánicas (longitud, espaciado) de los conjuntos de discontinuidad principales observados sobre la cara de la roca, y/o de la distribución de tamaños de los fragmentos (Corominas et al. 2014).
- b) Para movimientos lentos se utiliza el desplazamiento diferencial o el desplazamiento total (que puede causar daños o alteraciones de los elementos estructurales), si bien en algunos casos también se utiliza directamente la magnitud del evento (Guzzetti et al. 2005) (si la velocidad es muy lenta la intensidad será despreciable).
- c) La intensidad de los movimientos de tipo flujo se puede caracterizar por la profundidad de derrubios en el manto de material susceptible o regolito, el caudal máximo por unidad de ancho ($m^3/m/segundo$) o la presión de impacto. La intensidad de los flujos de derrubios depende de la dinámica del movimiento generado, y se analiza a escala local por dos métodos diferentes. El primero se basa en modelación del recorrido en 2D o 3D de procesos físicos, y evalúa la probabilidad de que un volumen de derrubio particular falle y genere un flujo de

derrubios incluyendo el área afectada y los parámetros de intensidad (Hürlimann et al. 2006; Hürlimann et al. 2008). Otro modo deriva de la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de flujos de derrubios de diferentes magnitudes en localizaciones particulares bajo el área fuente de derrubios (secciones de referencia, abanicos de derrubios) usando relaciones M/f.

Para los niveles de evaluación de la peligrosidad básico e intermedio pueden ser estimados, como mínimo, la velocidad y magnitud. En niveles más avanzados se podría evaluar la energía en el caso de caída de rocas y flujos de derrubios. En estudios locales o detallados sobre áreas amenazadas por movimientos de largo alcance, la evaluación adecuada de la peligrosidad espacialmente explícita no se puede realizar sin el análisis de la intensidad en función de las trayectorias de desplazamientos. Por el contrario, si los movimientos tienen una mínima movilidad, es posible evaluar la peligrosidad sin necesidad de calcular su intensidad (ver sección 2.7.2).

En cualquier caso, la evaluación de la intensidad no es una tarea sencilla, ya que no es una característica intrínseca. La intensidad puede cambiar a lo largo de la trayectoria, y para ser medida o calculada se deben usar modelos dinámicos que toman el volumen como parámetro de entrada. Como afirman Corominas et al. (2014), esta es la parte más difícil de la evaluación de la peligrosidad debido a varios factores:

- a) se pueden producir diferentes tipos de movimientos dependiendo del rango temporal elegido
- b) la zona objeto de estudio puede verse afectada por movimientos procedentes de diferentes áreas fuentes
- c) la frecuencia de movimientos observada en un momento y ubicación (o sección) dados cambiarán con la distancia desde la fuente de la masa movilizada

2.8.2 Diacronía del movimiento de ladera

Cuando no se dispone de descriptores cuantitativos, o estos son difíciles de obtener, se pueden llevar a cabo enfoques cualitativos o semicuantitativos propuestos en las clasificaciones de la última década por Cardinali et al. (2002) o Chacón (2008); aplicando conocimientos sobre el estilo de desarrollo de los diferentes tipos de movimientos de ladera y sus características a partir de los datos de inventario. Chacón (2008) estableció la clasificación de la diacronía de movimientos de ladera en base a la duración esperable para cada tipo de movimiento (desde su inicio a su agotamiento), teniendo en cuenta las características implícitas sobre la evolución general o actividad de estos eventos. La Tabla 5 muestra las clases graduadas de diacronía asociadas a cada escala temporal que agrupa los rangos comunes de duración de movimientos de ladera.

Escala	Graduación	Diacronía (años)	Equivalencia
Contemporánea	I	$0 - 10^{-7}$	0-3.15 seg.
	II	$10^{-7} - 10^{-6}$	3.15 seg.-3.15 min.
	III	$10^{-6} - 10^{-4}$	3.15 -52.6 min.
	IV	$10^{-4} - 10^{-2}$	52.6 min. – 3.65 días
	V	$10^{-2} - 10^{-1}$	3.65 - 36.5 días
	VI	$10^{-1} - 10^0$	36.5 días – 1 años
	VII	$10^0 - 10^1$	1-10 años
	VIII	$10^1 - 10^2$	10-100 años
Histórica	VIX	$10^2 - 10^3$	100-1000 años
	X	$10^3 - 2 \times 10^3$	1000-2000 años
Hiperhistórica	XI	$2 \times 10^3 - 5 \times 10^3$	2000-5000 años
	XII	$> 5 \times 10^3$	> 5000 años

Tabla 5 Clases de diacronía, tomado de Chacón (2008)

Dentro de esta categorización se hace una clasificación superior en relación con sus características generales de actividad (distribución en el tiempo del cambio de estado), desde la iniciación del movimiento de ladera hasta su estabilización, y desde el punto de vista cinemático (espacio-tiempo) (Chacón 2008; Chacón 2009):

- Movimientos de ladera monocrónicos: son aquellos que se agotan en segundos o minutos y, excepcionalmente, en meses. Por tanto se trata de movimientos con una duración efímera o discreta. En esta clase la frecuencia de activación de movimientos disminuye con el aumento de tamaño de los mismos.
- Movimientos de ladera diacrónicos: son aquellos cuya evolución se desarrolla durante periodos largos (muchos minutos a miles de años), de forma secuencial con actividad variable, siendo difícil establecer el momento de su estabilización. Estos movimientos son grandes a excepcionalmente grandes, moviéndose a velocidad entre baja a extremadamente baja a través de trayectorias confinadas e independientes de la topografía, la vegetación o la erosión. En los movimientos diacrónicos, las técnicas de monitorización de alta resolución y precisión, como LIDAR o DInSAR, constituyen un medio importante para el seguimiento su evolución a corto plazo (incluso menor de un año), en cuanto se refiere al reconocimiento de los cambios de su actividad (reactivaciones o aceleraciones), o tasas de desplazamiento diferencial de la masa movilizada.

2.8.3 Destructividad de los movimientos de ladera

La destructividad de un tipo de movimiento de ladera se puede determinar a partir de la intensidad (en función de su velocidad y tamaño), diacronía (duración de su desarrollo) y evolución de su actividad en términos de frecuencia o abundancia de los eventos potenciales (nuevas roturas, reactivaciones o aceleraciones). Además, el factor extrínseco de los elementos en riesgo, obviamente, debe ser tenido en cuenta, ya que sin estos no existirá riesgo alguno. Respecto a los movimientos monocrónicos, su grado de destructividad puede ser variable. Por ejemplo, un flujo de derrubios pequeño puede ser inevitable por su alta velocidad (monocrónico); contrariamente, no causaría daño alguno al moverse restringido por accidentes topográficos estrechos (barrancos de diferentes dimensiones), sin encontrar elementos o lugares habitados a su paso. Por su parte, los movimientos de mayor grado de diacronía suelen ser difíciles de estabilizar, pero se pueden detectar a tiempo para evacuar lugares

habitados o cambiar la posición de los elementos del terreno, aunque algunos de ellos pueden ser más rápidos con alto grado de destrucción.

La intensidad puede ser clasificada por métodos semicuantitativos, como se propone en la clasificación de [Chacón \(2008\)](#), modificada y adaptada de ([Cardinali et al. 2002](#)), basada en los volúmenes y velocidades estimados para tipos de movimientos de ladera. Estas clases se muestran en la Tabla 6, en la que el grado inferior (1) corresponde a la clase de baja intensidad, los grados de 2 a 4 a la de media intensidad, los del intervalo 5 a 9 a la de alta y los grados de 10 a 15 muy alta:

<i>I = f(volumen, velocidad)</i>		VELOCIDAD ESTIMADA		
		RÁPIDA		LENTA
		CAÍDA DE ROCAS	FLUJO DE DERRUBIOS	DESLIZAMIENTOS
VOLUMEN (m³)	< 0.001	BAJA (1)		
	0.001 – 0.5	MODERADA (2)		
	0.5 – 500	ALTA (5)	BAJA (1)	BAJA (1)
	500 – 10.000	ALTA (6)	MODERADA (4)	MODERADA (3)
	10.000 – 500.000	MUY ALTA (10)	ALTA (8)	ALTA (7)
	> 500.000	MUY ALTA (12)	MUY ALTA (11)	ALTA (9)
	>> 500.000	MUY ALTA (15)	MUY ALTA (14)	MUY ALTA (13)

Tabla 6 Clasificación de la intensidad según [Chacón \(2008\)](#), graduada de 1 a 15, modificada y adaptada de las 4 clases expuestas en [Cardinali et al. \(2002\)](#). Las clases se agrupan en: BAJA (1), MODERADA (2-4), ALTA (5-9), MUY ALTA (10-15).

Por último, a partir de la clasificación de intensidad y la diacronía, la destructividad (D) se puede expresar como combinación de la relación intensidad (que a su vez integra el tamaño y la velocidad) y la duración (grado de diacronía) para cualquier tipo de movimiento de ladera. Por lo tanto, el potencial esperado de daño o destrucción se puede clasificar para todas aquellas combinaciones de interés en una escala de color como se muestra en la Tabla 7.

Intensidad →	Débil (1)	Mod (2)	Mod (3)	Mod (4)	Alta (5)	Alta (6)	Alta (7)	Alta (8)	Alta (9)	Muy alta (10)	Muy alta (11)	Muy alta (12)	Muy alta (13)	Muy alta (14)	Muy alta (15)
Grado de diacronía y duración (años) ↓															
I 0 – 10 ⁻⁷															
II 10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁶															
III 10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁴															
IV 10 ⁻⁴ – 10 ⁻²															
VI 10 ⁻² – 10 ⁻¹															
VI 10 ⁻¹ – 10 ⁰															
VII 10 ⁰ – 10 ¹															
VIII 10 ¹ – 10 ²															
IX 10 ² – 10 ³															
X 10 ³ – 2 x 10 ³															
XI 2x10 ³ – 5x10 ³															
XII > 5x10 ³															
Cd	Color	Descripción													
1		Daños moderados, reparables, o nulos ; posibles víctimas, incluso mortales, en casos muy excepcionales													
2		Daños serios en viviendas o infraestructuras, reparables y alguna posible víctima mortal ocasional													
3		Daños en poblaciones o infraestructuras, con reparación costosa y posible víctimas mortales ocasionales													
4		Daños en poblaciones o infraestructuras, con reparación muy costosa o inviable. Posibles víctimas mortales ocasionales													
5		Daños en poblaciones o infraestructuras, con reparación muy costosa o inviable. Con víctimas mortales numerosas													
6		Daños en poblaciones o infraestructuras, con reparación inviable. Víctimas mortales numerosas													
7		Daños en poblaciones o infraestructuras, con reparación inviable. Destrucción masiva de poblaciones afectadas													
8		Destrucción completa de infraestructuras y poblaciones con reconstrucción inviable. Cifras de víctimas muy elevadas													
		No ofrece interés la combinación de criterios de intensidad y diacronía													

Tabla 7 Tabla de doble entrada para la clasificación de destructividad clasificada según los grados de intensidad y diacronía, modificado de **Chacón (2008)**

En consecuencia, al igual que se definió el concepto inicial de peligrosidad como la probabilidad de ocurrencia de fenómenos potencialmente destructivos dentro de un período de tiempo específico y un área determinada (Varnes 1984a), así como las posteriores definiciones que añaden los términos de “magnitud determinada” (Guzzetti et al. 1999) y de intensidad (Cardinali et al. 2002) (Ec. 5), la integración de la destructividad en el concepto añade una mayor precisión. Este concepto es adecuado, sobre todo, en niveles medios de la evaluación de la peligrosidad a largo plazo, de aplicación a infraestructuras civiles importantes (carreteras, presas, etc.). Así, el concepto más reciente podría expresarse como: "la probabilidad de ocurrencia de movimientos de ladera en un momento y lugar con una destructividad determinada" (Chacón 2008). De este modo, el potencial dañino o “danger” (Chacón et al. 1996) de los movimientos de ladera se tiene en cuenta según la duración total de su desarrollo; y la peligrosidad se definirá en función de esta destructividad y de la probabilidad temporal de ocurrencia (Ec. 6).

Ec. 5 $H = f(F, I)$

Ec. 6 $H = f(F, D_{Di})$

Donde F se refiere a la frecuencia de ocurrencia de cada tipo movimiento, D_{Di} nota la destructividad asignada al tipo de movimiento de ladera como función de una intensidad (I) y el grado de diacronía (Di) determinados.

Para clasificar los valores finales de evaluación de la peligrosidad se puede utilizar la clasificación basada en rangos porcentuales como se ve en la Tabla 8 (Fell 1994):

PELIGROSIDAD (%)	DESCRIPCIÓN
≥ 30	Extremadamente alta
≥ 20, <30	Muy alta
≥ 10, <20	Alta
≥ 7, <10	Media
≥ 3, <7	Baja
≥ 2	Muy baja

Tabla 8 Clasificación de la peligrosidad, tomada de [Fell \(1994\)](#)

2.9 FIABILIDAD DE LA ZONIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA

El error en la estimación de la zonificación de movimientos de ladera proviene de la adición de diferentes factores, como se describe por ([Fell et al. 2008](#)) y se resumen a continuación:

2.9.1 Descripción de las incertidumbres

Cuando los expertos tratan la caracterización, descripción y desarrollo de algunas fases en zonificación de movimientos de ladera aparecen ciertos errores:

- Limitaciones en el inventario de movimientos sobre el cual se basan los mapas de zonificación de susceptibilidad y peligrosidad (discutidas en la sección 2.6.6).
- Limitaciones en la estabilidad por las serie temporales. Por ejemplo, es difícil alcanzar una buena relación entre el factor desencadenante y la frecuencia de movimientos de ladera. Por otra parte, esta aproximación puede cambiar si la zona se deforesta o se somete a otras actividades antrópicas.
- Las limitaciones en el nivel de detalle del mapa topográfico, geológico, geomorfológico, y de los datos de lluvia registrados, así como otros datos de entrada de los modelos de predicción.
- La incertidumbre del modelo de correlación entre el inventario, la topografía, la geología, la geomorfología y los eventos desencadenantes.
- Las limitaciones en las habilidades de los profesionales que llevan a cabo la zonificación.

De esto se deduce que la zonificación de aspectos de los movimientos de ladera no es una ciencia exacta, y los resultados son sólo una predicción de la evolución de laderas que se basan en los datos disponibles y su calidad.

2.9.2 Inventarios de movimientos de ladera

Debido a que el inventario de movimientos de ladera contienen los datos de entrada fundamentales para el desarrollo de las componentes del riesgo superiores, como se expone en la sección 2.3, sus limitaciones también se convierten en la principal fuente de error en los mapas de la susceptibilidad y peligrosidad ([Carrara et al. 1992](#); [Van Westen et al. 1999](#); [Ardizzone et al. 2002](#)). Por ejemplo, los mayores errores aparecen

en inventarios derivados de fotografías aéreas, particularmente cuando se utiliza una escala pequeña en la que la interpretación subjetiva juega un papel fundamental; pero también la vegetación y otros objetos obstaculizan la producción de un buen modelo digital de terreno (DTM). Estos modelos deben ser comprobados mediante otros mapas topográficos o datos que permitan editar o calibrar el producto final. Además, los inventarios de deslizamientos en taludes artificiales, rellenos del trasdós de muros de contención o de terraplenes, rara vez son suficientemente completos.

2.9.3 Mapas topográficos

Como se ha expresado en la sección previa, los datos topográficos son de especial importancia cuando se abordan niveles intermedios y avanzados de evaluación de las componentes del riesgo, permitiendo definir con precisión los límites de las zonas afectadas, así como de los rasgos internos de los movimientos de ladera inventariados. Para la zonificación a una escala grande se requieren contornos de 2 metros a 5 m como máximo, y los límites de zonificación deben ser revisados en el terreno; ya que sus errores pueden suponer importantes consecuencias para los propietarios de propiedades situadas en dichas áreas.

2.9.4 Incertidumbre del modelo

Como se ha indicado en los apartados anteriores, no hay un modelo universal y más preciso para todos los movimientos de ladera, pero la zonificación de la peligrosidad y el riesgo basada en análisis estadísticos en un nivel intermedio dará resultados con mayor precisión. En niveles avanzados, los modelos que determinan el factor de seguridad, con bases teóricas bien definidas en cuanto a leyes físico-mecánicas, podrían parecer proporcionar mayor precisión, pero sus parámetros están asociados con grandes incertidumbres por las limitaciones en el conocimiento de los datos de entrada en comparación con otros métodos de modelado.

2.9.5 Validación de la cartografía de movimientos de ladera

Una vez que la zonificación ha finalizado, debe efectuarse la verificación o prueba de los modelos. Para existen dos métodos comunes:

2.9.5.1 Revisión por homólogos (Peer review)

Esta es la fase en la que varios revisores con alto nivel de conocimientos y experiencia puede proporcionar una evaluación independiente de la susceptibilidad, peligrosidad y zonificación del riesgo (Carrara et al. 1992; Ardizzone et al. 2002); de modo que la precisión de los modelos dependerá del grado de acuerdo entre las revisiones contrastadas.

2.9.5.2 Validación formal

Este método se utiliza para el nivel avanzado, más importante en la cartografía de riesgos. Aquí el inventario se divide aleatoriamente en dos grupos de elementos de entrada (ej., movimientos de ladera), uno para el análisis (training set), y otro para la validación (test set). A continuación se desarrolla el análisis sobre el primer conjunto

del inventario (modelo), y posteriormente se prueba y se compara su predicción con la zonificación real de movimientos dada por el otro conjunto de datos. La verificación se lleva a cabo mediante 3 enfoques (Remondo et al. 2003):

- a) Tanto el grupo de movimientos de ladera para el análisis como el de prueba se eligen de forma aleatoria (Jiménez-Perálvarez et al. 2009).
- b) El análisis se centra en el inventario para un cierto período de tiempo, mientras que la validación se realiza sobre movimientos de ladera ocurridos en un período diferente. Esta validación suele ser más fiable, aunque funciona mejor en zonas con alta frecuencia movimientos, y que sean bien registrados dentro de una ventana temporal amplia para la zona de estudio (Irigaray et al. 2007; Fell et al. 2008).
- c) El análisis se centra en el inventario para un área, mientras que la validación se realiza sobre movimientos de ladera ocurridos en una zona diferente.

2.9.6 Efectos potenciales del cambio climático

A pesar de la eficacia del modelo final, el clima puede afectar a la frecuencia disminuyéndola o incrementándola, como por ejemplo, haciendo variar la intensidad, duración o recurrencia de precipitaciones cuyas variables superan los umbrales fijados para que se activen los distintos tipos de movimientos.

2.10 CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo se han organizado los diferentes conceptos y metodologías que afectan a la evaluación y zonificación de las componentes del riesgo por movimientos de ladera, desde la fase inicial de la obtención del inventario hasta los métodos para la evaluación y zonificación de la peligrosidad. En las distintas partes de esta revisión se ha deslindado la aplicabilidad o contribución que la técnica avanzada de LiDAR supone en las diferentes etapas de evaluación de la peligrosidad:

- Como técnica que permite el inventariado secuencial a diferentes escalas (ver sección 2.3.1); constituyendo una fuente directa y eficaz para la adquisición de datos de entrada en los modelos de peligrosidad (ver sección 2.6.1.1). Igualmente, permitiendo el registro los cambios del terreno como consecuencia de eventos del correspondiente desencadenante (MORLE), de los que se adquiere una información importante cuando se pueden correlacionar con los umbrales de activación.
- Como medio importante de observación de los cambios evolutivos en la actividad de movimientos de ladera diacrónicos, así como en la determinación de las tasas de desplazamiento diferencial de la masa movilizada (ver sección 2.8.2).
- Por tanto, minimizando las limitaciones (ver sección 2.6.6) que existían para la adquisición cronológica de datos e información actualizada sobre la ocurrencia espaciotemporal de eventos de movimientos de ladera; lo que es necesario para el estudio de las relaciones causa-efecto sobre este fenómeno.

Del mismo modo se derivan las dificultades, pero también la utilidad que puede suponer la compleción de catálogos históricos a partir de la documentación bibliográfica (2.6.6), de modo que puedan datarse y localizarse movimientos de ladera a los que se les pueda asignar los umbrales y frecuencia de la ocurrencia de sus eventos desencadenantes (ver secciones 2.6.3.6 o 2.6.4.2). Para tal asignación se infiere la necesidad de realizar un análisis de frecuencia avanzado y exhaustivo sobre las magnitudes de variables del evento desencadenantes (en este caso, la lluvia). Este modo de procedimiento es un método indirecto del análisis de la probabilidad temporal de la ocurrencia de movimientos de ladera (sección 2.6.2.2.2) en la zonificación de la peligrosidad (sección 2.7.3.3) cuando no se obtienen otros datos directos.

Capítulo 3. AREA DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN PREVIA

Esta sección tiene como objetivo proporcionar los aspectos que hacen que el área de estudio sea considerada en la investigación de la evolución de movimientos de ladera en la actualidad.

El área regional de estudio, extendida desde las laderas al S-SW de Sierra Nevada (Cordillera Bética) hacia el litoral mediterráneo del Sur de España (Figura 9). Esta extensión se enmarca en una escala regional (2370 km²) cubriendo diferentes cotas sobre el nivel del mar (~ 5 m – ~ 1450 m). Tanto el área de terreno investigada como los movimientos antiguos existentes, se eligieron considerando su importante actividad en cuanto a los movimientos de ladera. Esta realidad justifica que la zona haya sido objeto de investigación durante las últimas décadas mediante evaluación y cartografía de las diferentes componentes de riesgo. Sin embargo, la investigación dirigida a la evaluación semicuantitativa o cuantitativa de la peligrosidad todavía se encuentra en una fase muy inicial dentro del área de estudio, donde se han llevado a cabo algunos trabajos de monitorización y detección de cambios relacionados con los movimientos de ladera, bien sea mediante DInSAR (Fernández et al. 2009); análisis fotogramétrico digital (Fernández et al. 2011); escáner de láser terrestre (Irigaray and Palenzuela 2013; Palenzuela et al. 2013); o determinación indirecta de la recurrencia media de eventos mediante fotointerpretación y dataciones dendrocronológicas (Jiménez-Perálvarez 2012). Por otro lado, las bases de datos de eventos de movimientos estandarizadas y con datos de su datación más allá de la escala local son inexistentes en la zona de estudio, lo que impide la evaluación de la peligrosidad por métodos directos. Teniendo en cuenta este hecho y la importancia de la peligrosidad como parte de la evaluación del riesgo total de los movimientos de ladera, este trabajo se orienta hacia la obtención de nuevos resultados mediante la aplicación de técnicas avanzadas que permiten el seguimiento de la evolución del terreno en respuesta a los factores desencadenantes; así como el registro de eventos de movimientos de ladera y sus características identificadas por estos métodos en un catálogo, o más bien, en una geodatabase que pueda ser integrada en futuros estudios mediante SIG.

3.1 SÍNTESIS CLIMÁTICA

En el dominio del área de estudio el clima dominante es del tipo Mediterráneo - Cs - (Köeppen 1936), alternando desde clima semiárido en veranos secos (Mayo-Septiembre) a sub-húmedos en el periodo lluvioso (Octubre-Abril) (Ruiz Sinoga and Martínez Murillo 2009; Jiménez-Perálvarez et al. 2011). La temperatura media es de 16° C, pero varía desde temperaturas más frías en áreas de alta montaña, hasta alcanzar los picos más altos en el periodo seco, frecuentemente excediendo los 40° C. La humedad relativa es muy baja, menor del 30%. La mayor humedad se concentra durante el periodo lluvioso de Octubre a Abril, cuando la precipitación media anual resulta en 650 mm; aunque distribuida desigualmente de un año a otro (Trujillo 1995; Schutt 2005). Espacialmente, en el sur y sureste de las montañas de Sierra Nevada, existe una transición de una zona de clima de estepa frío - BSk - (Köeppen 1936) a la base de las montañas, hasta una zona de clima de estepa caliente -BSh - (Köeppen 1936) en el lado de la costa (Schutt 2005).

El principal elemento meteorológico que controla el tiempo atmosférico sobre la región es el anticiclón de las Azores. Durante el invierno la banda de altas presiones del anticiclón de las Azores se localiza entre los 40N y los 30N, cuando las tormentas del frente polar junto con la depresión de Islandia traen las lluvias a la región en cuestión. Por el contrario, en la estación estival, el eje central se mueve la zona situada entre los 35N y los 45N, provocando un ambiente seco y cálido sobre el área de interés, típico de los periodos veraniegos del Mediterráneo. Algunas veces, el anticiclón se mueve entre los 45N y 55N, haciendo que el área de interés se exponga a los sistemas de nubes del frente polar y el chorro subtropical que resultan en un tiempo tormentoso. El relieve más alto de la Cordillera Bética causa un gradiente altitudinal que facilita el desarrollo de temperaturas frías y la formación de un gradiente de la lluvia en relación con la altitud. La disposición de este relieve junto con su orientación controla la aparición de células convectivas y áreas de sombra para la lluvia (Trujillo 1995; Schutt 2005). En general, la precipitación muestra una tendencia creciente desde el este al oeste debido a la mayor influencia atlántica, así como con la altitud, alcanzando el máximo (~ 1500 mm) en los picos más altos. El periodo de mayor precipitación se concentra en otoño o primavera (Trujillo 1995). El efecto de la altitud hace cambiar el clima local que muestra características de clima mediterráneo (atas temperaturas, lluvia errática y fuerte insolación) en las elevaciones más bajas, mientras que las características de clima continental se hacen patentes a mayor altura. La gradación influenciada por la altitud favorece una caída de las temperaturas, la ocurrencia de heladas y un incremento en la precipitación.

De especial interés son los dos records históricos de lluvia anual en el área de estudio; uno tuvo lugar en el invierno de 1996-1997 y otro en 2009-2010, cuando las lluvias alcanzaron más del doble de la precipitación media acumulada para un año hidrológico típico en España (AEMET 2010). Estas condiciones meteorológicas extremas desencadenaron numerosas inundaciones, movimientos de ladera y una fuerte erosión, con sus correspondientes consecuencias sociales y daños materiales (Irigaray et al. 2000; Palenzuela et al. 2013; Palenzuela et al. 2014).

3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

3.2.1 Síntesis tectónica

La orogenia alpina se desarrolló desde el Cretácico Superior, con la inversión tectónica de divergente-transtensiva a un episodio convergente desde el Campaniano Inferior (~ 83 m.a.) (Martin-Chivelet et al. 1997) que continuó hasta el presente con la consiguiente deformación de las estructuras geológicas de la Cordillera Bética. Sin embargo, la intensidad y la dirección de la convergencia entre las placas africanas e ibéricas no han sido constantes. Durante la convergencia predominante NNO-SSE desde el Tortonense (8-9 m.a.) el antiguo margen ibérico del sur (Zonas Externas) y el del Dominio de Alborán (Zonas Internas) han aumentado rápidamente su velocidad hasta un máximo de 0,5 mm/año.

En términos generales, a partir de finales del Cretácico al Paleógeno Inferior (65 m.a) el engrosamiento cortical en el Dominio de Alborán afectó a sus unidades Nevado Filábride y Alpujárride produciendo un metamorfismo de alta presión y baja

temperatura. Desde el Paleógeno Superior (23 m.a.) el dominio de Alborán comenzó a moverse hacia el oeste hasta colisionar contra el margen ibérico meridional entre el final de este período y el inicio del Neógeno, lo que causó una gran deformación en la microplaca de Alborán (Zonas Internas), con un máximo en el Mioceno inferior (Burdigaliense, 19 m.a.), y una sobrecarga tectónica menos profunda e intensa en las Zonas Externas.

Una etapa especial en la cuenca de Alborán aconteció del Mioceno Inferior a Tortoniense Inferior, cuando un proceso de rifting inició la apertura de la cuenca de Alborán, lo que parece paradójico ya que las condiciones tectónicas regionales de las placas durante el Terciario fueron de convergencia y colisión aproximadamente N-S (Dewey et al. 1989; Platt et al. 1996). Acerca de este comportamiento tectónico particular se han propuesto varias teorías (Malinverno and Ryan 1986; Kastens et al. 1988; Platt and Vissers 1989; García-Dueñas et al. 1992; Comas et al. 1993), y a través de estudios posteriores, empleando prospecciones avanzadas, se ha confirmado una evolución de las rocas afectadas en el zócalo continental de la Cuenca de Alborán de alta a baja presión sin apenas cambiar la temperatura (~ cte.), es decir, una exhumación rápida del manto de la litosfera en un proceso iniciado en el Mioceno inferior. En este punto, cuando la cresta acrecional se acomodó por la colisión, la raíz gruesa, fría, y densa de la capa litosférica podría ser la causa de inestabilidades gravitatorias y convectivas, y más tarde, de una de laminación seguida por fusión y sustitución por manto astenosférico (Oligoceno Superior, 23 m.a.) (Figura 5a-b). Sobre el Burdigaliense (19 m.a.) la elevación o rebote de la corteza como un ajuste isostático supondría el aumento de energía potencial regional hasta vencer el esfuerzo de compresión horizontal de menor magnitud, estableciendo un régimen extensional de la litosfera continental engrosada desde el Mioceno Inferior a Medio. Esta extensión fue acomodada por el acortamiento de la fina corteza subyacente que circunda las cuencas Subbéticas y Rif Externo (Figura 5 (b)), produciendo además la elevación del primer relieve que corresponde a las Zonas Internas como una isla en el océano del Tetis durante el Mioceno Medio (16-11 m.a.), que antes pertenecían al bloque de Alborán fragmentado. De este modo, a finales del Mioceno la corteza bajo la Cuenca de Alborán se habría adelgazado hasta un mínimo de un tercio de su espesor tras la etapa de convergencia general, quedando la región por debajo del nivel del mar, mientras que un cabalgamiento radial avanzaría sobre los márgenes marroquí e ibérico, terminando en el emplazamiento de los fragmentos más cercanos al sureste de la Placa Ibérica (Zonas Internas) hace 8 - 9 m.a. (Figura 5 (c)) (Platt et al. 1996).

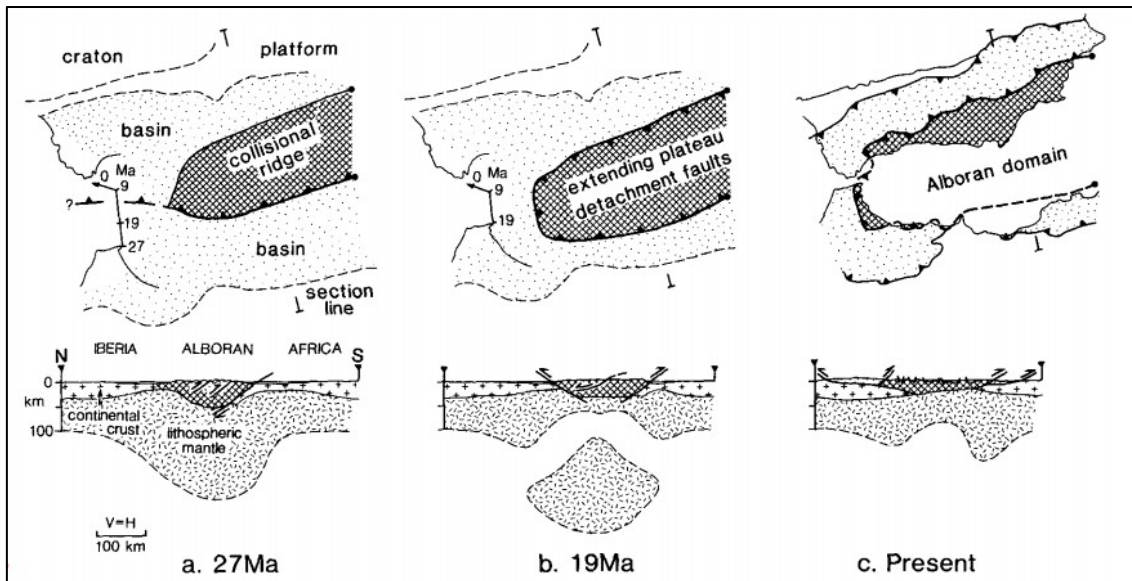


Figura 5 Esquema de las fases extensionales del Cretácico inferior-superior hasta el presente, tomado de [Platt and Vissers \(1989\)](#)



Figura 6 Mapa paleogeográfico de la Cordillera Bética en el Tortonense Superior (aprox. 8 m.a.), tomado de [Sanz de Galdeano et al. \(2007\)](#) (modificado de [Serrano \(1979\)](#))

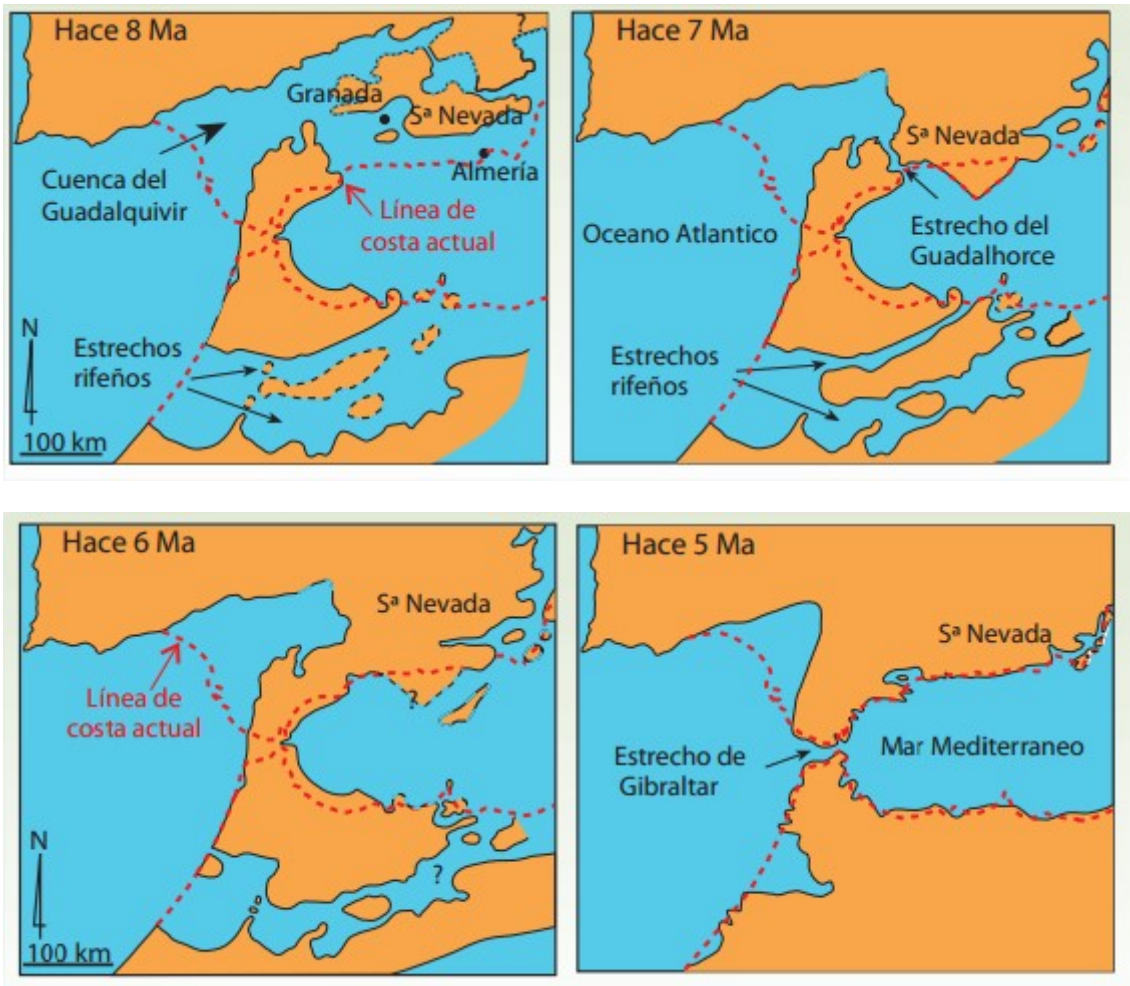


Figura 7 Mapa paleogeográfico de la Cordillera Bética entre el Mesiniense Superior y el Plioceno Inferior, tomado de [Martín et al. \(2008\)](#)

Así, la aparición de la Cordillera Bética comenzó en el Mioceno Medio como una gran isla ([Braga et al. 2003](#)), seguido por su emplazamiento y elevación del relieve con los picos más altos que actualmente caracterizan la cadena montañosa de la Cordillera Bética (Sierra Nevada - Sierra de los Filabres) durante el Mioceno Superior y el Plioceno Inferior (Tortonense - Mesiniense, 8-6 m.a.) (Figura 6 y Figura 7 arriba). Este relieve permaneció emergido aunque la transgresión sucedió varias veces (Figura 6 y Figura 7). El período más importante en el emplazamiento de las Zonas Internas fue el del Mesiniense (~ 6.5 a 5.3 m.a.), dando lugar al cierre de los estrechos que unen los océanos Atlántico y Tetis entre ambos continentes (Figura 7 abajo a la izquierda), hasta que finalmente el Estrecho de Gibraltar se abrió de nuevo aproximadamente hace 5,7 m.a. (Figura 7 abajo a la derecha).

De acuerdo a los eventos anteriores, la etapa tectónica importante que condicionó el relieve actual se puede asociar a varios impulsos que ocurrieron desde Tortonense (9-8 m.a.) al Plioceno Inferior. Esta fase se inició cuando el rifting local terminó y la dirección principal de esfuerzo de compresión cambió a NNO-SSE, acomodada por pliegues E-O/ENE-OSO, algunos de los cuales siguen activos y dan forma a las principales montañas de la Cordillera Bética. Al mismo tiempo se generalizó la componente extensional perpendicular a la de compresión, de dirección aproximada

ENE-OSO acomodada por fallas normales NO-SE que constituyen un relieve escalonado (Sanz de Galdeano and Alfaro 2004; Sanz de Galdeano et al. 2007).

Por otra parte, los sinclinales se rellenaron de sedimento dando lugar a las principales cuencas del Neógeno-Cuaternario. Según las investigaciones sobre la tasa de elevación, y por lo tanto, las velocidades promedio de levantamiento de la roca del Neógeno Superior (Plioceno), estos se reflejan en un ascenso de los depósitos marinos costeros en aguas poco profundas con valores máximos de 0,2 mm/año desde su formación, y un máximo calculado en Sierra de Gádor (0.28 mm/año). Sin embargo, los valores más altos (0,5-0,7 mm/año) para el Complejo Nevado - Filábride se obtuvieron por un análisis de su evolución metamórfica. Estudios sobre la tasa de exhumación hasta alcanzar temperaturas cercanas a la superficie por la tectónica extensional y delaminación, como el de Johnson (1997), proponen velocidades de enfriamiento de 0,105 a 0,200 mm/año desde hace 25 a 10 m.a., lo que puede ser equivalente a tasas de exhumación de 0,7-0,14 m/a. Platt and Whitehouse (1999) obtuvieron tasas de exhumación mínimas de 6 mm/año para en el intervalo de hace 27 a 19 m.a. en diversas unidades del basamento de la Cordillera Bética. La razón de ascenso experimentó una caída con el tiempo, ya que la deposición de materiales muestra tasa más baja para las unidades más jóvenes del Tortoniense inferior al Plioceno inferior. Como la distribución de levantamiento no fue uniforme, desde principios del Tortoniense el levantamiento regional de los complejos de la Cordillera Bética y el desarrollo de cuencas ha sido más alto en el oeste de Sierra Nevada (donde se ubican los picos actuales superiores a los 3.000 m), con una disminución en el este. La altitud alcanzada y las tasas de levantamiento que pueden estimarse a partir de los marcadores de la línea de playa también disminuyen lejos de la montaña actual, donde el levantamiento fue mayor a finales del Neógeno (Sanz de Galdeano and Alfaro 2004; Sanz de Galdeano et al. 2007)..

Este levantamiento activo es máximo en Sierra Nevada, donde alcanza un valor de alrededor de 0,5 mm/año y disminuye progresivamente en todas las direcciones, mientras que la convergencia NO-SE es de unos 4-5 mm/año (Argus et al. 1989; DeMets et al. 1990; Sanz de Galdeano et al. 2007), acomodada por fallas activas con una orientación general hacia NO-SE (Figura 8).

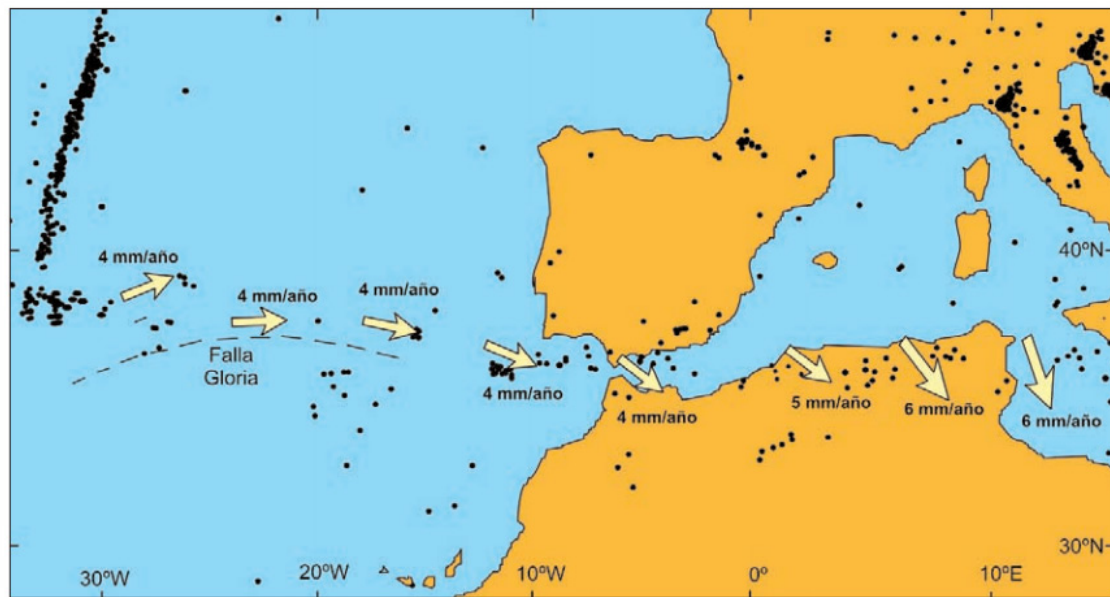


Figura 8 Velocidades de convergencia actual entre las placas Ibérica y Africana, tomado de [Sanz de Galdeano et al. \(2007\)](#) (modificado de [Argus et al. \(1989\)](#))

3.2.2 Síntesis litológica

El área de estudio se encuentra en las Zonas Internas de la Cordillera Bética ([Balanyá and García-Dueñas 1987](#)), constituida por rocas metamórficas de los complejos Nevado - Filábride ([Egeler 1964](#)) y Alpujárride ([Van Bemmelen 1927](#)), así como por los depósitos post-tectónicos del Neógeno y Cuaternario. En el Complejo Nevado - Filábride el esquisto oscuro y micaesquisto con feldespatos están muy extendidos, mientras que el Complejo Alpujárride comprende esquistos calcáreos del Triásico, mármol, filita y cuarcita ([Gómez-Pugnaire et al. 2004](#)). La litología Neógena se compone de margas y limos cubiertos por conglomerados ([Ortega-Huertas et al. 1985](#)), además de los derrubios coluviales depositados ladera abajo y el relleno aluvial acumulado en el curso de la red de hidrológica. Las principales unidades estructurales se representan en la Figura 9, mientras que el mapa sintético de la distribución litológica se muestra en la Figura 10.

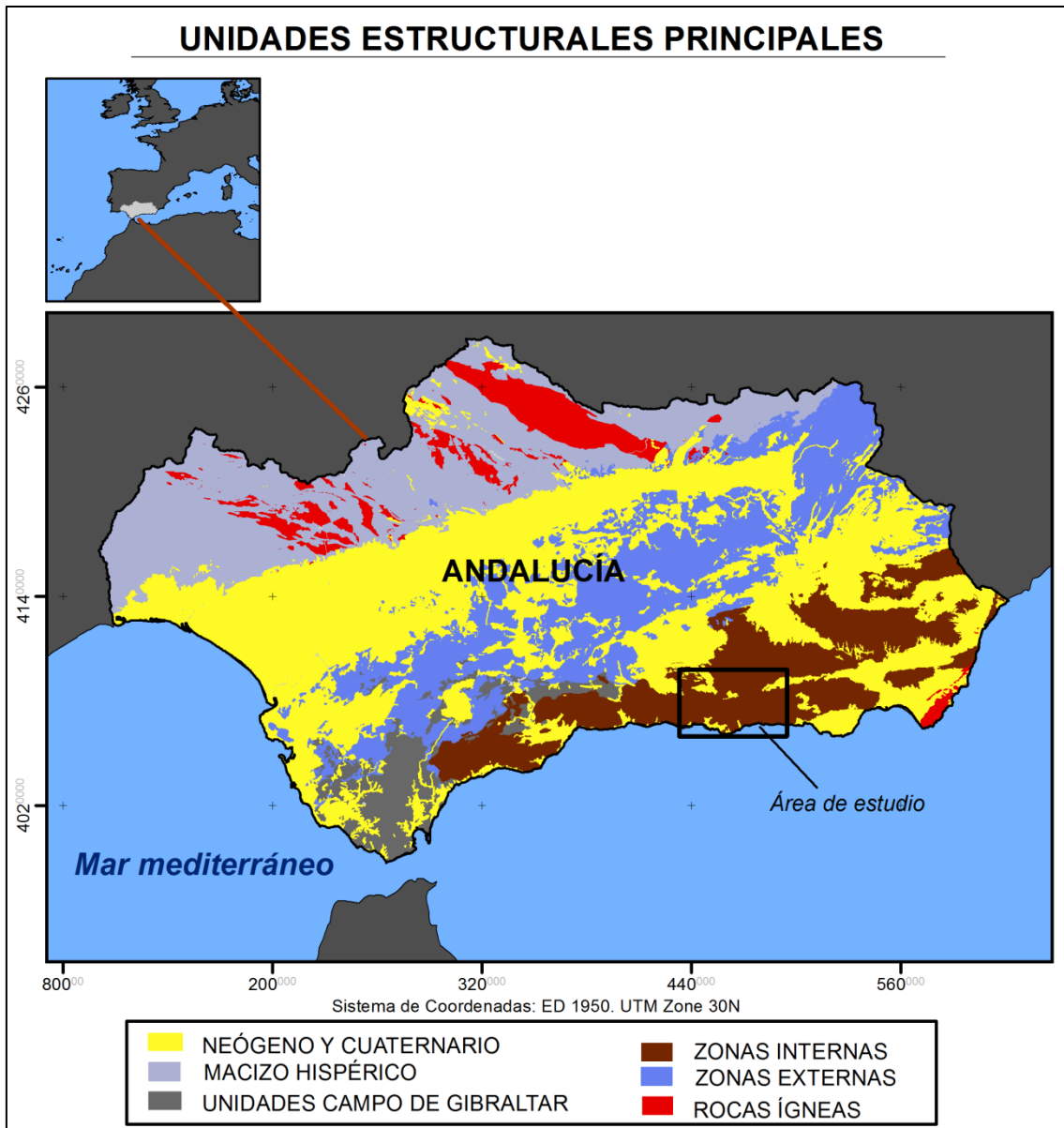


Figura 9 Unidades estructurales principales de la Cordillera Bética

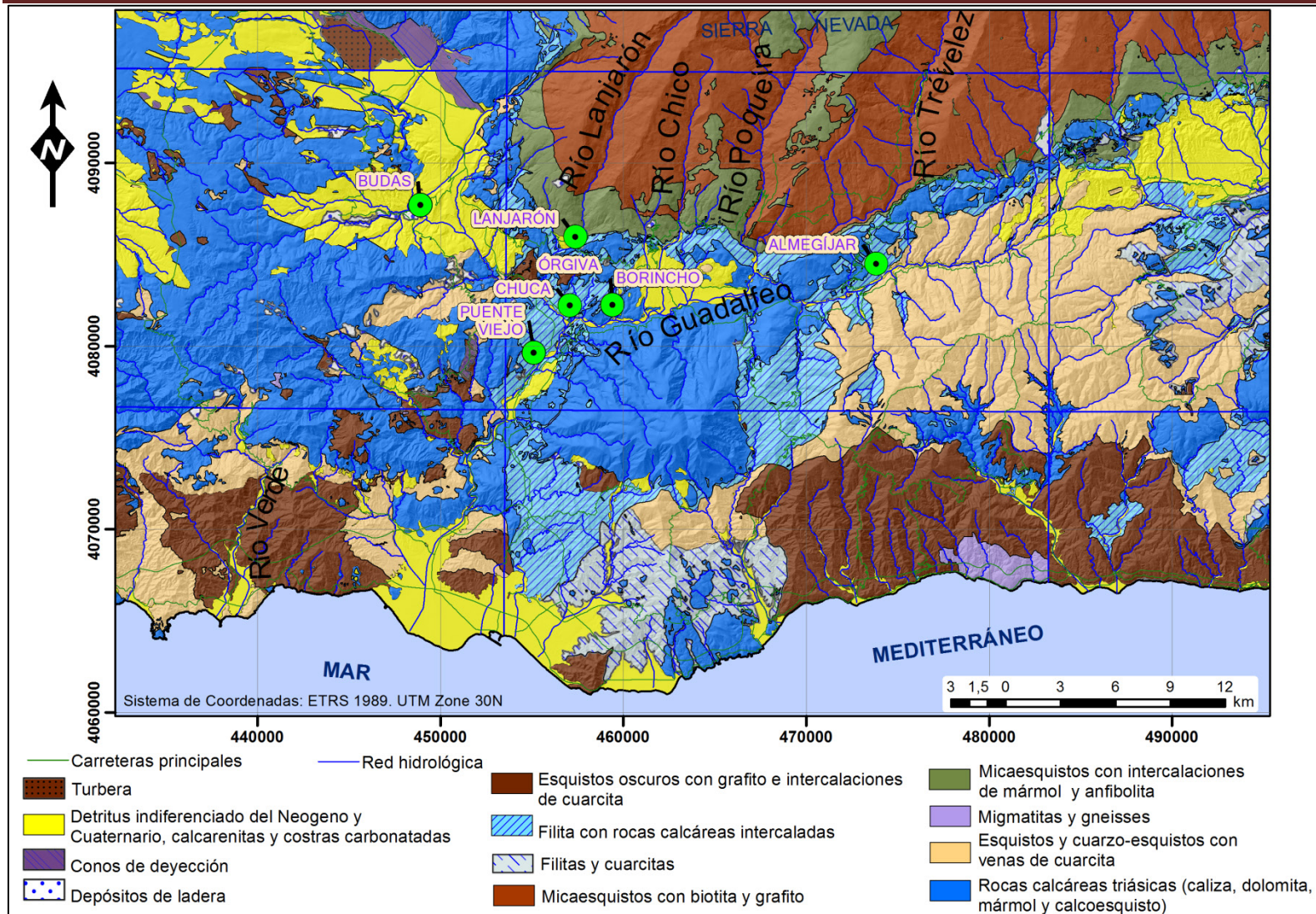


Figura 10 Mapa litológico del área de estudio. Los puntos con halo verde indican las localizaciones de los movimientos investigados mediante la técnica de TLS (ver capítulo Capítulo 4)

3.3 TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA ASOCIADOS A SU CONTEXTO GEOLÓGICO

Cada tipo de movimiento de ladera coincide con un grupo de condiciones en términos de características geológicas y geomorfológicas que caracterizan las principales unidades de la Cordillera Bética, como se describe en (Chacón et al. 2006b). A continuación se resumen los tipos de movimientos de ladera característicos controlados por los distintos materiales que se encuentran en el área de estudio (Zonas Internas), así como las que se encuentran en la parte norte de la Cordillera (Dominio Prebético-Subbético) y en las cuencas del Neógeno-Cuaternario:

El Dominio Bético o Zonas Internas.

En estas unidades los principales tipos de movimientos de ladera son desprendimientos de rocas y deslizamientos traslacionales, y también algunos flujos de derrubios y deslizamientos rotacionales, relacionados con las unidades litológicas con diferentes propiedades mecánicas situadas al margen de los contactos tectónicos, como el mármol, filita y esquisto. La inestabilidad es mayor en las unidades tectónicas del Alpujarride con potentes formaciones de esquisto y filita, seguido por el mármol en el borde del sur de Sierra Nevada. Esta se distribuye a lo largo de las laderas empinadas del valle del río Guadalfeo, causando daños importantes en carreteras y pueblos durante los períodos de fuertes lluvias, por ejemplo, en la crisis de precipitaciones entre septiembre de 1996 y mayo de 1997 (Lamas et al. 1998b; Irigaray et al. 2000), o en el período más reciente del invierno 2009-2010. En estos períodos los flujos de derrubios y deslizamientos traslacionales son relativamente frecuentes en los alrededores de las carreteras y zonas urbanas causando daños de impacto variable.

Dominio Prebético - Subbético.

En este sector predominan las margas y arcillas dentro de todos los depósitos del Mesozoico, como las facies Keuper del Triásico; las unidades de arcillas expansivas intercaladas con margas y calizas del Jurásico Medio-Superior al Cretácico; y la presencia de secuencias flichoides del Terciario, también intercaladas con margas y calizas. Estos materiales se ven afectados por flujos de tierra y lodo abundantes y extensos que representan el 65% de los movimientos inventariados en la provincia de Granada y en la región de Andalucía. Por su parte, las formaciones rocosas del Lías Inferior y dolomías del Jurásico presentan numerosas caídas de rocas y deslizamientos.

Cuencas del Neógeno y Cuaternario.

Las cuencas más recientes se han rellenado desde el Mioceno, durante el levantamiento post-tectónico de la Cordillera Bética. Su morfología se originó como una ramificación del antiguo mar Terciario, evolucionando desde ambientes lacustres a fluviales, como reflejan las secuencias flichoides de gran espesor compuestas de margas y calizas con algunas capas de evaporitas, seguidos por series de depósitos

clásticos cada vez más gruesos constituidos por limos, arenas y conglomerados. Estas cuencas están tectónicamente delimitadas por unidades del Complejo Alpujárride, donde las zonas de contacto están fuertemente afectadas por la inestabilidad de laderas. Los desprendimientos de rocas y flujos de derrubios son frecuentes en las laderas del borde norte de la cuenca de Ugíjar, Guadix y Granada, así como los flujos de tierra y los deslizamientos que evolucionan a flujos de derrubios desarrollados en las margas del Mioceno (Chacón et al. 2001).

3.4 AVANCES EN INVENTARIOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA

Existen varios trabajos en la zona que incluyen inventarios de movimientos como bases de datos espaciales utilizados para preparar la zonificación y la evaluación de las distintas componentes del riesgo total, como pueden revisarse en: (Jiménez-Perálvarez et al. 2011; Irigaray et al. 2012) en el río Guadalfeo; (El Hamdouni et al. 1997a; El Hamdouni et al. 1997b; El Hamdouni 2001) en la cuenca de Ízbor; o (Fernández et al. 1996; Fernández 2001) en las Sierras de la Contraviesa y Los Guajares. Estos inventarios se obtienen a través de técnicas de fotointerpretación y trabajos geomorfológicos de campo, incluyendo datos como el tamaño y el tipo de movimiento, etapa de desarrollo, actividad y litología.

3.5 AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE LADERA

Como se introduce en la sección 2.4, el conocimiento de la relación entre los factores determinantes y los procesos de movimientos de ladera permite determinar las áreas potenciales donde podrían iniciarse o reactivarse futuros movimientos de ladera (Hutchinson 1995). En la misma sección también se revisan las diversas metodologías para tal fin que pueden encontrar en la literatura.

En la zona semiárida de la cuenca del Guadalfeo al sur de Sierra Nevada, se ha aplicado la Metodología de la Matriz implementada en GIS (GMM) (Irigaray 1995; Cross 1998; Irigaray et al. 1999; Irigaray et al. 2007; Jiménez-Perálvarez et al. 2009), y optimizada (Jiménez-Perálvarez 2012) para establecer y cartografiar la susceptibilidad relativa de los factores determinantes. Esta metodología ha sido calibrada y validada posteriormente (Remondo et al. 2003; Guzzetti et al. 2006; Jiménez-Perálvarez et al. 2011), mostrando un buen grado de ajuste (DF) a través de la tabulación cruzada entre un conjunto de movimientos de ladera (no incluido en desarrollo del modelo de susceptibilidad) y el mapa de susceptibilidad resultante (Goodchild 1986; Irigaray et al. 1999; Irigaray et al. 2007). La GMM es de tipo estadístico bivalente, reproducible y objetivo (DeGraff and Romesburg 1980; Maharaj 1993; Irigaray 1995; Cross 1998; Irigaray et al. 1999; Clerici et al. 2002; Irigaray et al. 2007), y consiste en cruzar los mapas de los factores determinantes relevantes, previamente seleccionados a partir de tablas de contingencia, con el mapa de movimientos de ladera. Básicamente, los pasos a seguir para la aplicación de este proceso se llevan a cabo en su totalidad a través de una herramienta automática creada con Model Builder ArcGIS (ESRI). Estos pasos se resumen a continuación:

- Recopilación de datos. En este caso, los datos más relevantes son los correspondientes a la litología, porque este tipo de datos representan la resistencia de los materiales en términos de respuesta durante los procesos de inestabilidad. Las clases de este factor determinante, se incluyen en el modelo de la susceptibilidad como una capa vectorial.
- Extracción de variables a partir del DTM. Estos son factores determinantes, como la altura o ángulo de la pendiente y su orientación, esta última como expresión del tiempo de insolación y el desarrollo de humedad en el suelo, que se extraen como tres nuevos mapas de los datos del DTM.
- Inclusión del inventario de movimientos reclasificado.
- Cálculo de la Matriz de áreas ocupadas respecto a la extensión de los Movimientos de ladera LM (Landslide Matrix). Una vez que se ha identificado un conjunto de factores que pueden determinar el potencial desestabilizador de la ladera, se construye una matriz cuyas celdas (unidades de mapa) representan una posible combinación de las clases de factores considerados. El mapa de LM se establece a continuación, mediante el cálculo y la asignación de extensiones afectadas por los movimientos introducidos en el modelo a cada una de estas combinaciones, es decir, correlando las posibles combinaciones de clases (ej., una matriz de 3 ejes para la litología, el ángulo de inclinación y la orientación) y el área afectada (es decir, las unidades de extensión o extensión en %).
- Cálculo de la Matriz de áreas ocupadas respecto a la Superficie Total de estudio TSM (Total Surface Matrix). Esta es calculada cruzando las posibles combinaciones entre las clases de factores determinantes seleccionados con el área que ocupa cada una, independientemente de que ocupen partes afectadas o no por los movimientos del inventario, es decir, se correlacionan las combinaciones de clases directamente con el área total ocupada.
- Cálculo de la Matriz de Susceptibilidad SM (Susceptibility Matrix). Esta es la última matriz que se calcula dividiendo el valor de la celda correspondiente a la LM por el valor de la celda asociada a al TSM. Por lo tanto, los valores de cada celda en la SM representan una evaluación de la susceptibilidad relativa correspondiente a cada combinación de los factores determinantes de las celdas, es decir, el porcentaje de área potencial a la generación de movimientos relativa a cada combinación de clases de los factores determinantes con respecto a la superficie total del área de estudio.

Por último, el mapa resultante se clasifica en 5 grados de susceptibilidad (muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto). Esta graduación se asigna automáticamente a cada zona utilizando el método de natural - breaks ([ArcGIS 2004](#); [Irigaray et al. 2007](#); [Jiménez-Perálvarez et al. 2011](#)), acotando los valores de las clases estadísticamente según se encuentran o no pares adyacentes de características que muestran grandes diferencias relativas en su valor ([ArcGIS 2004](#)).

A través de esta metodología se obtuvieron los siguientes resultados:

- Una vez seleccionados los factores determinantes mejor correlados con las áreas fuentes de movimientos de ladera (elevación, ángulo de inclinación, orientación pendiente y unidad litológica), se establecieron los valores de susceptibilidad de 0 a 100 en los siguientes intervalos: (1-2%) muy baja; (hasta 5 %) bajo; (hasta 10 %) moderada; (hasta 15 %) alta, y (> 15 %) muy alta. Sin embargo, cuando se trata de la caída de rocas, la zona de riesgo se limita por la distribución de los bloques y la morfología del escarpe (Jiménez-Perálvarez et al. 2010), por lo que la graduación se establece de una manera más conservadora con los rangos: muy baja (0); baja (1 %); moderada (3 %); alta (5 %) y muy alta susceptibilidad (8 %) (Figura 11). Se observó que para toda el área de estudio (460 km²), el 94 % de la superficie mostró susceptibilidad muy baja, baja o moderada, y sólo el 6 % registró susceptibilidad alta o muy alta a lo largo del margen del río principal y del límite entre las unidades de mármol y filita, donde se emplazan la Presa de Rules, una autopista y otras carreteras secundarias. El cálculo del grado de ajuste (Goodchild 1986) entre el mapa de movimientos de ladera y la zonificación prevista se llevó a cabo, dando el mayor ajuste para las clases de susceptibilidad alta y muy alta, y siendo menor en el caso de susceptibilidad baja y muy baja.

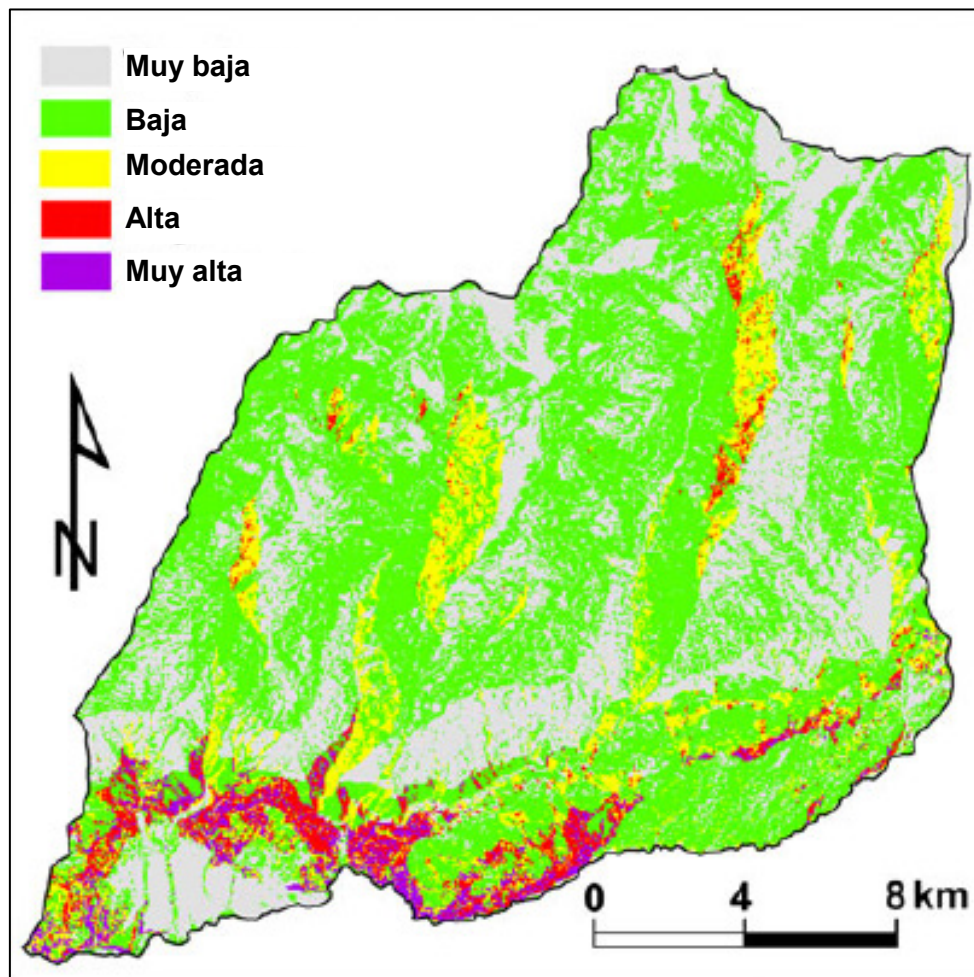


Figura 11 Mapa de susceptibilidad en la cuenca hidrológica del río Guadalfeo, tomado de Jiménez-Perálvarez et al. (2009)

A la metodología anterior hay que añadir el análisis espacial de estabilidad de taludes de carreteras en macizos rocosos que se ha desarrollado mediante la integración de un análisis probabilístico en un SIG (Irigaray et al. 2012), aplicado concretamente a tramos de la carretera nacional N-340 (en la costa del Mar Mediterráneo de la provincia de Granada, al sur de España). Este análisis consistió en los siguientes pasos:

- Sobre un total de 2.330 m de línea de exploración, a través de varias secciones de afloramientos de roca en taludes de la carretera se midieron los parámetros geomecánicos de 740 discontinuidades (espaciado, resistencia a la compresión, meteorización, presencia de agua, etc.), usando el tilt test para medir el ángulo de fricción (Franklin and Dusseault 1988; Bruce et al. 1989; Barton 2008), y estimando la cohesión sobre la base de información publicada en rocas similares (Goodman and Bray 1976; Hoek and Bray 1981; Waltham 2002). Algunos de los datos necesarios se obtuvieron utilizando un DEM (tamaño de celda de 2 m x 2 m) generado a partir del mapa topográfico 1:2.000 y ArcGIS 9.3 (ESRI 2009). Los datos restantes se examinaron mediante el mismo SIG.
- Se identificaron cuatro conjuntos de discontinuidades en cada sección, de los que se establecieron los valores representativos de sus propiedades geomecánicas.
- Por medio del software DIPS 5,0 (Rocscience 2009a), basado en el análisis de datos espaciales a partir de la proyección estereográfica, se identificaron los posibles intersecciones entre las series.
- Con el software de ArcGIS 9,3 se determinó la probabilidad de rotura planar, cuña, y vuelco.
- Cuando se identificaron los posibles tipos de rotura para las secciones sometidas al análisis cinemático, se calculó el F y FP para dichos tipos de movimientos, como un parámetro implicado en la susceptibilidad cuantitativa. Estas evaluaciones se llevaron a cabo con los módulos de software ROCPLANE 2.0 y Swedge 5.0 (Rocscience 2009b; c).
- Por último, se realizó una comparación entre los resultados del análisis de estabilidad y las observaciones de campo.

Los resultados obtenidos con esta metodología se verificaron mediante su comparación con las condiciones de estabilidad observadas en 40 taludes de carreteras a lo largo de 4 km, lo que mostró un ajuste razonable entre la estabilidad observada y evaluada para el 90 % de las zonas estudiadas.

3.6 AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DE LA PELIGROSIDAD POR MOVIMIENTOS DE LADERA

Se puede decir, que la evaluación de la peligrosidad en el área de estudio en la actualidad se encuentra en sus fases iniciales. No obstante, constan algunos trabajos,

como la evaluación de la actividad relacionada con movimientos de ladera mediante la detección de cambios de menor magnitud mediante DInSAR (Fernández et al. 2009); el seguimiento de movimientos diacrónicos mediante análisis fotogramétrico digital (Fernández et al. 2011); las recientes contribuciones relacionadas con el presente trabajo, en las que se han monitorizado desplazamientos, también en movimientos diacrónicos, mediante una metodología basada en escáner de láser terrestre (Irigaray and Palenzuela 2013; Palenzuela et al. 2013), y la correlación de dicha actividad con umbrales de precipitación; así como la estimación de la recurrencia media de eventos mediante fotointerpretación y dataciones dendrocronológicas (Jiménez-Perálvarez 2012).

Como se detalla en la sección 2.6.6, existen varias limitaciones al tratar con la evaluación y zonificación de la peligrosidad, sobre todo, las relacionadas con la recopilación de datos necesarios y establecimiento de relaciones causa-efecto, lo que obstaculiza el progreso en la investigación de dicha componente del riesgo. Debido a esto, en el área de estudio se vienen desarrollando trabajos durante la última década, con el propósito común de obtener información necesaria sobre la evolución temporal de los eventos de movimientos de ladera. Estos pueden sintetizarse como sigue, y se detallan más adelante en las secciones indicadas, algunos de los que se han desarrollado a través del presente trabajo de investigación:

1. Fotointerpretación a partir de imágenes aéreas de diferentes fechas (sección 3.6.1) (Jiménez-Perálvarez 2012).
2. Datación de eventos mediante el análisis dendrocronológico (sección 3.6.2) (Jiménez-Perálvarez 2012).
3. Detección de cambios en la actividad mediante metodologías basadas en la monitorización de movimientos concretos o de áreas más extensas mediante las siguientes técnicas de medición remota:
 - a. interferometría diferencial de radar de apertura sintética (DInSAR) (sección 3.6.3) (Fernández et al. 2009).
 - b. análisis comparativos mediante generación de MDTs a partir de la combinación de ALS y fotogrametría digital (sección 3.6.4) (Fernández et al. 2011).
 - c. escáner de láser terrestre o LiDAR terrestre (TLS) (capítulo Capítulo 4) (Irigaray and Palenzuela 2013; Palenzuela et al. 2013).
 - d. escáner de láser aéreo o LiDAR aéreo (ALS) (capítulo Capítulo 5) (Palenzuela et al. 2014).
4. La obtención de las diferentes variables de precipitación y su correlación con la ocurrencia de movimientos de ladera (capítulo Capítulo 6)

Los 3 últimos apartados, 3.c, 3.d y 4, se refieren a las metodologías desarrolladas por la presente investigación, y se desarrollan con detalle en los capítulos Capítulo 4, Capítulo 5 Capítulo 6, respectivamente, en relación con los objetivos planteados. Mientras que sus conclusiones se recogen en el Capítulo 7. Las restantes se

explicarán brevemente en las secciones siguientes, incluyendo una última sección 3.6.5, en la que se resumen resultados sobre dataciones y frecuencia temporal deducidas previamente al presente trabajo en [Jiménez-Perálvarez \(2012\)](#).

3.6.1 Fotointerpretación

En base a la considerable incidencia de movimientos de ladera, las zonas pobladas y las infraestructuras existentes, se seleccionó un sector con una extensión de aproximadamente 200 km² para aplicar esta metodología. Además de esto, se consideraron las características que hacen posible aplicar algunas técnicas de monitorización o datación, como la presencia de árboles (dendrocronología) o las características bien definidas (escarpes, delimitación de la masa). Para el área delimitada se realizó la revisión comparativa de distintas fotografías aéreas históricas e imágenes de satelitales para 8 casos de estudio o movimientos de ladera conocidos. La finalidad fue la de limitar la fecha de la primera activación (iniciación) y, por tanto, su duración y clase de diacronía ([Jiménez-Perálvarez 2012](#)). Las características de estos movimientos de ladera y los resultados de esta revisión se resumen en las Tabla 9 y Tabla 10.

NOMBRE	TIPO	LITOLOGÍA	PENDIENTE	PROFUNDIDAD	ÁREA
ALMEGÍJAR	Traslacional con escarpes secundarios	Filitas con comportamiento de suelo sobreconsolidado e intercalaciones de calcoesquistos	37°	Profundo (> 10 m)	4.80 ha
PUENTE VIEJO	Traslacional con escarpes secundarios	Filitas con comportamiento de suelo sobreconsolidado	26°	Profundo (> 10 m)	1.35 ha
MOJONERA	Translacional	Calcoesquistos sobre filitas con comportamiento de suelo sobreconsolidado	16°	Semiprofundo (2-10 m)	0.7 ha
CHUCA	Traslacional con escarpes secundarios	Contacto tectónico entre filitas con comportamiento de suelo sobreconsolidado sobre mármol y calcoesquistos	25°	Profundo (> 10 m)	4.5 ha
BUDAS	Traslacional con escarpes secundarios	Grava, arena y limos sobreconsolidados	27°	Profundo (> 10 m)	1.05ha
TABLONES	Traslacional con escarpes secundarios	Mármol sobre filitas con comportamiento de suelo sobreconsolidado	28°	Profundo (> 10 m)	16 ha
BORINCHO	Traslacional con escarpes secundarios	Calcoesquistos en contacto discordante sobre filitas con comportamiento de suelo sobreconsolidado	23°	Profundo (> 10 m)	2.0 ha
LAGUNILLAS	Traslacional	Contacto discordante entre filitas con comportamiento de suelo sobreconsolidado y mármoles	23°	Profundo (> 10 m)	2.20 ha

Tabla 9 Características de los movimientos de ladera seleccionados

NOMBRE	TLS	FOTOG.	DInSAR	DENDRO.	DESARROLLO	ACTIVIDAD	INICIACIÓN	DIACRONIA
ALMEGÍJAR	X	X			Avanzado	Inactivo - dormido	(1) 1984-1992	VII-VIII
PUENTE VIEJO	X			X	En desarrollo	Inactivo - dormido	(2) Probablemente a final de los 70	VIII
MOJONERA	X				Estadio inicial	Inactivo - dormido	Before 1956	VIII-IX
CHUCA	X			X	En desarrollo	Inactivo - dormido	Before 1956	VIII-IX
BUDAS	X			X	Avanzado	Inactivo - dormido	Before 1956	VIII-IX
TABLONES			X		En desarrollo	Inactivo - dormido, baja a muy baja velocidad (6-8 mm/a, DInSAR)	(3) Before 1956	VIII
BORINCHO	X			X	Avanzado	Inactivo - dormido	Before 1956	VIII-IX
LAGUNILLAS	X			X	En desarrollo	Inactivo - dormido	Before 1956	VIII-IX

Tabla 10 Resumen de técnicas y resultados para cada movimiento de ladera seleccionado. Las técnicas aplicadas a cada caso están marcadas con una X (TLS: Terrestrial Laser Scanner; Fotog.: Fotogrametría digital; DInSAR: Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar; y Dendro.: Dendrocronología).

- (1) El deslizamiento Almegíjar no aparecía en las fotografías antes de 1984, pero sí en las de 1998, y se visualiza ligeramente en las imágenes SPOT de 1995. Más tarde su datación fue acotada con las técnicas fotogramétricas de detección entre 1956 y 1992, por lo que se ha definido el intervalo de su iniciación entre 1984 y 1992. Además se detectó un nuevo periodo de movimiento por técnicas fotogramétricas entre 1992 y 2008, probablemente debido a las fuertes lluvias de 1996 a 1997. Finalmente se detectó un último periodo de reactivación entre 2009 y 2010 por TLS
- (2) En la ortofoto de 1977-78 aparecen rasgos de iniciación, mantenidos hasta 1984-85. Su estado actual de desarrollo se habría alcanzado entre ese periodo (1984-85) y el año 1998.
- (3) Se detectaron desplazamientos de 4 centímetros entre el 1994 y el 2000.

3.6.2 Datación dendrocronológica

Esta metodología se abordó siguiendo los fundamentos y principios que se describen a continuación, los cuales pueden ser revisados más desarrollada en [Shroder \(1978\)](#), [Moya et al. \(1992\)](#), [Moya and Corominas \(1996\)](#) y [Moya \(2002\)](#).

3.6.2.1 Fundamentos

Cuando se analizan los cambios biológicos a partir de los anillos de crecimiento de especies arbóreas se siguen los siguientes principios fundamentales:

- 1) Cada año se añade un anillo con dos bandas en el tronco de árboles, una clara (primavera) y otra oscura (verano). En otoño e invierno no existe el crecimiento, y el anillo exterior se corresponde con el último ciclo completado o en curso. La observación de estos rasgos se hace más compleja en años en que se omiten anillos o aparecen más de uno.
- 2) Cualquier evento que produce cambios en el crecimiento radial del tronco queda grabado en los anillos de modo que estos pueden ser datados. La edad de este evento viene dada por el número de anillos generados desde el inicio de este cambio.

Los deslizamientos (en sentido estricto) se relacionan con la inclinación del árbol debido a la deformación del suelo que causa un tipo diferente de madera en los anillos de crecimiento, llamada madera de reacción (o la madera de compresión de coníferas). Este tipo de madera es fácilmente identificable en las coníferas con más de 15 a 20° de inclinación. La edad se indica mediante la iniciación crecimiento de madera de reacción de (RWGI), o la iniciación de crecimiento de la madera de compresión en el de coníferas (CWGI), es decir, la edad del primer anillo que muestra este tipo de madera en el lado inferior del tronco (lado I), como se observa por un cambio de color desde el centro al exterior en una sección del tronco en la Figura 12 y la Figura 13.



Figura 12 Sección del tronco mostrando la madera de reacción con un color oscuro desde el centro al exterior, tomado de [Timell \(1986\)](#)

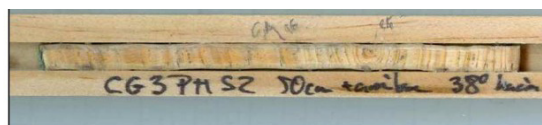


Figura 13 Ejemplo de una sección de un tronco mostrando la madera de reacción con un color oscuro desde el centro al extremo de la muestra, tomado de [Jiménez-Perálvarez \(2012\)](#)

Al trabajar con esta metodología se deben considerar algunas restricciones:

- Cuando se desarrolla un movimiento episódico, generalmente, los árboles sólo muestran la de la primera fase, pero si hay árboles con diferentes edades se pueden discretizar distintas reactivaciones.
- Un incremento en la proporción de cada anillo de madera de compresión puede ser causada por el aumento de la inclinación del tronco, pero también por otros factores que se deben tener en cuenta para discriminar cual es el que produjo este efecto. Sólo se debe considerar como respuestas válidas de CWGI aquellas que coinciden en varios árboles vecinos. El mismo criterio aplica para el caso de una fuerte reducción del crecimiento (SGR) en la parte superior (S) del tronco del árbol.
- A partir de lo anterior se deduce que la SGR es otra respuesta que se puede relacionar a deformaciones en el terreno. Este efecto produce anillos más estrechos en la parte superior del tronco (lado S). La SGR puede comenzar en el mismo momento, o algunos años más tarde de la activación o reactivación de los movimientos de ladera.
- Sin embargo, la SGR puede ser causada también por otros fenómenos, como los cambios climáticos (sequías), y para descartar estos es necesario confeccionar un patrón maestro de la serie dendrocronología de referencia a partir de las muestras tomadas de árboles no afectados por los deslizamientos.
- Otra respuesta es la que se deduce de la aparición de anillos excéntricos, pero esto no es un método directo, y con frecuencia conduce a una serie de errores.

- Con la inclusión de árboles en la zona que rodea al deslizamiento se pueden identificar otros fenómenos (terremotos, viento, avalanchas, inestabilidades locales, etc.), común a los árboles dentro y fuera de la parte movilizada. Un ejemplo de la distribución de los árboles fuera y dentro del deslizamiento se muestra en el caso del deslizamiento planar Borincho (Figura 14).

Entre los deslizamientos más importantes se seleccionaron 5 de ellos por presentar árboles en el interior y exterior. Estos son: Borincho, Chuca, Lagunillas, Puente Viejo, y Budas, aunque los 5 y 4 árboles que se encuentran en los deslizamientos de Puente Viejo y Budas, respectivamente, hicieron difícil el estudio de estos dos casos.

Para el examen de los cambios en la madera se extrajeron 81 muestras de 73 árboles con la Barrena Forestal o de Pressler (Figura 15). De éstos, 65 eran muestras diametrales (130 radios) y 16 muestras radiales, sumando 146 radios en total (Tabla 1).

Movi- miento	Árboles dentro del deslizamiento				Árboles de control fuera del deslizamiento				TOTAL	
	Núm.	Muestras radiales	Muestras diame- trales	To- tal	Num.	Muestras radiales	Muestras diametra- les	To- tal	Num.	Muestras
Borincho	13	0	13	13	6	0	6	6	19	19
Chuca	15	6	12	18	8	0	8	8	23	26
Lagunillas	11	6	8	14	5	0	5	5	16	19
Puente Viejo	5	0	5	5	5	0	5	5	10	10
Budas	4	2	3	5	1	2	0	2	5	7
Total	48	14	41	55	25	2	24	26	73	81

Tabla 11 Contaje de muestras colectadas por tipo (radial o diametral) y deslizamiento, modificado de Jiménez-Perálvarez (2012)

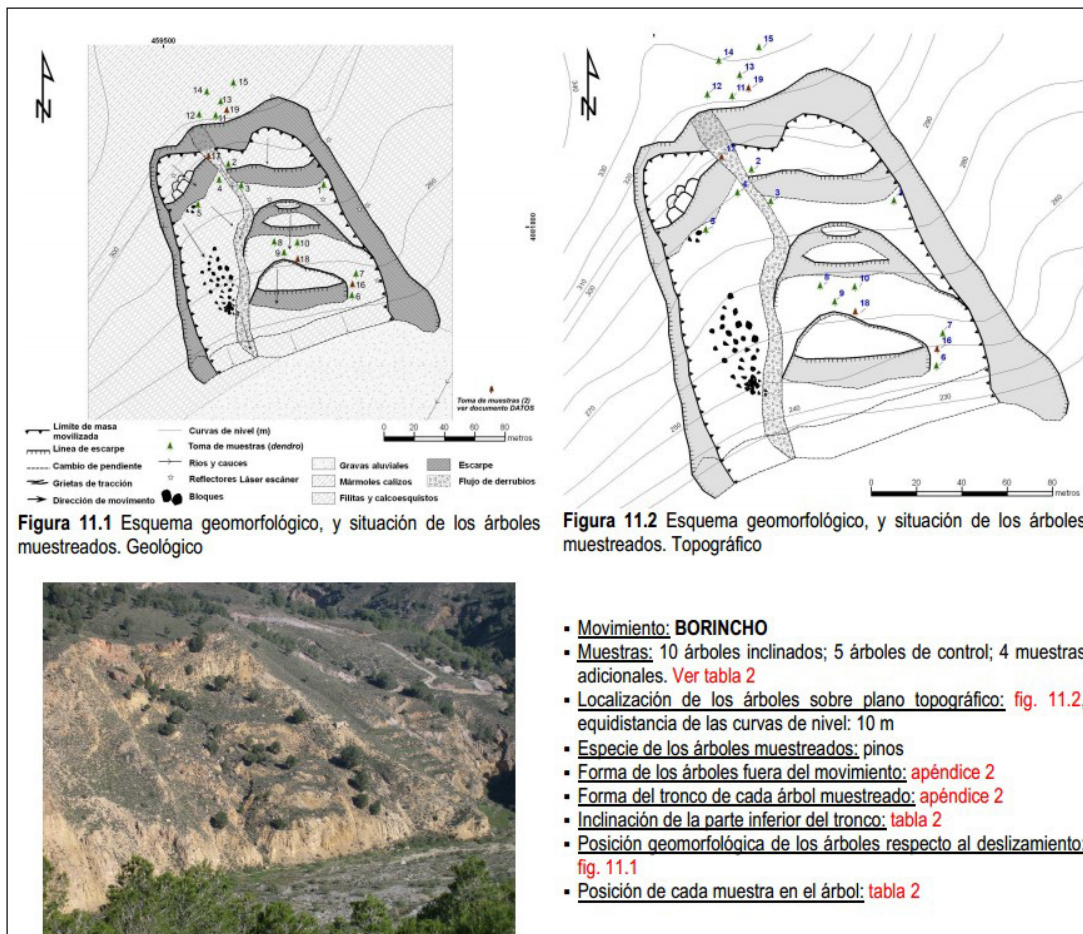


Figura 14 Ejemplo de cartografía geomorfológica con la distribución de los árboles muestreados en el movimiento traslacional Borincho. Tomado de **Jiménez-Perálvarez (2012)**



Figura 15 Imágenes sobre el método de muestreo sobre árboles inclinados. En la parte superior se muestra una perforación usando la Barrena de Pressler, abajo se muestra la extracción de la muestra

3.6.2.2 Método para calcular la edad de los cambios geomorfológicos

El tipo de respuesta utilizado para datar los deslizamientos en este trabajo ha sido el inicio del crecimiento de la madera de compresión (CWGI) que aparece en la parte inferior (I) del

primer anillo del tronco inclinado, considerando también el incremento en la proporción de la madera de compresión (CWPI) cuando esta fue observada.

Cuando ya en el primer anillo del centro del tronco aparece madera de compresión (FRCW), la datación es referida a la edad mínima del deslizamiento, y se interpreta como un efecto de inclinación local (por ejemplo laderas inclinadas o muy inclinadas, o suelo blando que no puede soportar el peso del árbol). Este hecho debería confirmarse con algunos árboles fuera del deslizamiento mostrando también FRCW.

El SGR se ha utilizado sólo en el caso de estar relacionado con un evento CWGI o CWPI, en el mismo árbol o en los vecinos, siempre que no se superen 3 años de diferencia en relación con la respuesta CWGI o CWPI.

Por último, el criterio para determinar una relación entre la inclinación del árbol y el desplazamiento del suelo consiste en encontrar una respuesta (CWGI, CWPI o SGR) sincrónica en al menos 3 árboles.

La serie dendrocronología maestra de referencia se estableció a partir de árboles de control exteriores a los deslizamientos, identificándose cinco reducciones en el crecimiento de la madera por factores climáticos: 1992, 1995, 1999, 2005 y 2007.

3.6.2.3 Resultados

Con estos criterios y la interpretación realizada por el Dr. José Moya (Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)), los resultados para los deslizamientos seleccionados son los siguientes:

1. Deslizamiento Borincho: reactivado (ya que existía antes de 1956 según la revisión fotográfica) en el 1995-1996, de acuerdo con 3 árboles que mostraron CWG, y probablemente en el siguiente intervalo anual 1996-1997 para un CWG que sólo se identificó en 2 árboles.
2. Deslizamiento Chuca: reactivado (ya que existía antes de 1956 según la ortofotografía y revisión de imágenes satelitales) en el 1995-1996, de acuerdo con 4 árboles que presentan CWG, y probablemente en el siguiente intervalo anual 1990-1991 para el que el CWG sólo se identificó en 2 árboles.
3. Deslizamiento Lagunillas: 9 árboles muestran FRCW (edad mínima determinada por el primer anillo), y 2 árboles un CWGI asíncrono, por lo tanto estos efectos se atribuyeron a una inestabilidad local por la propia inclinación de la ladera.
4. Deslizamiento Puente Viejo: se encontraron sólo 2 árboles con FRCW (edad mínima determinada por el primer anillo), y un evento de GWC en otro árbol. Además, estos 2 efectos no eran sincrónicos.
5. Deslizamiento Budas: 2 de los 4 árboles muestreados mostraron IMPC sincrónico en el año hidrológico 1995-1996, lo que probablemente indica la reactivación, y todos ellos mostraron FRCW (edad mínima).

3.6.3 Interferometría Diferencial de Radar de Apertura Sintética (DInSAR)

Como parte de la investigación previa en el área de estudio, la técnica DInSAR fue aplicada sobre un movimiento singular (Fernández et al. 2009), caracterizándose por la capacidad de detectar movimientos subcentimétricos desde distancias muy lejanas en la dirección de apuntamiento de la antena.

3.6.3.1 Introducción

Las metodologías relacionadas parten del tratamiento de imágenes SLC (Single Look Complex) proporcionadas por la tecnología del Radar de Apertura Sintética (SAR), ya que contienen datos de alta resolución en comparación con aquellas provenientes del Radar de Apertura Real (RAR).

La principal ventaja del SAR radica en la gran apertura efectiva de la “antena” artificial, formada a partir de las reflexiones capturadas mientras el conjunto antena-transmisor-receptor están en movimiento, siendo reconstruidas en el post-procesado como si vinieran de forma simultánea desde una antena más grande. La apertura efectiva de esta reconstrucción, S , viene determinada por la distancia entre el transmisor y el receptor, movilizada mientras el satélite o plataforma aerotransportada se mueve almacenando algunos pulsos (Figura 16).

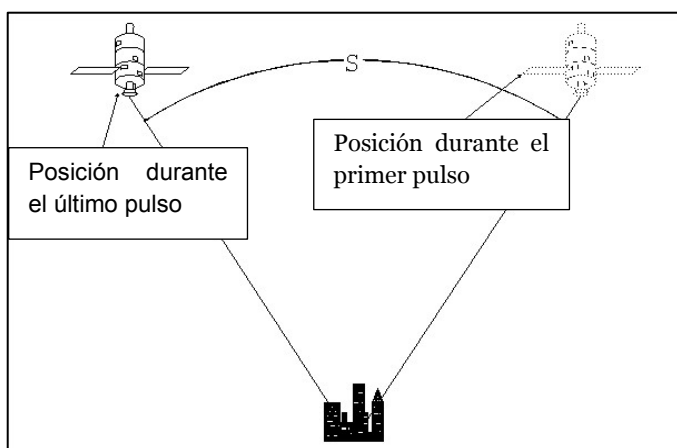


Figura 16 Diferentes posiciones del satélite durante la medida de 2 pulsos consecutivos por el sensor del radar, mostrando la separación (S) entre ambos (FAS 2013)

3.6.3.2 Bases en la generación de productos SAR

A continuación se revisan los conceptos básicos para comprender el origen de las imágenes generadas que después son tratadas en las metodologías basadas en SAR e interferometría SAR (InSAR), estos últimos con el fin de obtener información sobre cambios experimentados por los elementos de la superficie terrestre (terreno, vegetación, urbanismo, etc.).

3.6.3.2.1 Geometría del radar y señal SAR

Cuando se aplican algoritmos para procesar los datos primarios de SAR, uno de los principales objetivos es conocer la geometría de radar. Por medio de esta tecnología, los datos son capturados al recibir el haz emitido por la antena que apunta lateralmente, casi en un sentido perpendicular a la dirección de vuelo de la plataforma aerotransportada (Figura 17). El pulso transmitido se refleja desde objetivos dispersivos situados a distancias variables entre el radar y el objetivo situado sobre el terreno, mientras que los ecos recibidos se colectan en una sola línea de datos SAR (Figura 18). Estos ecos se guardan en función del tiempo de retardo en la reflexión desde los reflectores.

La señal SAR puede ser considerada como recibida de un único reflector en el terreno o punto objetivo en cada posición de azimut del cual se recoge un sólo pulso de eco, y los datos se disponen en un formato de dos dimensiones (rango y azimut). El dato de distancia en azimut depende sólo de la velocidad de la plataforma aerotransportada, suponiendo que los ecos sobre el terreno son recibidos en la misma posición en la que el pulso se transmite (ESA 2004b), ya que se propagan prácticamente a la velocidad de la luz, mucho más

rápida que la velocidad de la plataforma móvil. Por otro lado, dos de las características del impulso recibido desde un mismo objeto reflector son el tiempo de retardo, el cual disminuye o aumenta conforme se acerca o se aleja del objeto, y la intensidad relacionada con el tiempo durante el que se ilumina este (y por lo tanto, de la velocidad). La energía recibida varía de forma proporcional al retardo, dependiendo de la distancia a la que se encuentra el reflector en cada punto de transmisión (Figura 18 y Figura 19). El rango, también llamado distancia oblicua, difiere de la distancia medida sobre la proyección en el terreno (distancia en el terreno), ya que el radar está situado a una determinada altitud por encima de la superficie medida.

En un sistema típico SAR se transmiten “ráfagas” en pulsos de microondas de, típicamente, 10^{-6} s. El transmisor actúa alternamente como receptor de la energía reflejada, de modo que las señales que no retornen entre cada intervalo de envío de pulsos, denominado tiempo de repetición de pulso (Pulse Repetition Period o PRP), no serán registradas.

La resolución en distancia, como para otros sensores remotos, se define como la capacidad de un sistema de radar para distinguir entre dos o más objetivos situados a diferentes distancias dentro de la misma sección escaneada. El grado de resolución en distancia depende de la anchura del pulso transmitido, los tipos y tamaños de objetivos, y la eficiencia del receptor y el indicador. *La anchura del pulso es el factor principal en la resolución* en distancia. Para discernir entre dos objetos cercanos en el terreno, el frente del pulso recibido desde el borde anterior del objeto reflectante más lejano, deberá recibirse más tarde que el del borde posterior del objeto más cercano, es decir, mediando un lapso de tiempo entre ambos pulsos. Un sistema de radar bien diseñado debe ser capaz de distinguir objetivos separados por una distancia, al menos equivalente a la mitad de la anchura de pulso de duración τ . Por lo tanto, la resolución teórica de la celda en el rango oblicuo de un sistema de radar puede calcularse a partir de la siguiente ecuación (Paul 2014; Wolff 2015):

$$\text{Ec. 7} \quad R_d \geq \frac{c_0 \cdot \tau}{2}$$

Ahora bien, la resolución sobre el terreno vendrá dada por la proyección de R_d en la superficie, a su vez dependiente del ángulo de incidencia θ_i (Ec. 8). Sin embargo, para lograr una mayor razón señal/ruido, en lugar de enviar una señal ideal, estrecha, y con un pico de energía alto, se emite una señal más larga que después es comprimida. En este caso, la resolución ya no dependerá de la anchura del pulso, si no de ancho de banda (β) de la señal modulada, consiguiendo una mejor resolución cuanto mayor sea esta (Ec. 9) (Curlander and McDonough 1992; Paul 2014; Wolff 2015). Esta resolución define el ancho de la banda o hilera (“swath”) escaneada sobre la superficie terrestre.

$$\text{Ec. 8} \quad R_g \geq \frac{c_0 \cdot \tau}{2 \cdot \sin \theta_i}$$

$$\text{Ec. 9} \quad R_{gm} \geq \frac{c_0}{2 \cdot \beta_m \cdot \sin \theta_i}$$

Para distinguir dos objetos en la misma banda perpendicular a la dirección de vuelo, no podrán entrar los dos al mismo tiempo en la zona iluminada.

La resolución o extensión de la huella iluminada en azimut depende de la velocidad o desplazamiento de la plataforma, ya que de su recorrido desde la emisión a la recepción dependerá la longitud (L) de la antena artificial (sintética). Esto se debe a que cuanto mayor es el ancho de banda de la señal transmitida (β), mayor es la anchura de la huella o dispersión del haz en la dirección paralela al vuelo como muestra la Ec. 10, por lo tanto, para alcanzar mayor resolución se necesita un haz más estrecho (Paul 2014; Wolff 2015). Como el ancho de banda es inversamente proporcional a la longitud de la antena (L) (Ec.

11), la técnica SAR aprovecha el aumento de esta longitud para aumentar la resolución hasta algunos metros. Por ejemplo, aunque el ancho de banda de la onda de radar del satélite ERS-1 es de 3° , la dimensión en azimut es de 5 km. Sin embargo, con una frecuencia de repetición de pulsos de 1680 Hz, esa dimensión disminuye hasta 4 m (Olmsted 1993).

$$\text{Ec. 10} \quad R_a \geq \beta \frac{H}{\cos \theta_i}$$

$$\text{Ec. 11} \quad R_a \geq \frac{H \cdot \lambda}{L \cdot \cos \theta_i}$$

Por otro lado, el sistema registra el tiempo completo que tarda la señal en reflejarse (ida + vuelta), y obviamente, se divide por 2 para calcular la distancia antena-objeto ($t \cdot c / 2$). No obstante, este modo de medición sólo es ideal en condiciones de vacío, mientras que la heterogeneidad de las condiciones atmosféricas (como la temperatura y presión) hacen variar la velocidad de propagación de la onda causando retardos que deben ser corregidos para obtener resultados fiables.

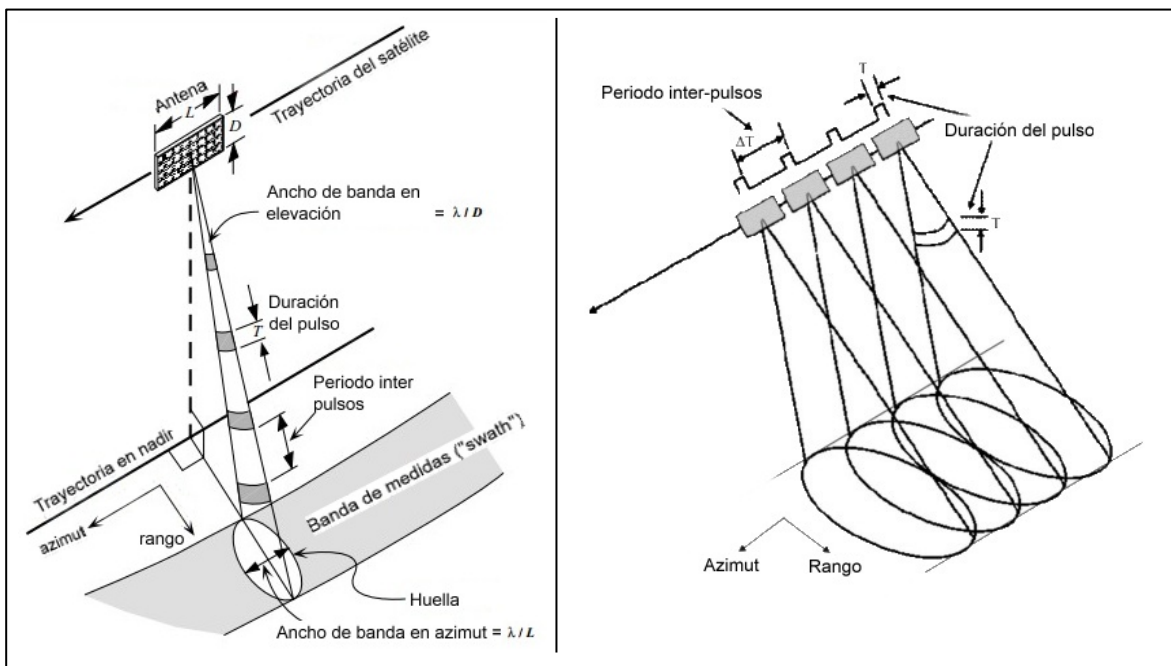


Figura 17 Geometría de la adquisición SAR. Izquierda: huella generada por la resolución en rango sobre el terreno, y en azimut (Olmsted (1993)). Derecha: diferentes pulsos en azimut (Bergeron and Marchese 2012)

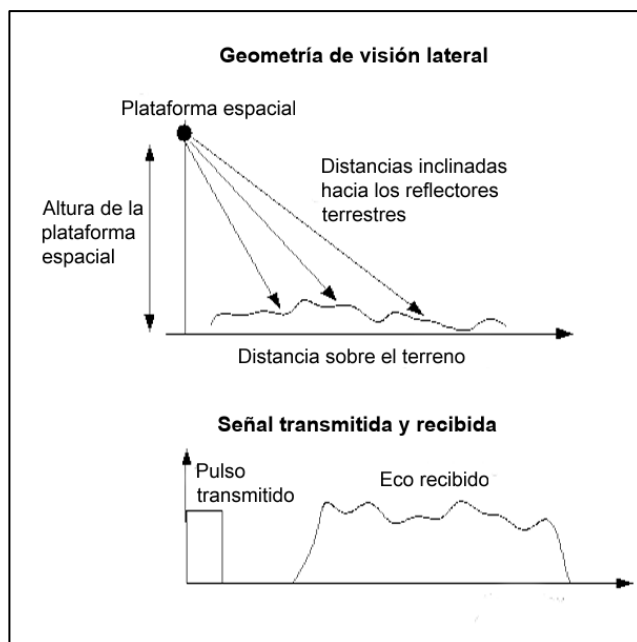


Figura 18 Arriba, geometría de radar en la dirección lateral y dimensión de la distancia inclinada representada en la línea de datos de SAR, tomado de ESA (2004b)

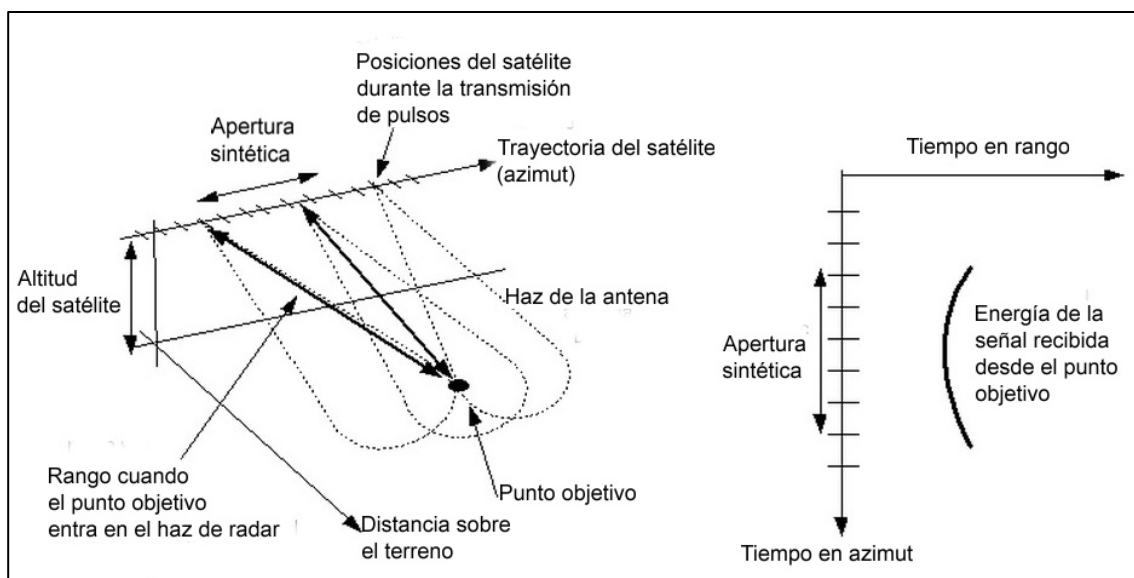


Figura 19 Esquema que muestra la reconstrucción de la señal SAR 2D reflejada en el terreno durante un solo disparo mientras que la plataforma espacial se mueve. A la izquierda se muestra el rango variable para el mismo reflector durante el trayecto recorrido. A la derecha se muestra la variación de la componente en azimut en función la variación del rango con el tiempo, o de otro modo, en función del tiempo de azimut, tomado de ESA (2004b)

3.6.3.2.2 Procesamiento de la señal SAR. Enfoque de imágenes SLC. Compresión del pulso y focalización de la imagen

Normalmente, la señal de radar se transmite como un pulso (Figura 20) con una frecuencia modulada (FM) de larga duración, llamado "chirrido" o "chirp", capaz de transmitir toda la energía necesaria con la ventaja de necesitar una energía de pico menor, en lugar de transmitir una energía alta concentrada en pulsos estrechos (tecnológicamente más difícil). En el postproceso de compresión de la señal, usando un filtro acoplado (también llamado filtro de coincidencia, de encaje, o matching filter) para correlacionar las señales transmitida y recibida, se genera un impulso estrecho artificial a partir del eco recibido como si la energía proviniera de un único pulso de transmisión con su correspondiente resolución en distancia y relación señal-ruído (ESA 2004b).

Tanto la frecuencia de la señal portadora modulada, así como la de los ecos de la componente en azimut se incrementan con el tiempo (en función aproximadamente lineal) al aumentar la razón de oscilación. A esa variación se le denomina Efecto Doppler ([Doppler and Studnička 1903](#)). El Efecto Doppler es la propiedad fundamental utilizada en la compresión o correlación de la señal recibida con el pulso transmitido, amplificando la señal que hace posible el posterior enfoque de las imágenes. Esto es posible porque los componentes de diferente frecuencia instantánea se van retrasando de forma sistemática, de modo que la llegada de toda la energía al pasar por el filtro coincida aproximadamente en un pico. Para capturar correctamente todo el espectro Doppler en el dominio en azimut de la señal, se usa un estimador de frecuencia. Este se encarga de enfocar o encontrar el centroide del haz, siendo uno de los pasos más importantes para ofrecer la mejor relación señal/ruido y la resolución de azimut ([ESA 2004b](#)).

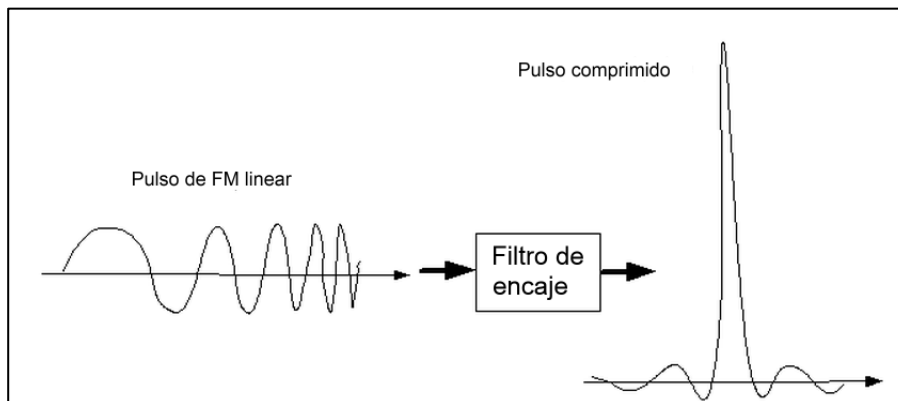


Figura 20 Ilustración de la compresión del pulso. Tomado de [ESA \(2004b\)](#)

En el procesamiento de datos de SAR, registrados de manera continua en una imagen, el algoritmo rango-Doppler es el algoritmo comúnmente utilizado ([Cumming and Bennett 1979](#); [Curlander and McDonough 1991](#); [ESA 2004c](#)).

En los datos brutos SAR, la energía de señal de un objetivo puntual se dispersa en rango y azimut, y el propósito del procesamiento SAR es recoger (focalizar) esta energía dispersa en un único píxel de la imagen de salida. En rango, la señal se dispersa por la modulación artificial aplicada al pulso en rango (shirp). En azimut, la señal se dispersa debido al tiempo (función de la velocidad de vuelo) que se tarda en recorrer la apertura sintética, mientras que se va reflejando el haz desde el blanco iluminado a diferentes distancias. Este retardo relativo hace variar la frecuencia en azimut de la señal, es decir, una modulación inducida cuando un objeto atraviesa el haz de radar ([ESA 2004c](#)). Esta frecuencia instantánea de la señal en azimut varía de forma análoga a la frecuencia Doppler de la señal portadora y la componente en rango, en función del ancho de banda ([ESA 2004b](#)). Esto hace que la frecuencia en azimut también se denomine frecuencia Doppler, y permite que la señal se comprima como en el caso de la componente en rango. Por otro lado, la variación de la distancia al blanco puede dar lugar a retardos mayores que la separación del propio muestreo en rango. Esto se conoce como migración en rango, y genera una dispersión en la dimensión de rango de la imagen que se corrige previamente a la compresión en azimut por el algoritmo rango-Doppler. Una vez que se completa la totalidad del procesamiento compuesto de los pasos: compresión en rango – corrección de la migración (Range Cell Migration Correction o RCMC) – compresión en azimut, en ese orden, la energía extendida en rango y azimut en los datos crudos SAR se colecta o “enfoca” en píxeles discretos de la imagen de salida (enfoco SAR).

Por último, el procesado de la imagen SLC (producto de nivel 1) se almacena como pares (I, Q) que codifican la información, tanto de la magnitud como de la fase, en forma de

números complejos. Debido a que cada barrido del sistema SAR se caracteriza por una mayor resolución en azimut que en rango, las imágenes producidas se componen de píxeles rectangulares de 8 m (distancia perpendicular al rumbo) por 4 m (azimut) (Jackson and Apel 2015). Este es el formato más común, el cual más tarde se puede convertir a una imagen de celdas cuadradas uniendo varias celdas (por ejemplo, 2 celdas en azimut), a la que se denomina Multilook Complex Image (Imagen de "miradas" múltiples) (Randall 2012).

3.6.3.2.3 Corrección del efecto speckle

La imagen SLC de primer nivel necesita ser postprocesada para mejorar la calidad de la información que contiene. Cada celda contiene varios centros de dispersión cuyos retornos, por la interferencia positiva o negativa, originan brillos claros u oscuros en las celdas adyacentes de la imagen. Estas variaciones crean una textura granulada o ruido speckle (Figura 21) que debe ser resuelto por cualquier método, frecuentemente se corrige con uno de los dos siguientes (Haugerud et al. 2003):

1. Procesamiento de la imagen SAR: por este método la apertura sintética se divide en sub-aberturas más pequeñas ("miradas"), y a continuación se calcula el nivel de gris promedio. Este debe aplicarse con la precaución de mantener un equilibrio entre la resolución espacial deseada y un nivel aceptable de moteado (speckle).
2. Técnicas de filtrado: mediante estas, el nivel de gris se calcula utilizando los valores que se encuentran en la intensidad de píxeles vecinos.



Figura 21 Textura granulada en una imagen afectada por ruido del efecto speckle

3.6.3.3 Conceptos básicos de las técnicas basadas en InSAR

Las técnicas de interferometría basada en imágenes de SAR explotan la coherencia entre las medidas de fase para inferir la distancia y cambio de distancia diferenciales entre 2 o más imágenes de la misma superficie. De este modo, se obtiene más información sobre un objeto que lo que se obtiene con una imagen simple. El *interferograma* se construye a partir de las *diferencias de fases entre los píxeles* de las imágenes comparadas, adquiridas desde diferentes posiciones o en distintos tiempos. Estas se muestran como un patrón de crestas que contienen toda la información geométrica (ESA 2004a). Algunos de los modos más comunes de adquisición son los 3 siguientes:

- a) Transversal a la trayectoria: se utiliza principalmente para obtener información topográfica, y calcula las diferencias en imágenes adquiridas en dirección transversal a la trayectoria de movimiento del sensor o ángulo de visión.
- b) A lo largo de la trayectoria: utilizado principalmente para información de las corrientes oceánicas y detección de objetos en movimiento. La diferencia se calcula a lo largo de la trayectoria de movimiento del sensor, que se puede lograr por una

pequeña diferencia en el tiempo de adquisición, en el orden de microsegundos a segundos.

- c) Diferencial (DInSAR): este método utiliza una diferencia en el tiempo, de días a años, y se utiliza principalmente para observar la evolución glacial o de flujos de lava (varios días). Si la diferencia de tiempo se mide de días a años, puede ser un método muy útil de la observación de subsidencia, movimientos de ladera, eventos sísmicos, actividad volcánica, o el desplazamiento de la corteza terrestre.

Las técnicas de interferometría SAR, *InSAR*, se fundamentan en el cálculo del desfase del orden de una fracción de la longitud de onda de la señal de radar y selección de aquellas zonas del interferograma donde los resultados correspondientes a desplazamientos guardan la máxima coherencia espacial impuesta por un umbral. En el caso de los interferogramas, la coherencia expresa el grado de correlación entre la información espacial (misma imagen) o temporal (imágenes adquiridas en tiempos diferentes), lo que se traduce en el grado de similitud de fase. Si una superficie explotada por el radar no cambiara con el tiempo, ni tampoco los factores que afectan a la calidad de la señal recibida en cada caso, las imágenes serían idealmente iguales, y la coherencia relativa sería 1 (correlación perfecta); sin embargo, en la práctica existen varios efectos que hacen que la coherencia varíe entre 1 y 0. En el caso de que no se produjeran cambios topográficos en la superficie, la pérdida de coherencia indicaría una pérdida de calidad de la técnica utilizada. Por el contrario, existen varios factores que influyen en la pérdida de coherencia:

- La pendiente local (las laderas empinadas ocasionan pérdida de coherencia)
- Las propiedades de la superficie que está siendo digitalizada (vegetación o superficies móviles tienen una baja coherencia).
- Lapso de tiempo entre los pases en un interferograma (largos periodos llevan a menor coherencia)
- La línea de base entre los sensores de captura (grandes líneas de base conducen a menor coherencia)
- Los detalles técnicos de la generación del interferograma (mal corregistro o remuestreo conduce a una baja coherencia)

Esta pérdida de coherencia produce el enrollamiento (wrapping o aliasing) de las fases dando un aspecto distorsionado o ruidoso a la imagen. Esto se debe a que los efectos anteriores producen una diferencia de fase, calculada entre imágenes consecutivas, de varios ciclos completos ($k \cdot 2\pi$), más el valor de cambio de fase verdadero (Φ). El último valor es el que se determina mediante el proceso de desenrollamiento de la fase (unwrapping) por diferentes algoritmos (filtros) (Goldstein et al. 1988; Ghiglia and Romero 1994; Abdelfattah 2014). Estos permiten obtener el valor de la fase principal, el cual corresponde a la medida realmente observada (esencialmente, añadiendo o restando ciclos enteros de fase) (Ghiglia and Pritt 1998; Abdelfattah 2014). No obstante, antes de esto, la imagen se suaviza filtrando los efectos atmosféricos, geométricos o termales entre otros, causantes del ruido generalizado o speckle, de modo que las crestas o bandas características de la imagen aparezcan con patrones más regulares (con menor número de irregularidades o discontinuidades de la fase). Una vez suavizada la imagen, el filtro de desenrollamiento se puede aplicar de forma más eficiente y adecuada. Este filtro revelará la fase restante debida a cambios como topografía, cambio de elevación del terreno, hielo-deshielo, etc. El filtro debe aplicarse de modo adaptativo, ya que se podrían filtrar zonas con buena correlación o coherencia, donde esto no es necesario, de modo que se perdería resolución afectando a la precisión de la información extraída. Se ha de tener en cuenta

que la distancia máxima medible mediante la técnica interferométrica será igual a $\frac{1}{2}$ de la longitud de onda de radar (para las ERS $\lambda=5.66$ cm), ya que esto corresponde con un ciclo completo o longitud de onda total (fase principal) al recorrer toda la distancia de desplazamiento de ida y vuelta (Massonnet et al. 1993; USGS 2015). Una vez obtenidos los interferogramas con desenrollamiento de la fase, se seleccionan las zonas o grupos de píxeles que superen un umbral de coherencia (limitando el nivel de ruido residual). Esta parte también debe de hacerse con cierto criterio, con el fin de mantener un equilibrio entre la resolución espacial, o píxeles que contienen la diferencia de fase causada por el fenómeno de desplazamiento o cambio que se desea medir, y el nivel mínimo de ruido.

3.6.3.4 Descripción de la metodología aplicada al área de estudio

La metodología llevada a cabo por Fernández et al. (2009) se divide en dos fases, una primera etapa de procesamiento común de SAR, y una segunda específica. Esta metodología se aplicó a la zona del deslizamiento Tablones (también llamado deslizamiento de la Serreta) (Figura 22), cuyos datos y pasos utilizados se explican brevemente a continuación:



Figura 22 Deslizamiento de tablones con los principales escarpes marcados, tomado de (Fernández et al. 2009)

3.6.3.4.1 Datos

Para este trabajo se seleccionó una serie de imágenes de los satélites ERS con las características que aparecen en la Tabla 12:

SATÉLITES SELECCIONADOS	ERS1 y ERS2
COBERTURA	100 X 100 km / imagen
CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIADO DE LOS PUNTOS DE VISTA DE LA GEOMETRÍA	380 m
INTERVALO MÁXIMO DE ADQUISICIÓN	2200 días
CONJUNTO DE IMÁGENES DESCENDENTES	25 imágenes
INTERFEROGRAMAS DESCENDENTES	72
DIRECCIÓN DEL VECTOR LOS	Aprox.: E-O con inclinación de 23°.

Tabla 12 Características de las imágenes SAR seleccionadas**3.6.3.4.2 Primera etapa común: cálculo de los interferogramas diferenciales enrollados.**

En la primera fase se desarrollan elaboraciones comunes del procesamiento de datos SAR (Figura 23), el cual se puede resumir como sigue:

1. Corregistro de imágenes SAR: las imágenes se corregistran respecto a otra de referencia (supermaster), transformándolas para hacer coincidir su geometría con la de esta. Después de la fase de ajuste, la amplitud media para cada píxel se puede obtener de todo el bloque.
2. Selección de los pares de imágenes que se utilizan para generar los interferogramas.
3. Generación de interferogramas diferenciales, lo que implica una metodología común de 3 pasos:
 - Cálculo del interferograma derivado de un par de imágenes SAR corregistradas.
 - Simular los interferogramas sintéticos utilizando un DEM de la escena observada.
 - Extracción del cambio de fase topográfico de cada interferograma original utilizando el interferograma sintético, y obtención del llamado interferograma diferencial mostrando los cambios topográficos.

Para obtener más información acerca de esta parte del proceso véase, por ejemplo [Tralli et al. \(2005\)](#), [Baum et al. \(2005\)](#) o [Frolking et al. \(2009\)](#).

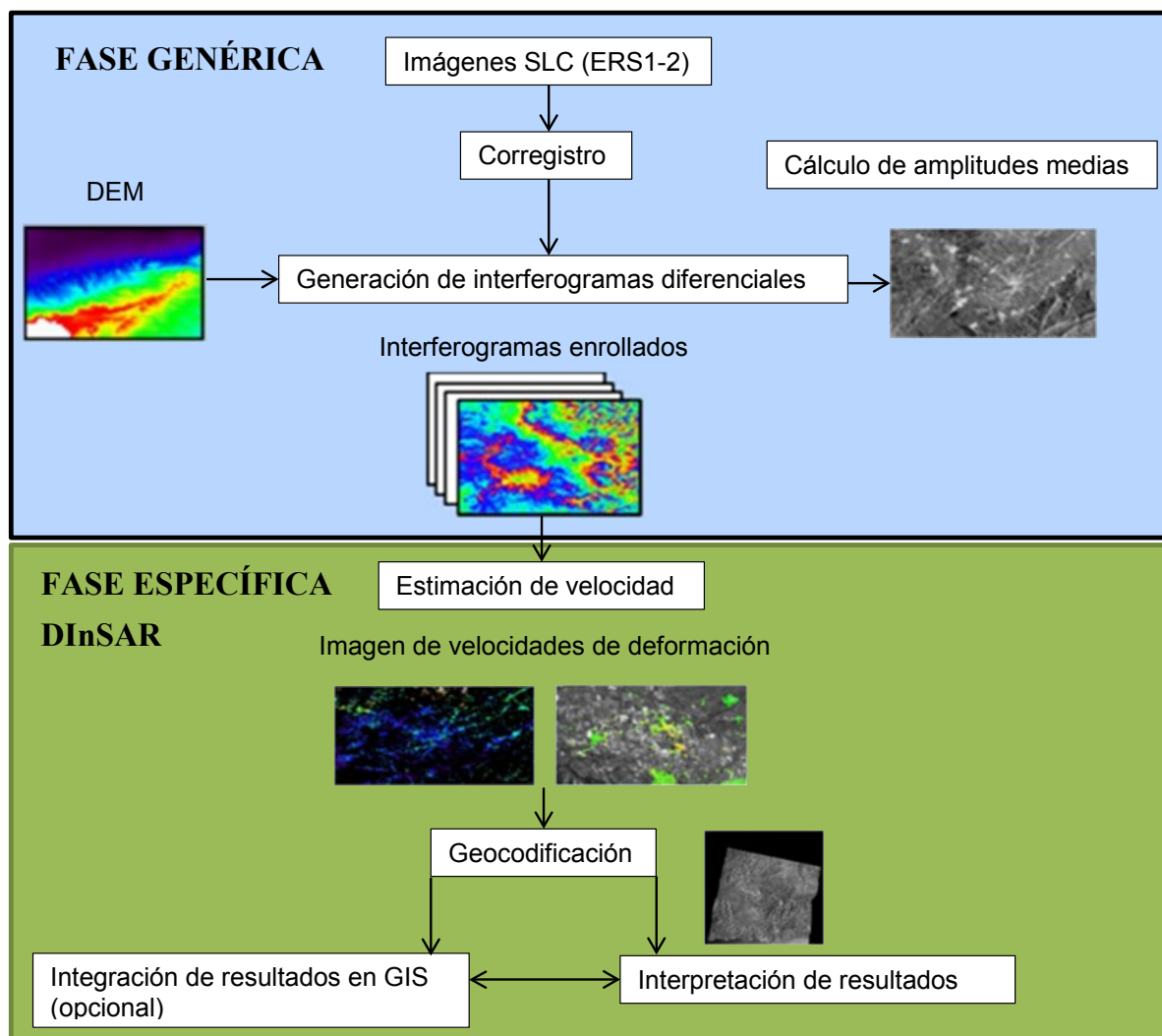


Figura 23 Esquema del flujo de trabajo en el procesamiento de datos DinSAR con el objetivo de la detección de deformaciones, tomado de (Fernández et al. 2009)

3.6.3.4.3 Segunda etapa específica: cálculo de la velocidad media de deformación en la dirección de LOS

Para calcular la velocidad media de deformaciones lentas en LOS (Línea de visión) el enfoque estándar parte de los interferogramas de fase desenrollada. Sin embargo, los filtros o algoritmos utilizados para el desenrollamiento de fases pueden complicar la tarea debido a las reglas que han de cumplirse para mantener la calidad (mínimo error) y resolución de los resultados, como la distancia y tiempo entre los sensores de adquisiciones secuenciales corta o el mayor número de imágenes SAR para evitar o filtrar el ruido producido por los efectos troposféricos o los de la topografía (Mora et al. 2003). Por ejemplo, la técnica común de Reflectores Permanentes (PS), por el que se elige una imagen maestra ("master") sobre la que se calculan los interferogramas al ser comparada con las demás imágenes independientemente del tiempo transcurrido entre ellas. Además, para buscar los píxeles sobre los que se aplica el filtro de desenrollamiento se aplica el criterio de estabilidad en la amplitud de fase; lo que requiere la calibración radiométrica de un conjunto de imágenes ("stack") importante (~ 30). La mayor diferencia temporal entre las adquisiciones de la línea de base requiere DEMs de una alta exactitud para modelar los efectos de la topografía que deben substraerse de la diferencia de fase. Además, la heterogeneidad de las características de los interferogramas produce una decorrelación espacial y la existencia de diferencias temporales altas que dificultan la coherencia de la señal (pérdida de la calidad de la medida de fase) y el establecimiento de un umbral crítico para seleccionar los píxeles con buena calidad de la fase, necesaria para aplicar el

desenrollamiento de fase y extraer las componentes de desplazamiento y atmosféricas implícitas en la fase enrollada (Ferretti et al. 2001; Mora et al. 2003). En el caso del deslizamiento Tablonas se siguió el método de Biescas et al. (2007), que al igual que el de Mora et al. (2003) funciona con un número pequeño de imágenes SAR (al menos 10) y evita la fase crítica de desenrollamiento y sus errores inherentes, además de proporcionar libertad para combinar pares de imágenes independientemente de la diferencia espacio-temporal entre adquisiciones, si bien cuanto menor sea esta mayor calidad proporcionará a los resultados. La técnica asume la velocidad de deformación y error de la extracción de la componente topográfica (por la imperfección del DEM) como lineales y consiste en las siguientes fases:

1. Selección de píxeles con bajo nivel de ruido. El procedimiento se aplica sólo a los píxeles que guardan calidad en la medida de fase demostrada por su coherencia espacio-temporal, independiente del número de imágenes a diferencia del criterio de estabilidad de la amplitud. Esto se hace calculando una imagen de coherencia media a partir del conjunto total y estableciendo un umbral (0.25 es adecuado en la mayoría de los casos) sobre el cual la coherencia media de un pixel muestra buena calidad en la fase observada.
2. Conexión mediante una red triangular de Delaunay.
3. El tercer paso es el más importante y fundamento que hace singular esta técnica, en el que se calculan las velocidades y errores topográficos diferenciales. En esta variante metodológica se evita la estimación directa sobre cada pixel de interferencias de fase a partir de filtros de desenrollamiento complejos. En su lugar, se comienza con el cálculo de la fase diferencial observada para cada borde de la red; es decir, entre cada par de nodos cercano, con lo que los efectos atmosféricos se anulan en la diferencia, quedando las componentes más significativas del error por corrección topográfica y del desplazamiento por la velocidad media de deformación. Las componentes diferenciales debido al cambio en la distancia al objeto y el inducido por la topografía se calculan directamente y se abstraen a partir de los parámetros de la geometría del radar. Finalmente, en la parte más importante, las componentes dependientes de las constantes de velocidad lineal y error topográfico se ajustan maximizando el modelo de coherencia temporal, dependiente de ambas constantes desconocidas. Este arrojará valores más próximos a 1 si la diferencia entre la restante la diferencia de fase observada debida a ambas componentes y la modelada son idénticas, y 0 en caso contrario. Es por eso que tras este proceso se vuelva a fijar un umbral de coherencia para eliminar píxeles con mayor ruido residual (como decorrelación espacial o efecto de velocidad no lineal).
4. Integración de la velocidad de deformación sobre todo el conjunto de píxeles seleccionados. Una vez estimadas diferencia de velocidades, la reconstrucción de velocidades en cada nodo se realiza a través de un ajuste de mínimos cuadrados como se haría en técnicas de geodesia y topografía, fijando el par de valores inicial al menos en un pixel, y eliminando aquellos que hacen disminuir la precisión de la calibración.

3.6.3.4.4 Interpretación y resultados

Al clasificar el rango de velocidades obtenidas en una capa raster de color se pueden observar los cambios en el área de estudio. Para la visualización y presentación de informes es posible superponer el mapa de velocidades sobre la imagen de amplitud media, proporcionando una localización rápida aproximada del área de movimiento respecto a la velocidad de deformación estimada. Además, la geo-codificación permite

superponer la capa de velocidad de deformación a mapas topográficos u ortoimágenes (Figura 24).

A partir de esta metodología aplicada al área del deslizamiento traslacional Tablones se obtuvieron resultados que revelan una velocidad media de 4,2 mm/año y de 6 mm/año en la dirección de LOS, con una desviación de 1-2 mm/año. Previamente, este deslizamiento se consideraba como un movimiento dormido, debido a la falta de evidencias con respecto a las deformaciones que actualmente afectan a la ladera o la morfología del río que discurre por el límite inferior de su masa movilizada (Fernández 2001). Sin embargo, estas magnitudes determinan que se trata de un movimiento de ladera activo con velocidad extremadamente lenta.

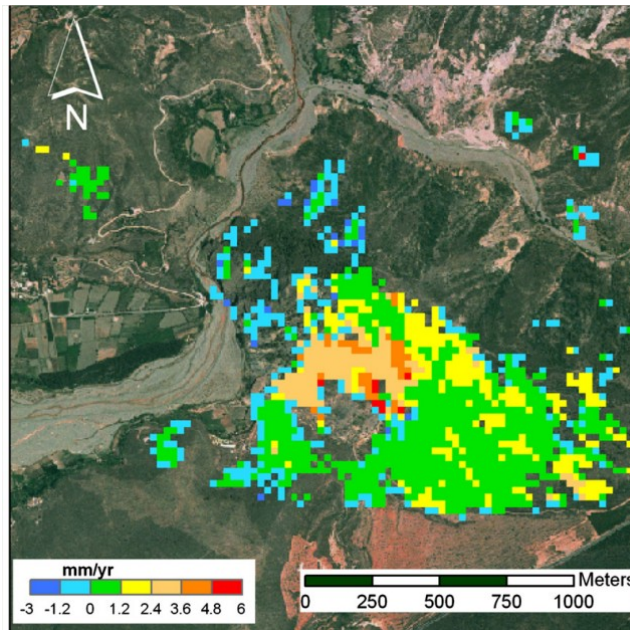


Figura 24 Mapa de velocidades calculadas a partir de la metodología basada en DInSAR, mostrando los desplazamientos clasificados en la dirección LOS para el deslizamiento Tablones, tomado de (Fernández et al. 2009)

3.6.4 Técnicas de combinación de LiDAR y fotogrametría

En lo que se refiere al procesado y análisis de estereofotografías aéreas para extraer DTM temporales, tanto de los vuelos modernos combinados (LIDAR + fotogrametría), como de vuelos antiguos, proporcionando fotogramas de diferentes calidades y escalas, la metodología descrita en Ardizzone et al. (2007), Booth et al. (2009) y Fernández et al. (2011) fue utilizada en la extracción de descriptores sobre la evolución en la actividad de movimientos de ladera.

Exactamente, la metodología se lleva a cabo sobre el deslizamiento planar Almegjíjar, de edad contemporánea (<100 años), y del que se conocía que se inició después del vuelo Americano de 1956 (ver sección de fotointerpretación 3.6.1).

3.6.4.1 Descripción de la metodología en el área de estudio

3.6.4.1.1 Datos

Para este trabajo se seleccionó una serie de imágenes de vuelos históricos y recientes con las diferentes escalas y características que aparecen en la siguiente tabla:

Campaña	GSD	Bandas	Formato

1956	0.60 m	Pancromática	Película
1992	0.30 m	Pancromática	Película
2008	0.20 m	RGB-NIR	Digital

Tabla 13 Datos usados fotogramétricos, tomado de [Fernández et al. \(2011\)](#)

Para digitalizar las fotografías de los vuelos de 1956 y 1992 se usó el escáner Vexcel Ultrascan 5000 con 15 micrones por pixel.

3.6.4.1.2 Orientación de imágenes

Aprovechando el reciente vuelo combinado del año 2008, se aplicó una metodología específica en la que:

1. El set fotográfico del vuelo de 2008, con buena resolución y orientado directamente con GPS y unidad de medida inercial (IMU), se ajustó por el método de bloque de haces (BBA). Para ello se usaron puntos de control de los datos LIDAR del vuelo combinado, consiguiendo una mejor adecuación entre los datos fotogramétricos y LiDAR. Tras el ajuste, este vuelo más reciente, se convierte en el sistema de referencia para los demás vuelos fotogramétricos.
2. Al orientar los conjuntos de fotogramas históricos es difícil, si no imposible, obtener los puntos de control (CPs) mediante el uso de GPS, TS u otras técnicas similares, por lo que los CPs fueron transferidos de forma iterativa (puntos de control de segundo orden) desde el vuelo de referencia a las fotos más antiguas. Los puntos se fueron introduciendo hasta que se comprobaron buenos resultados en el ajuste de orientación del bloque de imágenes, sobre todo alcanzándose una buena coincidencia entre las coordenadas de las zonas estables del vuelo de referencia y las de los más antiguos. Después de cada nueva orientación, la calidad del proceso se puede comprobar mediante la carga del DEM de referencia (LIDAR 2008) sobre los modelos estereoscópicos (1956 o 1992), visualizando el grado de fusión entre el modelo estereoscópico y el DEM en zonas estables.

3.6.4.1.3 Trazado estereoscópico digital

Esta parte de la metodología tiene dos objetivos:

- 1) Digitalización de algunas características topográficas bien definidas (líneas de rotura) utilizados para la edición del DEM.
- 2) Inventariar las características relacionadas con los marcadores geomorfológicos utilizados para controlar la evolución de movimientos de ladera (escarpes principales y secundarios, grietas...).

3.6.4.1.4 Construcción de DEMs y ortofotos

El DEM de referencia de 2008, obtenido a partir de datos LIDAR, se integró con los datos fotogramétrico, comprobando el grado de ajuste y mejorando la reorientación por medio de la correlación entre superficies. Seguidamente, el DEM resultante se remuestreó a 2 m de resolución, y esto se utilizó como modelo semilla para modificar los demás DEMs (vuelos históricos) en aquellas zonas con mala correlación entre los modelos (evitando el ruido en zonas estables). Esta tarea se llevó de una forma automática y/o editando el modelo en aquellas partes de mayor decorrelación. De esta manera, los DEMs más antiguos se editan a través de la visión estereoscópica de sus curvas de nivel, superpuestas sobre el modelo estereoscópico correspondiente a su año de adquisición, permitiendo añadir varias líneas

de rotura de forma más precisa (escarpas, crestas, arroyos, caminos, etc.). Cuando las curvas de nivel se ajustan adecuadamente al terreno en toda la zona de estudio, la edición del DEM termina.

Esta metodología asegura la coincidencia de modelos en las zonas estables y optimiza el tiempo empleado en la construcción y edición del DEM.

3.6.4.1.5 Comparación de modelos y cálculos

Una vez que los DEMs están disponibles se pueden aplicar diferentes formas para compararlos entre sí:

- cálculo de la distancia vertical entre DEMs multitemporales.
- cálculo de las distancias absolutas como las distancias mínimas entre DEMs con algoritmos de cálculos más complejos.
- estimación de los cambios de volumen.
- comparación de las secciones longitudinales, lo que permite determinar el estilo de la deformación y el tipo de movimientos de ladera.

3.6.4.1.6 Fase de interpretación y resultados

A través del cálculo de distancias verticales entre pares de DEMs (1956-1992 y 1992-2008) (Tabla 14), representadas como una clasificación de mapa de colores (Figura 25), así como a través secciones longitudinales temporales (Figura 26), se estableció un máximo de degradación entre los años 1956 y 1992 de 19,25 m. Para el intervalo de 1992 a 2008 se detectó un cambio descendente máximo de 8,74 m. Esto resultó en una variación vertical máxima de 22,81 m para el periodo total evaluado (1956-2008), lo que implica una tasa anual media de 0.44 m/año.

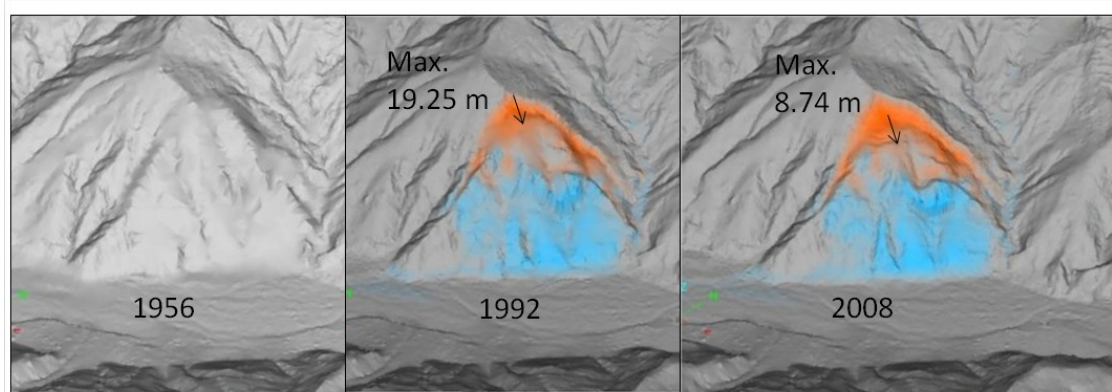


Figura 25 DEMs de 3 años diferentes mostrando el máximo de degradación: 19.25 m de 1956 a 1992, y 8.74 m de 1992 a 2008. Modificado de Fernández et al. (2011)

Periodo de tiempo	Degradación		Acumulación	
	Media	Máx.	Media	Máx.
Masa absoluta movilizada (m)				
1956-1992	5.92	19.25	4.90	21.98
1992-2008	3.08	8.74	2.48	18.46
1956-2008	8.25	22.81	6.72	26.54
Masa movilizada absoluta por año (m/año)				
1956-1992	0.16	0.53	0.14	0.61
1992-2008	0.19	0.55	0.16	1.15
1956-2008	0.16	0.44	0.13	0.51

Tabla 14 Cálculo de distancias verticales entre DEMs, tomado de Fernández et al. (2011)

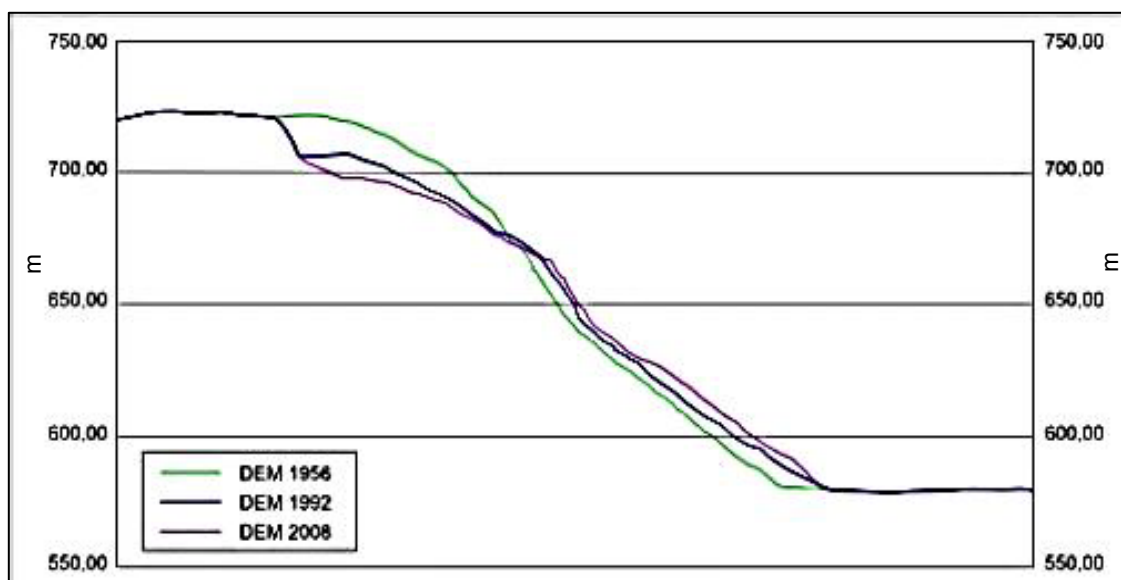


Figura 26 Secciones longitudinales obtenidas de DEMs, tomado de (Fernández et al. 2011)

3.6.5 Resumen de periodos asociados a la actividad de movimientos de ladera y su relación con eventos de lluvia históricos

Los periodos acotados para la generación o reactivación de movimientos de ladera determinadas a partir de las técnicas descritas en las secciones anteriores, y resumidos en la Tabla 15, pudieron asociarse con un “registro tipo” de lluvias en la zona. Este registro fue elaborado según el promedio anual de 11 estaciones. Una vez analizados los resultados de esta comparación, Jiménez-Perálvarez (2012) sugirió una precipitación, aproximadamente, mayor que 950 mm para los deslizamientos. Por otro lado, la actividad de movimientos tales como flujos superficiales, desprendimientos y, posiblemente, deslizamientos superficiales, ocurrieron en años con precipitaciones en torno a 700-750 mm. Según el registro de lluvias en la zona, el periodo de recurrencia para lluvias superiores a 750 mm es de 5 años, y 18 años para lluvias superiores a 950 mm.

Eventos pluviométricos documentados de interés relativo					Intervalos acotados para los periodos de actividad establecidos a partir de diferentes técnicas					
Fecha	Intervalo temporal	Evento	ZONA	Interés	Movimiento	DInSAR	Fotogram. - LIDAR	TLS	DENDROCR.	ORTOFOTO
27/01/1948		inundación	granada - costa - alpujarra	ALTO	Puente Viejo					1956-1977
07/01/1949		inundación - tormenta	granada	BAJO	Puente Viejo					1985-1998
13/09/1951		inundación	granada - zona metropolitana	BAJO	Chuca				1990-1991	
15/10/1962		inundación	granada - costa	MEDIO	Almegjar		1956-1992			1985-1995
07/01/1963		movimientos ladera - lluvias	granada - zona metropolitana	MEDIO	Tablones	1994-2000				
26/01/1963		movimientos ladera - lluvias	granada	MEDIO	Almegjar		1992-2008			
18/03/1963		movimientos ladera - lluvias	granada - costa - alpujarra	ALTO	Budas				1995-1996	
09/01/1969		lluvias	costa	MEDIO	Chuca				1995-1996	
19/10/1973		tormenta	alpujarra	ALTO	Borincho				1995-96-97	
23/03/1983		lluvias	granada	BAJO	Almegjar			2009-2010		
14/02/1985		lluvias	granada - zona metropolitana	BAJO						
05/09/1989		lluvias	granada - costa - alpujarra	MEDIO						
	1995-1996	lluvias	alpujarra	MEDIO						
	1996-1997	movimientos ladera - lluvias	alpujarra	MUY ALTO						
06/01/2009		deslizamiento	soportujar	ALTO						
06/03/2009		movimientos ladera	alpujarra	ALTO						
	2009-2010	movimientos ladera	alpujarra	MUY ALTO						
	2010-2011	movimientos ladera	alpujarra	ALTO						

Tabla 15 Modificado de Jiménez-Perálvarez (2012)

Capítulo 4. SEGUIMIENTO DE LA ACTIVIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA DIACRÓNICOS MEDIANTE LIDAR TERRESTRE (TLS)

De la parte de la investigación relacionada con este capítulo se ha derivado la publicación en la revista "Landslides" con el título: "**Integration of lidar data for the assessment of activity in diachronic landslides: a case study in the betic cordillera (Spain)**", con DOI: 10.1007/s10346-015-0598-x. A continuación se enumeran los autores participantes y sus afiliaciones:

Orden	Autor	Afiliación
1	Palenzuela J. A.	Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, España
2	Jiménez-Perálvarez J.D.	
3	Hamdouni R.	
4	Alameda-Hernández P.El	
5	Chacón J.	
6	Irigaray C.	

4.1 INTRODUCCIÓN

En la gestión dirigida a la reducción del riesgo frente a los movimientos de ladera, la zonificación de la peligrosidad o, simplemente, su evaluación en sitios específicos (laderas, abanicos aluviales, etc.), proporciona una información valiosa para entender y predecir la evolución temporal de estos movimientos. La peligrosidad, en su definición actual y más completa como "la probabilidad de ocurrencia de movimientos de ladera en un momento y lugar con una destructividad determinada" (Chacón 2008), lleva implícita la duración o diacronía del desarrollo, la intensidad y la probabilidad temporal de ocurrencia de los movimientos (ver sección 2.8.3). La destructividad o potencial dañino depende de la intensidad del fenómeno en cuestión, así como de la duración y modo en que progresa su actividad. La intensidad puede evaluarse como función del volumen y velocidad (Cardinali et al. 2002) de los desplazamientos diferenciales o de otros parámetros, según el tipo de movimiento de ladera considerado (ver secciones 2.8.1 y 2.8.3). La duración o progreso de la actividad (desde el inicio hasta el agotamiento o estabilización) constituye el otro componente de la destructividad. Este factor, a falta de otros datos para su determinación, puede estimarse de forma cualitativa mediante la asignación de distintos grados de diacronía según el tipo de movimiento, lo que a su vez permite evaluar la destructividad cualitativa (2.8.2). El otro paso más importante en la evaluación de la peligrosidad consiste en el cálculo de frecuencia, la cual puede ser determinada por diferentes métodos directos o indirectos (ver sección 2.6.3); y puede referirse tanto a la ocurrencia repetitiva de primeras roturas como de eventos de reactivación o de cambios súbitos en la velocidad de los desplazamientos (surges) (ver sección 2.6.3.1). De acuerdo con esto, la frecuencia absoluta en movimientos diacrónicos, suspendidos o dormidos (ver sección 2.6.3.1), se puede obtener a partir de las reactivaciones, también consideradas eventos repetitivos (Corominas and Moya 1999; Romeo et al. 2006).

Como consecuencia de lo anterior, uno de los principales trabajos en los niveles avanzados de evaluación avanzada de la peligrosidad será determinar el estado de actividad (IAEG 1993) que presentan movimientos singulares de interés durante diferentes etapas de su desarrollo; y si es posible, la distribución y ritmo de avance de los desplazamientos diferenciales, así como la estimación de la frecuencia de sus reactivaciones o cambios significativos de velocidad (surges) mediante métodos directos o indirectos. Esto es de aplicación al área de estudio, donde existen algunos de los movimientos de gran magnitud con carácter diacrónico de larga duración (mayor de algunos años), cuya evolución secuencial relacionada con periodos de lluvia críticos interesa conocer.

Como se describía en la sección 2.6.6, las herramientas y técnicas topográficas modernas constituyen una oportunidad para minimizar las limitaciones existentes en la obtención de información necesaria para abordar la evaluación cuantitativa de la peligrosidad. De este modo, en el presente trabajo se desarrolla una metodología basada en la técnica de LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) mediante un equipo terrestre de Escáner de Láser (TLS) con el fin de detectar y cuantificar los cambios diferenciales en el relieve, relacionados con la evolución de la actividad de movimientos de ladera. La peculiaridad principal de esta técnica deriva de su capacidad para adquirir medidas directas (nube de puntos 3D) con alta densidad o resolución espacial, en comparación con la de otras técnicas (< 10 puntos/m² en Escáner de Láser Aerotransportado, ALS; o ~ 5 m con DinSAR), y con precisión y exactitud centimétrica. Esta ventaja permite trabajar a distancia con el fin de distinguir rasgos pequeños del terreno, ya sean atemporales o expuestos entre adquisiciones secuenciales. Esta técnica no es excluyente, sino que se considera más adecuada en estudios específicos de sitio, mientras que otras pueden cubrir áreas mayores (escala local a regional), como es el caso de la técnica de ALS que se trata en el siguiente capítulo. Una revisión de las aplicaciones de TLS a los movimientos de ladera pueden encontrarse en [Delacourt et al. \(2007\)](#).

Con este objetivo de detectar cambios en la actividad relevantes para el análisis de peligrosidad cuantitativa, se seleccionaron 7 movimientos de ladera en el área de estudio, sobre los que se aplicó una metodología basada en el procesamiento de datos de TLS. La metodología desarrollada, explicada con mayor detalle en las siguientes secciones, comienza con una planificación de la adquisición secuencial de datos y la preparación y colocación de targets (objetos artificiales reflectantes) sobre el terreno para facilitar el corregistro de datos 3D. Seguidamente se realizan las visitas al campo para la adquisición de datos de TLS, a la vez que se realizan las observaciones GNSS (Global Navigation Satellite Systems) para la georreferenciación directa los productos derivados. La siguiente fase trata del procesamiento de los datos adquiridos en campo, con variantes que dependen de las características de los datos finalmente adquiridos; esencialmente, de la existencia o no de targets detectados o elementos regulares cuyos rasgos son reconocibles durante el corregistro de pares de nubes de puntos. El corregistro inicial de los datos continúa con un ajuste de los mismos en un modo supervisado. Una vez realizado el ajuste, los objetos innecesarios y artefactos que producen ruido en la detección de cambios del terreno son filtrados, previamente a la creación de modelos digitales de la superficie escaneada. Finalmente, los datos de fechas consecutivas se comparan y clasifican, también bajo la supervisión y aislamiento heurístico de rasgos relevantes para el objetivo concreto. Adicionalmente, en vista a la actividad detectada en cada movimiento de ladera, para algunos de ellos se extraen otra serie de resultados, como mediciones de desplazamientos concretas o el estilo de la deformación a partir de secciones y perfiles, o extracción de volúmenes y áreas. Estos resultados constituyen la base para establecer conclusiones acerca del estado de actividad de los movimientos seleccionados o del patrón de deformación seguido por los mismos. Por otro lado, y en función de los datos e información hidrológica disponible, se establecen relaciones con el principal factor

desencadenante, la precipitación en los meses más húmedos (generalmente octubre-marzo).

4.2 MATERIALES Y DATOS

A continuación se describen las características del instrumental utilizado y los datos adquiridos mediante la tecnología empleada en presente trabajo.

4.2.1 ESCÁNER DE LÁSER TERRESTRE (TLS)

Para realizar el seguimiento o monitorización de los movimientos de ladera individuales se ha empleado un escáner 3D o TLS. El tipo de medición del escáner utilizado se basa en el tiempo de vuelo (TOF) de las ondas electromagnéticas (láser) reflejadas en el terreno. Conjuntamente se miden las posiciones geodésicas del origen del sistema de coordenadas del TLS mediante GNSS diferencial, lo que permite la georreferenciación de los modelos digitales o resultados geospaciales producidos, como se explica en la sección 4.3.1.

El escáner de láser puede definirse como el instrumento o sistema que analiza un objeto o ambiente físico para reunir datos de su forma e incluso de su color. Entre sus múltiples aplicaciones, en este trabajo nos referiremos a la monitorización o control de desplazamientos en zonas afectadas por movimientos de ladera en alguna de sus fases de desarrollo o estados de evolución. En este sentido, el TLS podría englobarse en una de las técnicas más modernas de medición taquimétrica con utilidad en trabajos o estudios topográficos y geodésicos. Su principal innovación tecnológica reside en la capacidad para adquirir datos con una alta resolución en poco tiempo, de forma remota y controlada por un solo operario (miles a decenas de miles cada segundo). Esta tecnología es interesante en el análisis evolutivo a corto plazo de movimientos de ladera, ya que en lugar de medir punto a punto sobre el terreno, con el escáner 3D se realiza un barrido en tiempos menores de la hora con resoluciones centimétricas (para superficies del terreno generalmente son del orden decimétrico), lo que proporciona la posibilidad de realizar levantamientos secuenciales más completos de la zona problema en su conjunto. Para modelar la mayor superficie posible de dicha zona problema, puede ser necesario realizar en cada momento de adquisición diferentes levantamientos desde diferentes posiciones. Cada una de las nubes de puntos escaneadas estará contenida en el sistema de coordenadas propio de cada posición, por lo que después se realiza la fusión de todas ellas por el proceso de alineación (también conocido como registro u orientación de nubes de puntos).

Los principales tipos de escáner 3D son los escáneres de láser de contacto, y los escáneres de medición remota (a distancia) activos o pasivos. Para comprender los fundamentos del tipo más adecuado para esta investigación, a continuación se describirá el funcionamiento y características del escáner de láser o explorador de láser activo, y dentro de este, el subtipo de adquisición basada en tiempo en vuelo (TOF). El sistema TOF ha sido el utilizado en este trabajo, dado que su rapidez en la adquisición de decenas de millones de puntos en áreas de escaneo de gran tamaño (< 10 ha de superficie), su capacidad para medir distancias menores del km con precisión centimétrica, y su versatilidad, lo hacen el sistema más adecuado. Específicamente, consiste en un TLS de largo alcance de la firma comercial Riegl®, concretamente el modelo LMS-420i (Laser Measurement System 420i); adecuado para las condiciones de medida en los movimientos de ladera seleccionados, situados entre unos cientos de metros a menos de 1000 m.

4.2.1.1 Fundamentos del TLS basado en el Tiempo de Vuelo del haz láser

Un escáner TLS de tipo TOF es un telémetro o explorador de distancia (Figura 27) capaz de escanear precisamente una superficie con una alta densidad de muestreo. La Figura 28 muestra los principios de tales sistemas: los pulsos de onda electromagnética son emitidos con frecuencias de hasta nanosegundos en una dirección caracterizada por los ángulos acimutal (φ) y cenital (α). El tiempo de viaje instrumento-objetivo-instrumento se mide para obtener la distancia d . El software que controla el dispositivo puede mostrar las coordenadas esféricas (d, φ, α) o cartesianas (x,y,z) del punto reflectante. La dirección del rayo láser (2 Figura 27A) es modificada por unos espejos poligonales internos en el modelo 420i de Riegl (3 Figura 27A), haciendo variar los ángulos φ y α en cantidades constantes $\Delta\varphi$ e $\Delta\alpha$. En el modelo 420i de Riegl, la deflexión vertical se realiza para barrer una línea vertical (“line scan”), y el giro de la cabeza del escáner produce un barrido horizontal para obtener el escaneo de un área o superficie (“frame scan”). El barrido vertical alcanza hasta los 80°, mientras que el horizontal se puede realizar en un campo de visión de 360°. La distancia, los ángulos, la amplitud de la señal, tiempo y fecha de cada medida (“timestamp”) son transmitidos a una computadora portátil (6 Figura 27) vía interfaz de Eternet TCP/IP (5 Figura 27), o por conexión USB/Fireware (8 Figura 27A) cuando se trata de la imagen en color (7 Figura 27A) proporcionada por la cámara fotográfica. Adicionalmente puede incorporarse un receptor GPS o GNSS para obtener medidas de posición geográfica en tiempo real (Figura 27B). Tanto para la cámara o el receptor GPS, como para cualquier otro dispositivo integrado en la adquisición de datos se conocen las medidas y parámetros de calibración respecto a la salida del rayo láser en el punto de salida del espejo (origen de coordenadas de la posición de escáner).

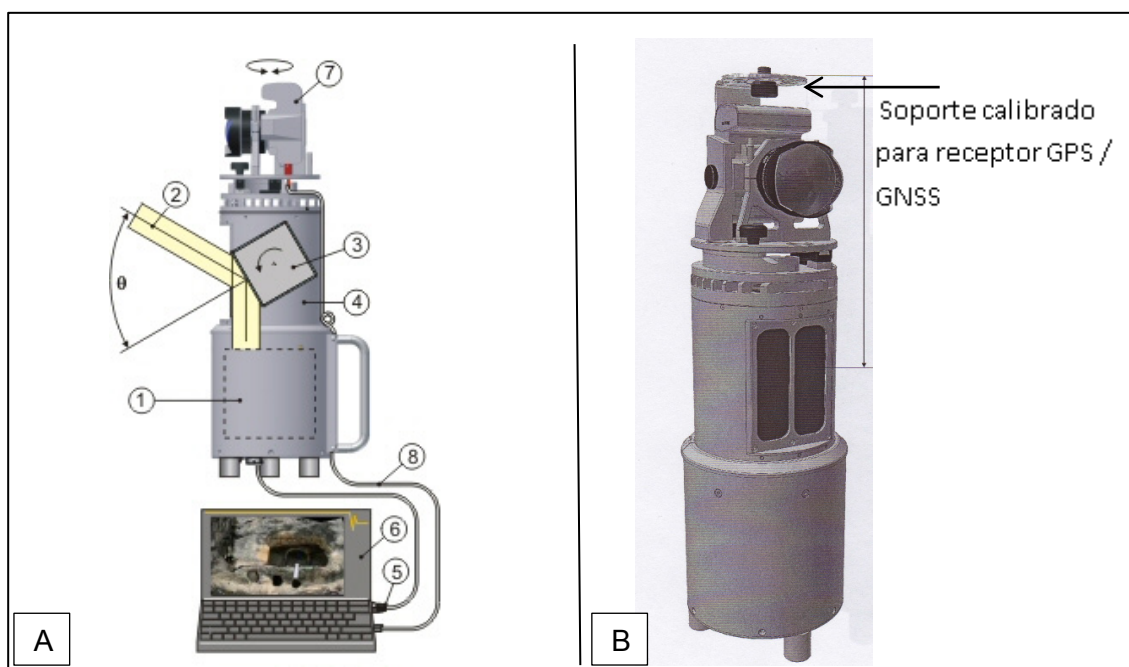


Figura 27 Principios geométricos de la proyección de la radiación láser sobre el objeto escaneado mediante la técnica TOF. Tomado de Teza et al. (2007)

La distancia es obtenida a partir de la mitad del tiempo t , que le lleva al láser en alcanzar un objeto y volver al punto de partida. Esto puede determinarse con la ecuación sencilla de la distancia que recorre una onda electromagnética en un medio transparente, conociendo su velocidad:

$$d = 1/2(c \cdot \Delta t)$$

donde c es la velocidad de la onda electromagnética (rayo láser) y Δt es el tiempo transcurrido desde el pulso de emisión al de recepción.

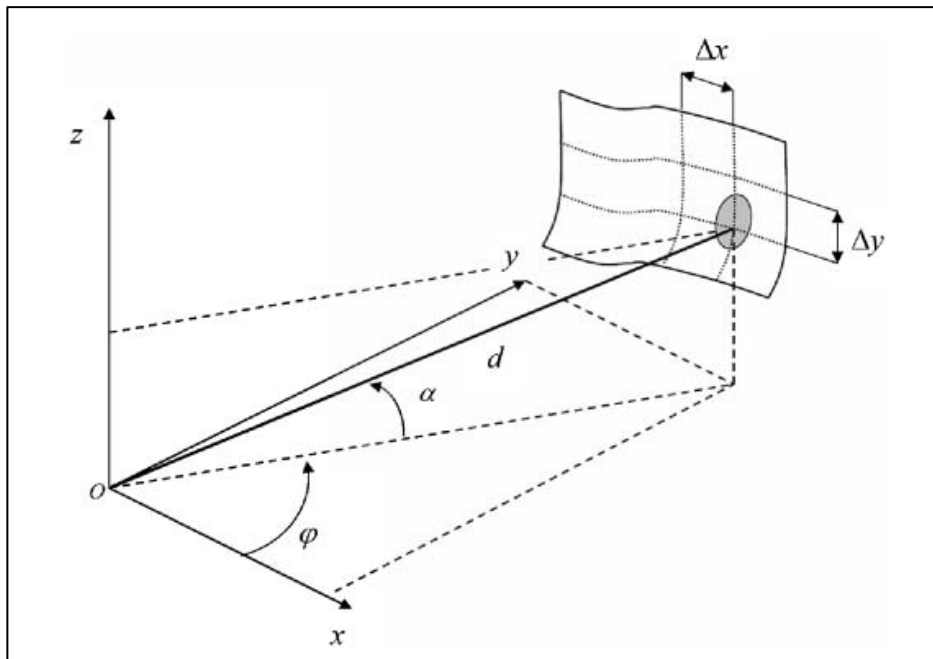


Figura 28 A: Partes principales del escáner 3D TOF. B: ilustración de un escáner 3D con soporte universal para sistemas de posicionamiento global, GPS o GNSS

Para cada punto se obtiene el valor de la reflectancia $R(x,y,z)$, el cual se refiere a la cantidad de señal reflejada respecto a la emitida, debido a la dispersión producida por el blanco medido. Generalmente, R es normalizada al rango de valores 0 – 255, como en las imágenes de escalas de grises de 256 niveles. Esta reflectancia depende del material, de la humedad ambiental y las condiciones de observación (ej. ángulo de incidencia).

Así, un escaneo proporciona una nube de puntos $\{(x_i, y_i, z_i, R(x_i, y_i, z_i)), i=1, \dots, N\}$, con $N \sim 10^6 - 10^7$. Algunos TLSs también proporcionan el vector RGB para cada punto (x,y,z) . En este tipo de mediciones con haz láser, la precisión de la medida y la resolución óptima dependerán estrechamente de la divergencia del rayo (Lichti 2004; Lichti and Jamtsho 2006); ya que la medida de la distancia se asigna a unas coordenadas esféricas determinadas por la resolución angular vertical y horizontal del paso del láser, independientemente de la superficie iluminada (huella) provocada por la divergencia angular del rayo en función de la propia distancia al objeto de medición.

En la Figura 29 se esquematiza una secuencia de puntos escaneados sobre un objeto, donde el rayo viajaría completando columnas punto a punto, y barriendo una franja horizontal. Puede observarse que, a una resolución angular idéntica al diámetro de la huella láser, cada zona sería escaneada independientemente (Figura 29A); mientras que si el diámetro de apertura del rayo es mayor que el determinado de la resolución angular obtendremos puntos que pueden pertenecer a un objeto adyacente (superposición de datos) (Figura 29B, Figura 30 y Figura 31).

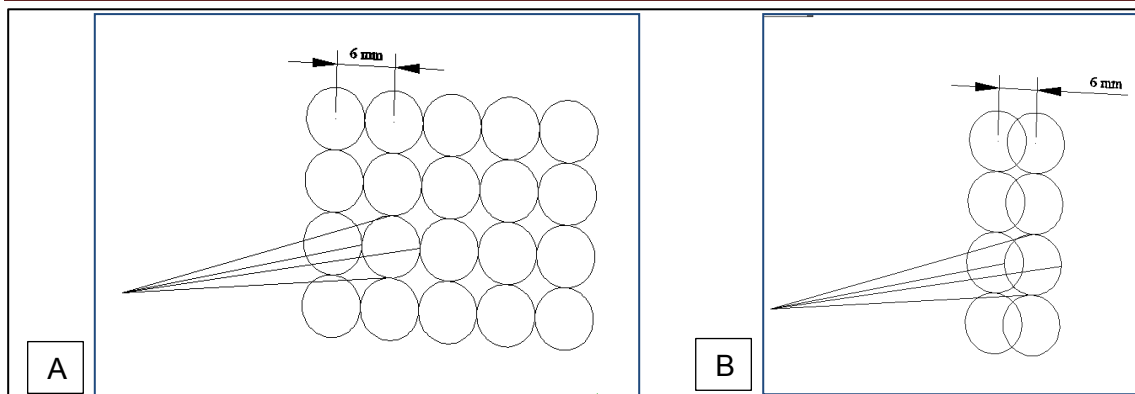


Figura 29 Vista en perspectiva de una secuencia de huellas de láser con un diámetro resultante, por el efecto de divergencia, igual al derivado de la resolución angular a esa distancia (6 mm). B. Superposición de superficies medidas con una apertura del rayo mayor que la resolución angular horizontal. (Elaboración propia)

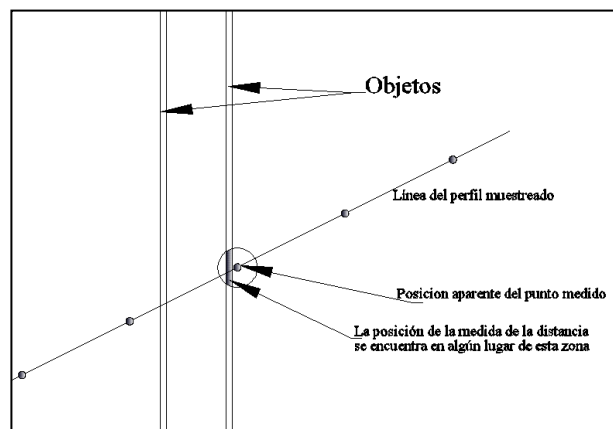


Figura 30 Esquema de una línea de escaneo cruzando un objeto vertical cuya anchura es menor que el diámetro de la huella láser. (Elaboración propia)

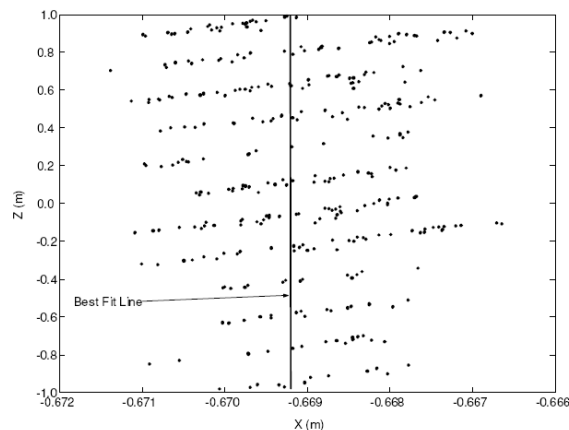


Figura 31 Gráfico de la dispersión de puntos provocados por el escaneo de un objeto vertical, mostrando la línea que mejor se ajusta a la nube de puntos en el plano ZX. Tomado de [Lichti \(2004\)](#)

La dispersión de puntos, directamente relacionada con el radio de la divergencia (Figura 29B, Figura 30 y Figura 31), da una idea de la verdadera precisión en la posición de los puntos en un plano perpendicular a la dirección del rayo. No obstante, otros errores se consideran para planos no frontales, además de la pérdida de energía cometida al variar el ángulo de reflexión. Estos, sumados al error en la distancia, producirán un elipsoide representativo del error tridimensional o incertidumbre 3D. Así, estos dos aspectos muestran como la elección del escáner de láser puede influir a la hora de realizar medidas sobre objetos lejanos cuya rugosidad o tamaño puede necesitar, no sólo de una resolución

angular precisa, sino también, de un grado de divergencia crítico cuando se mide desde distancias lejanas al objeto.

4.2.1.2 Características del haz láser

El rayo láser es emitido por un transmisor de cualquiera de los tipos existentes en el mercado (gas, estado sólido, semiconductor) con una longitud de onda determinada, la cual se relaciona directamente con la energía de emisión. En el inicio es emitido con una forma divergente, pero cuando se propaga lejos del explorador, concretamente en la primera multiplicación del haz, éste converge a un diámetro mínimo denominado cintura del haz, de radio W_0 , encontrándose muy cerca del emisor. Posteriormente el haz diverge de forma inversamente proporcional al diámetro de cintura. Por tanto, este primer haz es de naturaleza expansiva, hasta que pasa por el sistema óptico de lentes que lo colima. Este sistema es similar al de un telescopio invertido, consistente en una primera lente divergente a distancia focal corta, y una convergente a una distancia focal larga (Figura 32) (Luís Ruíz 2010).

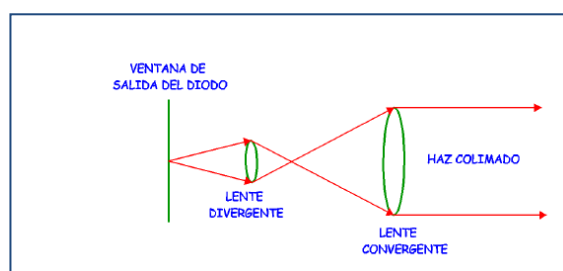


Figura 32 Esquema óptico en la emisión del láser. Tomado de Luís Ruíz (2010)

El radio del haz sin expandir a la distancia R del explorador, $W(R)$, se calcula mediante la expresión (Weichel 1990):

$$\text{Ec. 12 } W(R) = W_0 \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda R}{\pi W_0^2}\right)^2}$$

Siendo W_0 el radio del haz de cintura, y λ la longitud de onda del láser. El radio del haz expandido colimado viene dado por la ecuación:

$$\text{Ec. 13 } W_{exp} = \frac{f_0}{f_1} \cdot W(R) = K \cdot W(R)$$

Donde f_1 , f_2 , son las distancias focales de las lentes divergente y convergente del amplificador del haz láser, respectivamente.

El perfil del rayo radiado en la dirección ortogonal a la propagación del haz se puede modelar según una función gaussiana, aunque varía según el tipo de láser. Las 3 definiciones ampliamente utilizadas según el comportamiento gaussiano del diámetro del haz, basadas en la envolvente del flujo radiante, son las siguientes (Marshall 1985):

- $D_{0.5}$: diámetro del rayo envolvente que contenga el 50% de la energía radiada del haz.
- D_{1/e^2} : diámetro que contiene el $1/e^2$ (13.5%) de la energía radiante total del haz.
- D_{1/e^8} : diámetro que contiene el $1/e^8$ de la energía radiante total del haz.

Estas definiciones pueden representarse en la Figura 33.

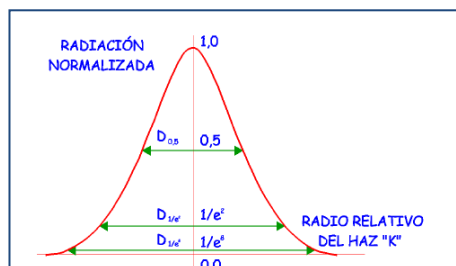


Figura 33 Diferentes definiciones del diámetro del haz, no escalar. Tomado de [Luís Ruíz \(2010\)](#)

La medida de la divergencia del haz, también denominada *ángulo de la divergencia del haz* o *campo visual instantáneo (IFOV)*, se establece por la expresión:

$$\text{Ec. 14} \quad \gamma = Ka \cdot \frac{\lambda}{D}$$

Donde D es el diámetro de la lente, λ la longitud de onda de la luz láser, y Ka es una constante determinada en función de iluminación de la abertura:

- $Ka = 4/\pi$, para aberturas de la radiación gaussianas con diámetro $1/e^2$.
- $Ka=2,44$, para aberturas de la radiación uniforme

Según la ecuación Ec. 15, los telémetros que funcionan con radiación en la banda de infrarrojo tienen mayor campo visual que los que emiten luz visible.

$$\text{Ec. 15} \quad D_f = 2 \cdot R \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \approx R \cdot \gamma$$

donde γ es el ángulo de la divergencia del haz en radianes y R es la distancia.

Una vez conocido el ángulo de la divergencia del haz, puede establecerse *el diámetro D_f de la sección del haz en la superficie del objeto* mediante la ecuación Ec. 15, o mediante la relación geométrica que se deduce de la Figura 34:

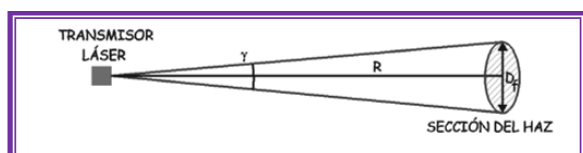


Figura 34 Geometría de la divergencia del haz láser. Tomado de [Luís Ruíz \(2010\)](#)

4.2.1.3 Errores en la medición con TLS

Para obtener una medida de la calidad de los datos explorados por un escáner de láser, así como de cualquier tipo de telémetro, sería necesario un análisis pormenorizado de sus fuentes de error. Cuando se trata de investigar el error teórico, en primer lugar se necesitan datos que definan el sistema de medida; sin embargo, estos datos se determinan en condiciones muy difícilmente equiparables a los de un proceso normal de escaneado de una parte de terreno natural (rugosidad del objeto, iluminación, t^a , presión, antigüedad del telémetro, error de calibración de la dirección del rayo con la del eje de instrumento, etc.). A esto había que sumarle la falta de algunos datos no proporcionados por los fabricantes en muchos casos.

Además, influyen los errores derivados de los procedimientos propios de cada metodología de trabajo. Por ejemplo, en el proceso de georreferenciación; la calibración de la posición y orientación del sistema de coordenadas del escáner mediante un sistema de navegación

inercial (INS), o el ajuste del alineamiento de varias partes de un mismo objeto o espacio del terreno.

Para estos sistemas se distingue entre “exactitud”, “precisión” y “resolución” (lavarone 2002):

- *Exactitud*: grado de acuerdo entre la medida y su verdadero valor.
- *Exactitud del modelado 3D*: se deriva del modelo generado de la nube de puntos, y es mayor que la exactitud de la propia medida del sistema. El modelado 3D se refiere al producto final de la exploración con láser, así que la exactitud modelada se puede establecer como el índice más relevante de la calidad de información obtenida, la cual refleja el *nivel de conformidad modelo-objeto real* (Figura 35). No debe confundirse en este tipo de estudios el concepto del *dato* explorado con el de *información*, ya que el primero se referirá a la nube de puntos (datos crudos) y el segundo a los datos, modelos o cualquier tipo de información numérica o gráfica extraída de aquella.

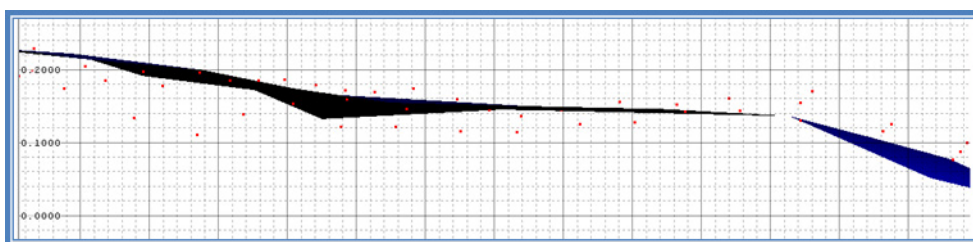


Figura 35 Vista ortométrica lateral de una sección de 20 cm de ancho (perpendicular al plano de la pantalla) de una parte escaneada y procesada. Se muestra la dispersión de la nube de puntos con una desviación de unos 6 cm, y el modelo de la superficie media que la representa

- *Exactitud de la medida de fondo*: calidad de la medida de las distancias entre el escáner y los puntos medidos. Con el sistema de medida usado en este trabajo, Riegl 420i, el error teórico es de 1 cm; entendiéndose este como error fijo hasta los 50 m. Para distancias mayores de 50 m se establece un error fijo de 1 cm, más un factor de 20 ppm que afecta a la distancia total medida.
- *Exactitud de la posición de los puntos en el plano perpendicular al rayo*: depende de la resolución angular y el ángulo de divergencia, como se verá más adelante en el punto *anchura del rayo*.
- *Precisión*: este concepto se conoce también como *reproducibilidad o repetibilidad*, y representa el grado con el que un instrumento puede dar el mismo resultado en mediciones realizadas en las mismas condiciones y diferentes tiempos. Puede aplicarse tanto a los datos en bruto, a los procesados o a los modelados. El fabricante del explorador láser suele dar valores para los diferentes componentes (telémetro láser, unidad de desviación del haz, etc.), así como para una sola medida o para un conjunto. Para el sistema Riegl 420 i, la precisión del telémetro es de 8 mm para la misma distancia medida, o de 4 mm de media para un conjunto de distancias de hasta 50 m.

La precisión de la coordenada 3D de un punto perteneciente a un sistema de coordenada externo, se expresa de forma general con la siguiente ecuación (Baltasvias 1999):

$$\text{Ec. 16} \quad \sigma_{3D} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$$

Donde σ_i es el error individual asociado a diferentes fuentes que se puedan presentar en cada trabajo. Una descripción de estas fuentes de error se hace en el siguiente apartado. Varios autores que han investigado e intentado establecer modelos matemáticos del error total y de su corrección (Boehler et al. 2003; Lichti 2004; Reshetyuk 2006). No obstante, podríamos hacer una revisión de los métodos investigados y sería difícil encontrar alguno que mejor se ajuste a todas las condiciones y variables que pueden presentarse en cada zona de escaneo. Dependerá además de las condiciones geométricas y ambientales; por ejemplo, del número de escaneos que han de alinearse para completar la nube de puntos global del proyecto (transformación de coordenadas de un sistema de coordenadas local al del proyecto); del modo en que se realice la georreferenciación (directa, o indirecta) (Balis et al. 2004; Gordon and Lichti 2004; Lichti et al. 2005; Scaioni 2005); técnica de levantamiento de coordenadas de la posición de escáner y puntos de enlace o targets (generalmente, la estación total, GNSS o DGPS); utilización de un sistema de navegación inercial, etc.

- *Resolución*: es el tamaño del detalle más pequeño perceptible por un sistema de medida, existiendo dos tipos para TLS:
 - Resolución angular, como el tamaño de la característica más pequeña perceptible en la superficie homogénea.
 - Resolución de la distancia, como el cambio mínimo en la distancia que es capaz de percibir un explorador.
- *Anchura del rayo (beamwidth)*: es una propiedad importante que influye en la resolución de la nube de puntos y la incertidumbre de su posición. Según se han definido los diámetros de la divergencia del haz desde su salida óptica (ver sección 4.2.1.2), cabe esperar la incertidumbre inherente en la posición del punto debida a esta variación de la anchura del láser. Lichti et al. (2005) presentan un modelo probabilístico del centroide de la posición angular en la dirección de colimación óptica a partir de los ángulos de elevación y azimut, así como un modelo matricial de la propagación de la incertidumbre debida al ángulo de divergencia del rayo sobre esa posición. Por otra parte, Lichti (2004) analizó la importancia de estos dos parámetros en la resolución espacial (3D). Una breve ilustración de ello se observa en la Figura 36. En esta ilustración se puede deducir que algunos puntos pueden haber sido medidos o reflejados desde zonas adyacentes repetidamente y, sin embargo, se les asignan diferentes coordenadas angulares (esféricas) que se presentarán como un ruido o distorsión de elementos en la imagen escaneada. Esto es debido por una parte, a una mala combinación de resolución angular con el ángulo de divergencia del rayo, y por otra, de la aparición de rasgos de menor tamaño al de la resolución angular sobre el objeto.

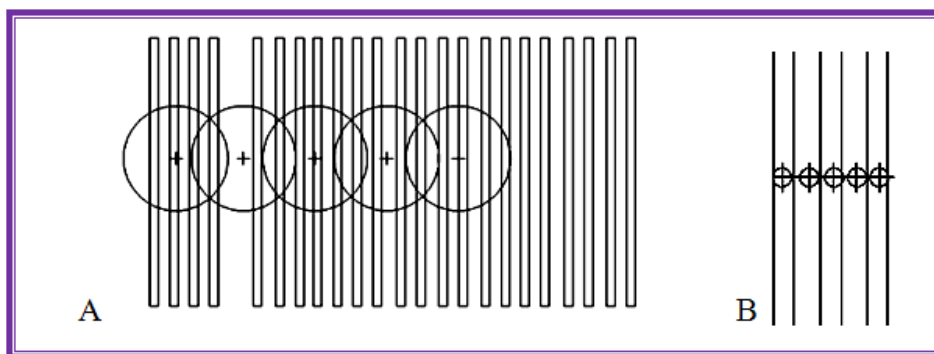


Figura 36 A.: Se observan como algunos centros de la huella láser no alcanzan ninguno de los objetos verticales, sin embargo, son reflejados desde partes más externas del haz. B.: existen huellas comprendidas totalmente dentro del tamaño de los objetos cuya distancia puede no corresponder con la de los mismos (Elaboración propia).

4.2.1.4 Fuentes de error implicadas en la medición con TLS

Del apartado anterior se puede deducir que la investigación de las fuentes de error en medidas TLS es algo realmente complicado, debido a los numerosos y diversos factores influyentes. A su vez, los errores varían con el diseño de cada equipo; con la energía emitida; con las desviaciones que experimenta el haz; los componentes eléctricos; electrónicos y mecánicos, etc.; para muchos de los que no se tiene información. [Staiger \(2005\)](#) clasifica las fuentes de error en los siguientes grupos:

- *Instrumental*: en este tipo de errores se pueden incluir el error en la velocidad de radiación; la relación señal-ruido; desviación de la medición electrónica del tiempo en vuelo; desviación del haz por efecto de la curvatura; aspereza y otros defectos de los espejos; divergencia entre la dirección de colimación y el eje físico de referencia para el escáner, o el factor de escala.
- *Relacionados con el objeto*: características como permeabilidad magnética y conductividad, color, longitud de onda del rayo, oblicuidad entre el plano objeto y la dirección del rayo (pérdida de señal y precisión), rugosidad, temperatura de la superficie, humedad, etc.
- *Ambientales*: estos errores dependen de factores como la presión, temperatura, humedad relativa, iluminación o vibración, entre otros. Además puede interferir la radiación de otras fuentes electromagnéticas (lámparas, luz solar, etc.).
- *Metodológicos*: incorporación de medidas adicionales de posición (sistema inercial de navegación, GNSS), tipo de georreferenciación directa (orientación con objeto distante) o indirecta (usando varios targets o puntos de control sobre el terreno).

[Lichti \(2004\)](#) los clasifica en dos grupos generales:

- *Internos* o sistemáticos, refiriéndose estos a los errores inherentes al instrumento.
- *Externos*, provocados por fuentes ajenas al explorador láser; los cuales pueden ser tanto de índole tanto sistemática como aleatoria.

En la literatura pueden encontrarse varias técnicas de modelación del error instrumental, estimando la exactitud y precisión de sus medidas. Junto a los trabajos citados anteriormente, respecto a la obtención de modelos para la medida 3D, podrían indicarse: [Lichti \(2007\)](#), [Boehler et al. \(2003\)](#), [Huising and Gomes Pereira \(1998\)](#) o [Buckley et al. \(2008\)](#).

De estos, el trabajo de Buckley et al. (2008) es de especial interés, ya que el estudio está orientado a trabajos de campo realizados en condiciones más parecidas a las que han regido en esta investigación. Buckley et al. (2008) establece una tabla de espaciado en función de la resolución especificada en la documentación técnica, y espaciado del muestreo sugerido según el criterio de elección de la resolución angular propuesto por Lichti and Jamtsho (2006), ambos en relación al mismo instrumento utilizado en esta investigación, Riegl LMS-Z420i (Tabla 16):

Distancia (m)	Diámetro (m)	Resolución espacial Especificada (m)	Resolución espacial sugerida (m)
10	0.008	0.0004	0.0072
50	0.0148	0.0022	0.0128
100	0.0262	0.0044	0.0226
200	0.0506	0.0087	0.0435
500	0.1253	0.0218	0.0108
800	0.2002	0.0349	0.1721

Tabla 16 Diámetro de la divergencia del haz, resolución espacial especificada y sugerida en función de la distancia. Tomado de Lichti and Jamtsho (2006)

En esta sección se han expuesto las dificultades para conocer un error teórico, tanto para cada medida como para el conjunto de ellas. También se mencionó la mayor exactitud del modelado 3D, guardando mejor relación entre la realidad del objeto y la del modelo. Esto lo diferencia de otras técnicas en las que, como mucho, se usan decenas o centenas de puntos tomados de forma más lenta y laboriosa, aunque pudiendo alcanzar resultados más precisos. De acuerdo con la presente investigación, no se obtendrán elipsoides de error para cada punto. No obstante, podríamos tener en cuenta que estaremos cometiendo principalmente los siguientes errores:

- Dependiendo de si se georreferencian las medidas o se trabaja en coordenadas relativas a la posición de escáner, en el primer caso habrá que añadir la precisión de las coordenadas establecidas mediante el levantamiento estático que más adelante se explicará. Este error o incertidumbre será de carácter sistemático y afectará a la posición absoluta dentro del sistema de referencia global de cada uno de los sistemas de las nubes de puntos en que se utilice la georreferenciación. Sin embargo, si sólo se georreferencia un modelo digital del terreno (modelo de referencia), y los demás se orientan mediante otras técnicas de alineamiento y ajuste, este error sólo influirá al sistema de coordenadas del modelo de referencia, mientras que los demás datos contendrán un error relativo al proceso de orientación relativa y ajuste.
- Exactitud de la medida de la distancia: aplicará siempre y cuando los puntos no sean difusos o erróneos, derivados de diferentes efectos (aliasing, bordes, reflexiones multitrayectoria, etc.). Puede evaluarse en función de los parámetros especificados por el fabricante:

$$1\text{cm} + (20\text{ppm} \cdot \text{distancia medida})$$
- Exactitud en la posición angular: depende del ángulo de divergencia y la distancia (Tabla 16).

4.2.2 Receptores GNSS con corrección diferencial

Los datos se georreferencian utilizando el sistema de proyección de Coordenadas Universal Transversal de Mercator ETRS-89 sobre el elipsoide de referencia de Hayford. Para el levantamiento de puntos se usan receptores GNSS (Global Navigation Satellite Systems) junto con los datos de estaciones de referencia permanentes. La principal ventaja de usar esta tecnología frente a la de distanciómetros (Estación Total) reside en la

independencia de la orientación mediante puntos de control o puntos de vista atrás de cada base en itinerarios.

4.2.2.1 Principios y conceptos

A continuación se describen conceptos comunes en la medición de coordenadas globales mediante receptores GNSS, ya que durante la presente investigación se utilizaron algunos de los modos de medición que se resumen aquí.

- **GNSS:** Bajo el acrónimo GNSS (Global Navigation Satellite Systems) se engloban todas las técnicas de posicionamiento mediante satélites que utilizan las diferentes constelaciones disponibles en la actualidad (GLONASS, EGNOS, WAAS, MSAS y el futuro sistema GALILEO), utilizadas individualmente o combinadas. La importancia de estos sistemas reside en la constelación de un mayor número de satélites, permitiendo disponer de un número suficiente de estos en cualquier tiempo y lugar (mínimo 4 satélites) para poder realizar medidas con la precisión requerida en múltiples trabajos (navegación, topografía y geodesia, control remoto).
- **Rango de navegación:** por este término se denomina a la distancia medida en modo autónomo por un receptor. La distancia se calcula una vez conocidas las posiciones orbitales de los satélites en cada instante (efemérides), el tiempo de salida y el tiempo de llegada. Estos datos vienen incluidos en el código de navegación C/A (Coarse Acquisition) que llega a través de la señal portadora a un receptor que se encuentra sincronizado con el reloj del satélite. A la distancia medida por este método se le llama pseudodistancia, debido al error de algunos metros (300km / milisegundo) inducido por la diferencia de precisión en los relojes, mucho más precisa en el reloj atómico del satélite que en el receptor.
- **Posición elipsoidal:** se refiere a la posición corregida a la superficie elipsoidal de la medida calculada en el centro de fase del receptor a través de la triangulación o resección (término empleado en topografía) a partir de pseudodistancias o distancias medidas en modo fase hasta las posiciones orbitales de 4 satélites.
- **Medición de rango o distancia por fase:** Para conseguir la exactitud topográfica y alcanzar precisiones subcentimétricas, se lleva a cabo una medición de rango o distancia por fase. Es un tipo de medida equivalente al de un distanciómetro o telémetro de onda electromagnética. Se asemejaría a la medición con una cinta manual, sin embargo, la porción milimétrica se calcula a partir de una fracción de longitudes conocidas sobre las ondas portadoras (L1 y L2). Si un receptor es de tipo bifrecuencia, este puede corregir errores por retraso en la refracción atmosférica.
- **Medición GPS y coordenadas geocéntricas:** la medida resultante es un vector tridimensional de marca a marca. Generalmente, el software de un GPS o GNSS reportará múltiples vectores registrados durante un tiempo para un punto, como diferencias entre las coordenadas X, Y, Z de un sistema de coordenadas centrado y fijo en el centro de la tierra (Coordenadas geocéntricas) (Figura 37). El receptor hace la medida en el centro eléctrico de su antena, y nosotros usamos las alturas (offsets) de la antena para calibrar la medida al punto debajo del instrumento (marca, reseña) Figura 38.

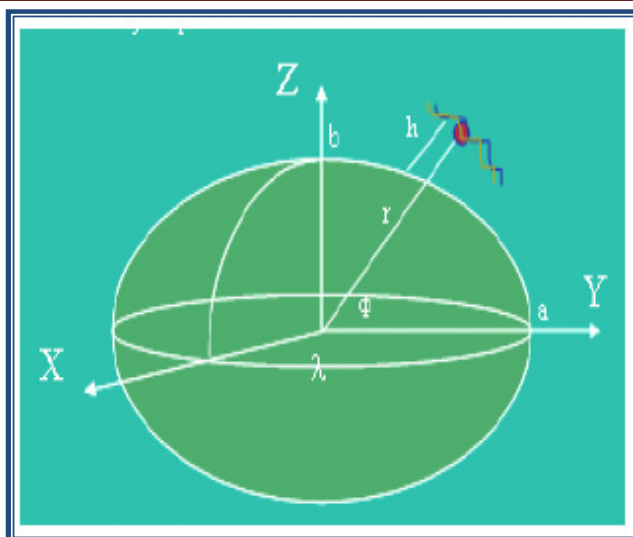


Figura 37 Parámetros que se calculan conociendo la posición elipsoidal. (h): altura geodésica expresada como distancia perpendicular desde el elipsoide al punto de medida. (φ): latitud geodésica como ángulo entre el plano ecuatorial y el vector r . (λ): ángulo entre el plano meridional de referencia y el plano meridional que contiene al vector r

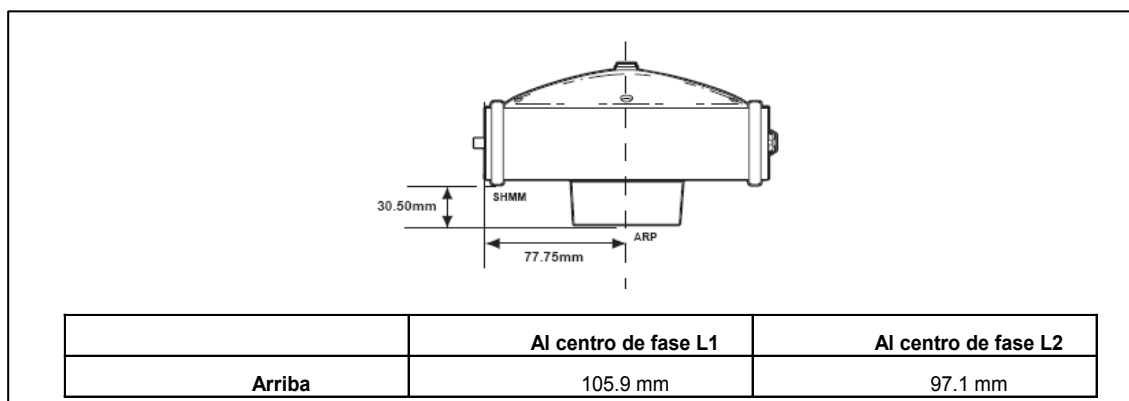


Figura 38 Esquema de las marcas de referencia sobre la antena Hiper Pro de Topcon para la calibración de la altura al punto medido bajo el tripode, y tabla con las distancias al centro eléctrico de la antena para las medidas de las fases L1 y L2. SHMM: marca de medida de la altura inclinada. ARP: punto de referencia de la antena utilizado en medidas de altura vertical

La topografía con DGNS (Diferencial GNSS) es por naturaleza radial, es decir, estamos haciendo radiaciones (medidas) relativas a una estación base. En las aplicaciones dinámicas con postproceso podemos utilizar múltiples estaciones base con el objeto de proporcionar redundancia y confianza, pero normalmente se usa sólo una estación base correctora más cercana.

4.2.2.2 Cálculo de altura ortométrica

EL problema básico de la altura radica en la imposibilidad de medir directamente las diferencias de elevación con GNSS. Mediante la observación en campo con GNSS sólo se obtiene la diferencia de altura elipsoidal (Figura 39). Para medir la diferencia de elevación directamente, es necesario usar el nivel topográfico convencional, sin embargo, también es posible obtener muy buenas elevaciones GNSS calculadas a partir de un buen modelo del geoide.

La única manera de medir la diferencia de altura con precisión sobre esta superficie ondulante de gravedad es referir las alturas elipsoidales a un nivel topográfico y efectuar una nivelación diferencial. La altura elipsoidal es la altura de un punto sobre un elipsoide de referencia (o esferoide). Las posiciones GNSS se refieren al elipsoide WGS84. El centro de este elipsoide de referencia coincide con el centro de masa de la tierra que también es el

punto de origen X, Y, Z del sistema de coordenadas cartesiano. La diferencia de altura elipsoidal entre puntos se puede medir con precisión usando GNSS, pero debido a los errores del posicionamiento absolutos inherentes al sistema, necesitamos referenciar estas diferencias a puntos de altura elipsoidal conocida de igual manera en que referimos nuestro nivel topográfico a un banco de nivel (reseñas formadas por clavos, chapas metálicas u otro material, instaladas de modo permanente en un lugar de altura elipsoidal conocida).

Además, una vez solucionado el problema de la altura elipsoidal, necesitamos disponer del modelo del geoide de referencia del que obtendremos la altura geoidal (Figura 39). Para ello se usa alguno de los modelos matemáticos del geoide global que existen y que pueden ser instalados en algún software de topografía. En esta investigación se ha usado el software de procesamiento Topcon Link en el que se ha incorporado el geoide global EGM96, desarrollado por el GSFC (Goddard Space Flight Center) de la NASA, el NIMA (National Imagery and Mapping Agency) y la OSU (Ohio State University). La exactitud media de este modelo está en torno al decímetro, aunque en muchos casos puede alcanzar el centímetro, teniendo las peores condiciones de aproximación en zonas de montaña.

Con la altura elipsoidal y geoidal ya se puede hallar la altura ortométrica (Figura 39), determinada como la distancia vertical entre la superficie física de la Tierra y la superficie del geoide (que sustituirá la superficie del nivel medio del mar). En muchos casos las alturas ortométricas son también consideradas alturas sobre el nivel medio del mar. Generalmente se simboliza por la letra "H". Con estas medidas ya podemos calcular las diferencias de alturas ortométricas directamente.

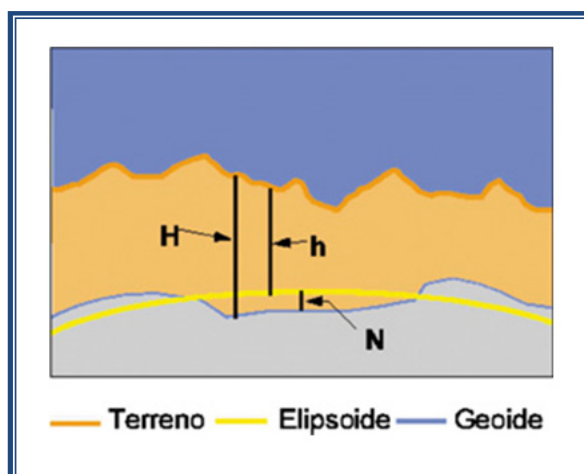


Figura 39 (H) = altura ortométrica = $h + N$; (h) = altura elipsoidal; (N) = altura geoidal

4.2.2.3 Consideraciones en tiempo y lugar en la precisión de las observaciones de GNSS

Antes de realizar la campaña de un levantamiento con un sistema GNSS deben de contemplarse algunos aspectos que dependen del tiempo y lugar en los que se va a trabajar. La precisión en el posicionamiento GPS es una función de dos factores (Seeber 1993; Van Sickle 2001). Por un lado, el error de rango equivalente de usuario (UERE) o desviación estándar asociada (σ_r) indica la precisión de las mediciones de pseudodistancia. Cada tipo de error o influencia parcial sobre la medida se expresa como una distancia por sí mismo, y cada una de estas contribuciones individuales al error global debido a distintos factores se conoce como UERE (Figura 40). El UERE incluye el efecto combinado de las incertidumbres de las efemérides, errores de propagación en la troposfera e ionosfera, errores de sincronización y ruido del receptor. Este error se proyecta sobre la línea que conecta el observador y el satélite. En el modo de posicionamiento autónomo con código, los errores pueden llegar a la decena de metros. Por el contrario, en un posicionamiento

DGNSS (GNSS diferencial) los modelos de corrección de una estación base de coordenadas conocidas se transfieren a los receptores móviles para corregir sus medidas influenciadas por los mismos errores que la base, alcanzándose así precisiones métricas (1-5 m). Si la corrección diferencial se refiere a medidas de fase (L1 o L2), se pueden alcanzar mediciones subcentimétricas.

Por otro lado, la disposición geométrica de los satélites utilizados en el cálculo, o Dilución de la Precisión (DOP), también influyen en la calidad de la medida. El DOP es un indicador de calidad de los resultados que pueden esperarse de un posicionamiento con GNSS. Conviene tomar datos cuando el DOP es bajo, lo que indicará que los satélites están más separados (“diluidos”) (Figura 40), y la resección será más precisa. Este error puede preverse durante el planeamiento del trabajo de campo, utilizando un software que lo calcula a partir del almanaque con las posiciones de cada satélite sobre el lugar y tiempo de trabajo previstos.

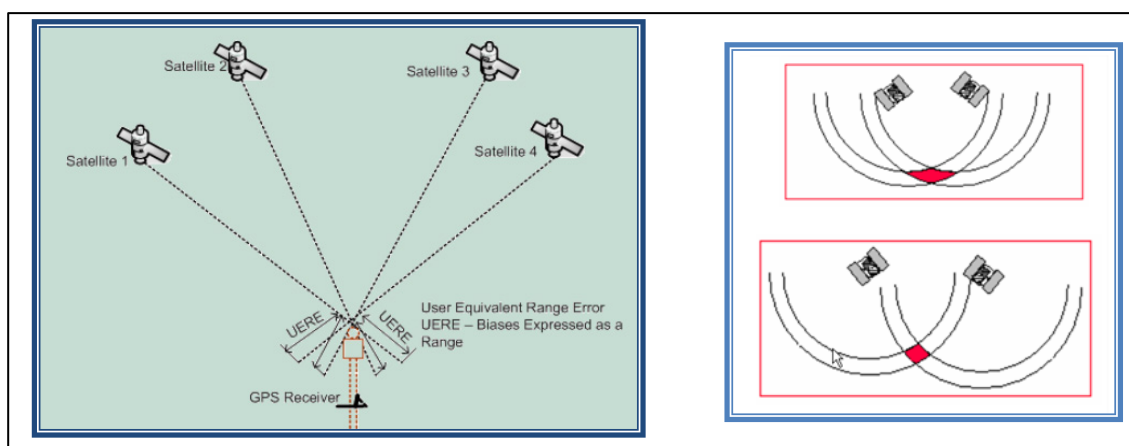


Figura 40 A la izquierda vectores de error UERE, tomado de (Van Sickle 2001). A la derecha disposición geométrica de los satélites con un DOP alto (abajo), y un DOP bajo (abajo), tomado de (Leica 2015)

La relación entre la desviación estándar asociada, σ_r , y la desviación estándar de la posición (σ^*) está dada por la relación:

$$\text{Ec. 17} \quad \sigma^* = \text{DOP} \cdot \sigma_r$$

Otros condicionantes que influyen sobre el error de la medida son los objetos que interrumpen el seguimiento de la señal de los satélites mientras dura la toma de datos, o aquellos en los que se refleja. También pueden afectar a la señal aquellas otras procedentes de otros equipos o artefactos que emiten ondas electromagnéticas, lo que se conoce efecto multipath (multitrayectoria). Los modelos de receptores utilizados en esta investigación disponen de un software capaz de reducir estos dos efectos (seguimiento Co-op, y Multipath reduction).

4.2.2.4 Tipos de posicionamiento

A continuación se describen los métodos de posicionamiento GNSS en trabajos topográficos de alta precisión (mm-cm).

- Método estático: Los receptores se quedan fijos sobre las respectivas estaciones. Es el método de posicionamiento clásico de observación de medidas de líneas base superior a 15 km, consiguiendo la máxima precisión en las medidas (u observaciones) registradas cada intervalo de tiempo (1s, 15s, 30s,...). La medición estática ha sido durante años el soporte principal de GPS. Es la más sencilla pero la más lenta; requiriéndose, generalmente, de 1 a 2 horas de medición o más, según la longitud de las líneas bases. A mayor distancia corresponde más tiempo de

observación, en relación directamente proporcional. Se usa para Geodesia pura, como por ejemplo, el establecimiento de redes geodésicas de alta precisión; la calibración de puntos de control; los estudios de deformación de volcanes, etc.

- Método estático rápido: Este método es una mejora del anterior. La ventaja más importante de este método es la reducción de las duraciones de observación: 5 a 10 minutos para una distancia de 10 km. Sin embargo, esta técnica solo alcanza niveles óptimos para distancias relativamente cortas (5 a 10 km), y mediante la utilización de receptores bifrecuencias. Es el que se ha usado en esta investigación, con el que se alcanzan precisiones planimétricas del orden del centímetro, según la longitud de la línea base (Ec. 18 y Ec. 19).

Ec. 18 Horizontal: $3\text{mm} + 0.5\text{ppm} \cdot (\text{longitud de la línea base})$

Ec. 19 Vertical: $5\text{mm} + 0.5\text{ppm} \cdot (\text{longitud de la línea base})$

- Método de reocupación: Este método se utiliza cuando no se puede llevar a cabo el método estático rápido. Se puede utilizar solamente 4 satélites para cada una de las posiciones búsquedas. Este es algo más flexible que el estático rápido, pero se tiene que observar cada punto una segunda vez con un intervalo de, por lo menos, una hora.
- Método Real Time Kinematic (RTK). Se conoce como navegación cinética satelital en tiempo real a la técnica usada para en topografía y navegación de todo tipo de medios de transporte o móviles, basada en el uso de medidas de fase de receptores con señales GPS, GLONASS y/o de Galileo, donde una sola estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real con precisión centimétrica ($1 \text{ ó } 2 \text{ cm} + 1\text{ppm}$). Cuando se refiere al uso particular de la red GPS, el sistema también es llamado, comúnmente, GPS diferencial o DGPS. Es un método diferencial o relativo que permite realizar posicionamientos cinemáticos y estáticos. El receptor fijo o referencia, situado en modo estático sobre un punto de coordenadas conocidas, transmite las correcciones (RTCM, RTIME, RTCA) por algún sistema de telecomunicaciones (radio modem o GSM GPRS) al receptor en movimiento o rover. Esto implica que el alcance de la transmisión constituya una restricción en el levantamiento, así como la existencia de objetos que interfieran en la señal.

En este tipo de trabajos se utilizó el método estático rápido con corrección diferencial en postproceso, usando estaciones de referencia permanente de la R.A.P (RED DE POSICIONAMIENTO ANDALUZA). De este modo se evitó la calibración de las estaciones bases propias en cada lugar de trabajo, centrando el postproceso en la corrección con modelos descifrados a partir de los archivos universales de observaciones GNSS (RINEX) correspondientes a la estación de referencia.

4.2.2.5 *Compensación de errores*

Cualquiera que sea el tipo de receptor y el método de observación de datos, es importante recordar que las coordenadas calculadas corresponden al centro eléctrico de la antena del receptor, razón por la cual es fundamental medir con precisión la distancia entre esta antena y la marca que materializa al punto trigonométrico (Figura 3). El grado de tratamiento que debe darse a las observaciones GNSS depende de la precisión buscada y del tipo de receptor empleado. Todos los receptores realizan algún tratamiento directo de las observaciones para calcular las coordenadas geodésicas o rectangulares (convertidas).

Una vez que los datos han sido procesados y se han obtenido las coordenadas iniciales, estas se refinan mediante la compensación de las observaciones GPS. Esta tarea se ha planteado con diferentes algoritmos paramétricos o menos complejos, que pueden ir desde el simple promedio de coordenadas o componentes vectoriales, hasta la determinación de parámetros ligados a la ionosfera y/o la troposfera y de constantes instrumentales. Algunos programas científicos incluyen el mejoramiento orbital. Desde el punto de vista práctico, los receptores de utilitario más simples poseen programas que solo permiten un promedio de las coordenadas instantáneas. Los receptores profesionales incluyen programas de corrección que se usan algoritmos más avanzados para ajustan las componentes vectoriales de las observaciones mediante el ajuste basado en la matriz varianza-covarianza de las componentes del vector. Los programas más complejos tratan simultáneamente todos los vectores de una sesión y calculan la matriz de varianza-covarianza entre todas las componentes vectoriales, y en general, entre estas y las ambigüedades determinadas, permitiendo obtener un resultado más óptimo de las observaciones efectuadas.

4.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La información generada y utilizable a partir de datos escaneados se obtiene a través del procedimiento general que se detalla a continuación, y cuyo diagrama de flujo puede seguirse a través de la Figura 41. Cabe señalar que las partes o etapas que han de seguirse en un procesamiento de datos escaneados pueden alternarse, incluso podrían triangularse nubes de puntos directamente y después registrarlas. En cualquier caso, aquí se explica la metodología que se ha decidido llevar a cabo orientada a obtener resultados cartografiables sobre movimientos de ladera de una forma eficiente.

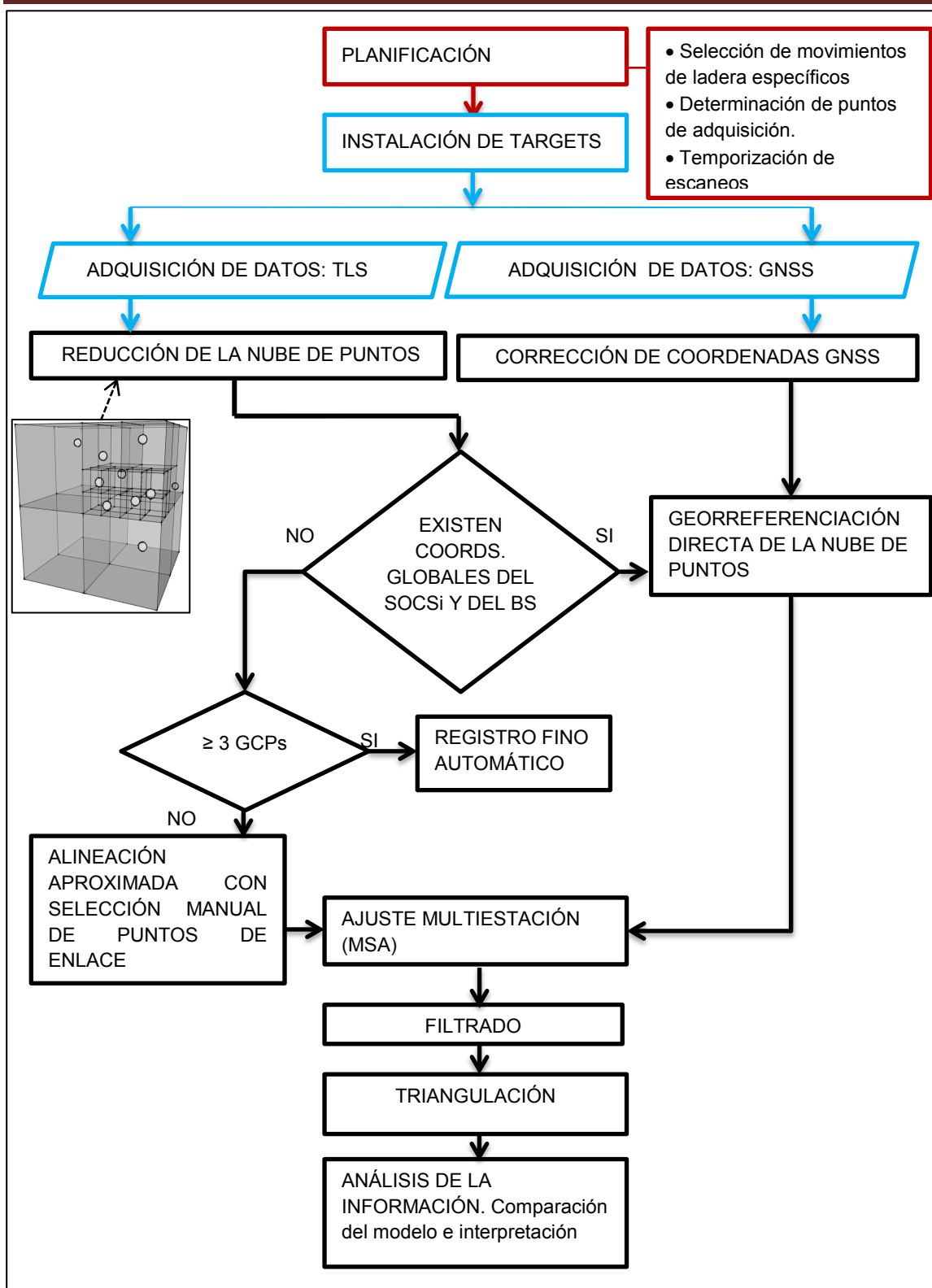


Figura 41 Diagrama de flujo de la metodología de procesamiento y análisis de datos TLS

4.3.1 Planificación y adquisición de datos

La primera parte corresponde a la captura de datos crudos en campo, pero previamente se desarrollan las siguientes tareas de preparación y planificación:

1. La construcción y colocación en algunas de las zonas de targets (objetivos o blancos artificiales) que son detectados y escaneados de forma automática por el escáner y pueden ser utilizados para realizar registros de nubes de puntos con mayor rapidez, así como para georreferenciar los datos si se miden sus coordenadas geodésicas.

Estos targets consisten en discos reflectantes de 10 cm de diámetro y cilindros de 5 cm de alto por 5 cm de ancho.

2. Visitas al campo para ubicar las posiciones de escáner bajo criterios que incluyen: la mayor visibilidad posible para las señales recibidas por las antenas GNSS; evitar las sombras (holes) por la interposición de objetos (artificiales, vegetación y relieve), o por la poca reflectividad del material (ej. filitas en el deslizamiento planar de Lanjarón, Figura 42).
3. La comprobación de las posiciones de los satélites mediante los almanaques y el software Planning de Trimble®, con el fin de asegurar que el número de estos sea alto, manteniendo un DOP lo más bajo posible. No obstante, en algunas ocasiones, la fecha y hora de trabajo en campo ha estado condicionada por las inclemencias del tiempo atmosférico, así como por el horario de trabajo de los técnicos ayudantes para el traslado, colocación y manejo del escáner 3D.

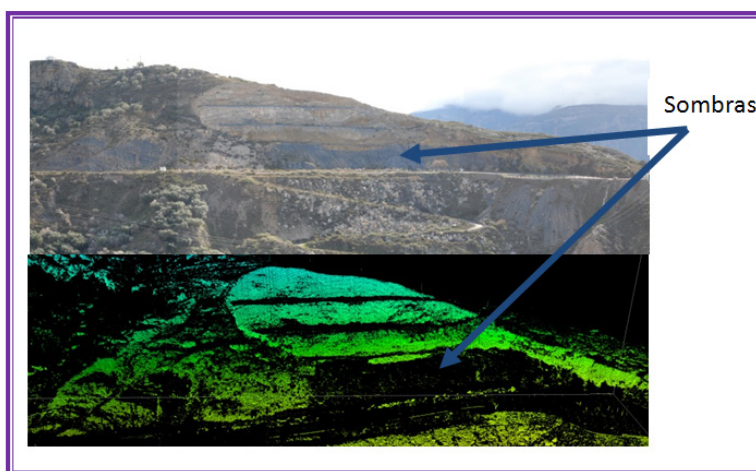


Figura 42 Falta de datos (holes) en estratos de filitas del deslizamiento de Lanjarón. Los datos se completaron mediante otras posiciones de escáner más cercanas

Como se ha comentado anteriormente, para este trabajo se ha utilizado el TLS Riegl LMS 420i de largo alcance, con una cámara fotográfica Nikon D200 calibrada para la captura de datos adicionales de color (RGB) en las primeras campañas (2008-2009). En campañas posteriores (2010-2013) se utilizó un soporte calibrado (de altura conocida) para montar un receptor GNSS sobre la parte superior del escáner. Con esto se omiten los errores cometidos por el usuario al instalar el escáner centrado sobre reseñas marcadas con estacas, clavos, o cualquier tipo de marca para ser medida con GNSS. De este modo, las coordenadas de la posición de escáner son determinadas de modo fácil y preciso. En estas últimas adquisiciones también se utilizó un segundo receptor para medir las coordenadas de un target como punto de vista atrás (BS), con el objeto de georreferenciar los datos producidos por el escaneo. El número de posiciones de escáner se eligió de forma que se cubriera la mayor área posible de estudio, minimizando las zonas sombra; pero no más de las necesarias para limitar el error acumulado a la hora del registro de imágenes (efecto en cadena o anillo) (ver errores acumulados en Tabla 17).

En cuanto al método de posicionamiento, el levantamiento de posiciones DGNS se ha realizado mediante el método estático rápido, con levantamiento radial y corrección en postproceso a partir de los datos de los archivos RINEX de las estaciones de referencia permanente de la R.A.P, concretamente las de Gra1 y Motr (Anexo I). Para posicionar los estacionamientos del escáner, además de las coordenadas de, al menos, el origen del sistema de coordenadas local de un estacionamiento, se miden las de un único punto de

vista atrás (Backsighting point), de acuerdo con la técnica de georreferenciación directa elegida bajo los siguientes criterios:

- En topografía clásica, como se hace para el cálculo de posiciones GNSS o en la calibración fotogramétrica, es posible hallar la posición propia del escáner por medio de la resección. Esto es, hallando los parámetros de transformación (6 de rotación y 3 de translación) a partir de la resolución de mínimos cuadrados de un sistema de ecuaciones, conociendo las posiciones (x, y, z) de 3 puntos comunes (Ground Control Points, GCPs) tanto en el sistema global de referencia como en el sistema local del escáner. Este método proporciona índices de calidad (generalmente por la desviación estándar) cuando se maneja un número de puntos mayor del mínimo necesario (redundancia). Aunque también existe la opción de medir un mínimo de 3 puntos por cada posición de escáner y registrarlas de forma independiente. Sin embargo, esto puede suponer tareas laboriosas a la hora de colocar los targets (GCPs) en el terreno que se pretende escanear y su posterior medición. Además, el acceso a la zona común escaneada desde varios puntos de visión instrumental para la colocación de targets de medida (mediante un trípode) puede ser complejo y arriesgado. Por este motivo suele ser más fácil y rápida la orientación en el sistema de coordenadas global mediante la técnica del backsighting.
- Durante la experiencia de esta investigación, se ha comprobado que el proceso de georreferenciación se agiliza obteniendo las coordenadas absolutas y orientación de una posición de escáner, corrigiendo las demás nubes de puntos tomando el sistema de coordenadas de esa posición de escáner como sistema de referencia. Este es el método que se ha empleado como georreferenciación directa. No obstante, se han obtenido las coordenadas globales de varias posiciones de escáner para un mismo sitio de estudio, así como de su correspondiente punto de vista atrás (BS). De este modo se garantiza la disponibilidad de coordenadas absolutas ante sucesos imprevistos, como la pérdida de datos por el fallo de la estación de referencia en ese momento, o la peor calidad de las coordenadas de un sistema respecto a las de otro.

El método de orientación mediante backsighting, o georreferenciación directa, consiste sencillamente en usar dos puntos de coordenadas conocidas (O_1 y O_2) para hallar la dirección de los ejes de coordenadas x e y, a partir de las variaciones entre las coordenadas de cada punto (Figura 43). El escáner 3D realiza un escaneo fino del punto de vista atrás (target cilíndrico) para resolver geoméricamente una medida muy exacta de su centro ($\sigma \sim 3$ mm) (Figura 44). Durante el levantamiento de campo también se miden las coordenadas del centro de coordenadas propio del escáner, así como el centro del BS con un receptor GNSS. Durante el postproceso ambas posiciones se corrigen y se insertan como parámetros de orientación y posicionamiento en el software de procesamiento del escáner 3D, Riscan Pro[®], que se encarga de transformar el sistema local en el global. Éste calcula la orientación de un eje planimétrico por una parte (κ), suponiendo que el escáner está bien nivelado (base horizontal), por lo que tanto los ejes del sistema cartesiano de referencia como del escáner son paralelos. Por otro lado se obtiene el vector de desplazamiento, el cual será sencillamente el mismo que resulta de las coordenadas globales de la posición de escáner (O_1), ya que esta se toma como 0 (0, 0, 0) en cada estacionamiento. Con este último, la nube de puntos queda desplazada a su posición correcta en el sistema de referencia, y la matriz de orientación se puede calcular para aplicarla a todos los demás puntos medidos.

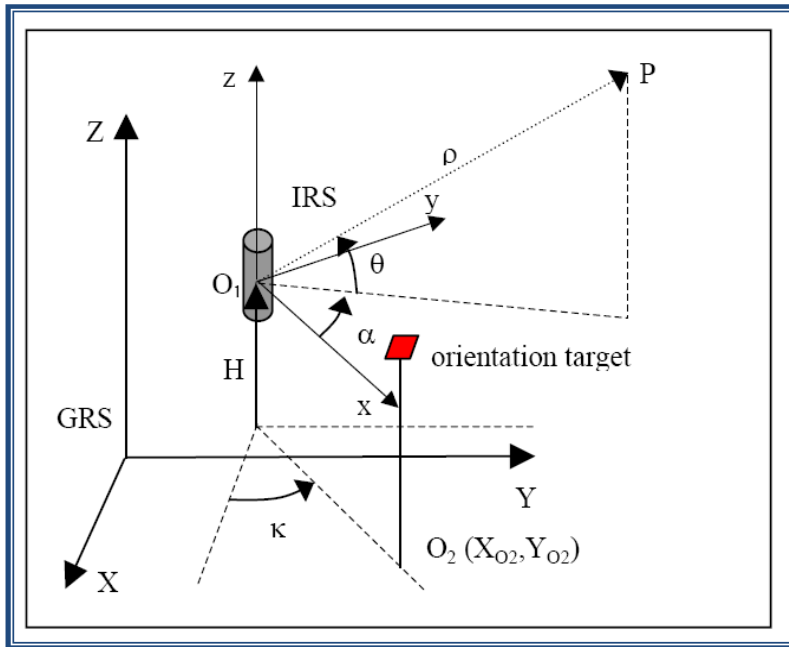


Figura 43 Esquema de orientación por el método de backsighting

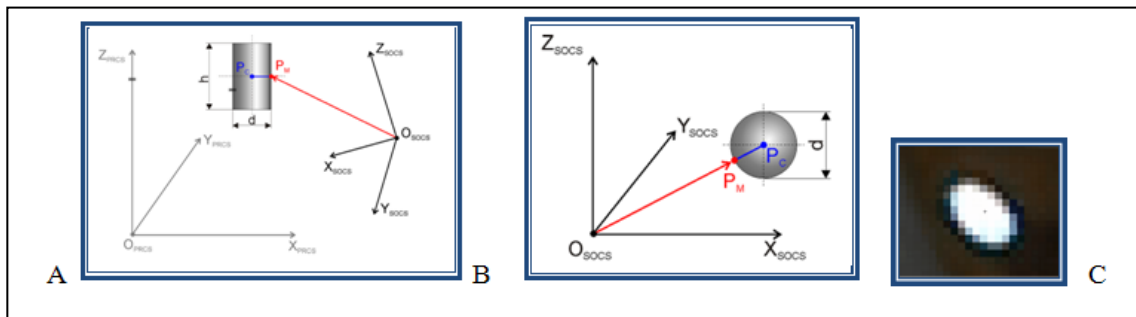


Figura 44 Construcción gráfica de la determinación de coordenadas centrales de un reflector cilíndrico (A) y un reflector circular (B). C.: reflector circular escaneado

La ecuación final a aplicar al sistema de coordenadas locales para su transformación será:

$$\text{Ec. 20} \quad X = R_k X_k + O_1$$

Donde X son las nuevas coordenadas del escáner, x_k son las coordenadas locales, y R_k la matriz de rotación para la orientación del eje x ,

$$\text{Ec. 21} \quad R_x = \begin{bmatrix} \cos k & -\sin k & 0 \\ \sin k & \cos k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad k = \text{atan} \frac{Y_{02} - Y_{01}}{X_{02} - X_{01}}$$

4.3.2 Procesamiento. Reducción de la nube de puntos

Como se ha señalado anteriormente, esta fase puede llevarse a cabo, bien al principio del procesamiento de datos o bien en fases posteriores. Por ejemplo, también podría realizarse tras la fusión de todos las partes escaneadas y después filtrar las nubes de puntos. Este proceso consiste en la aplicación de un filtro para reducir la dispersión de puntos de las bases de datos independientes o de la base de datos global (que incluye todos los conjuntos de datos escaneados para un mismo objeto o superficie). Para ello se ha utilizado un filtro de estructura OCTREE (árbol octante) (Figura 45). Este proceso comienza dividiendo el espacio de la nube de puntos en 8 cubos de igual tamaño, los cuales son divididos del mismo modo, y así consecutivamente para cada cubo resultante. Cada cubo sigue dividiéndose mientras queden puntos dentro de éste o no se alcance un mínimo tamaño de lado establecido. Para esta investigación, considerando la resolución centimétrica a decimétrica de los datos adquiridos, este umbral se ha establecido 0.1 m.

Después de este proceso, cada espacio cúbico resultante contendrá un punto como centro de gravedad de los que contenía. De modo que este filtro resultará en una nube de puntos aclarada y representativa de un mayor número de puntos computacionalmente manejable en subsecuentes procesos (orientación, filtrados, triangulación, etc.).

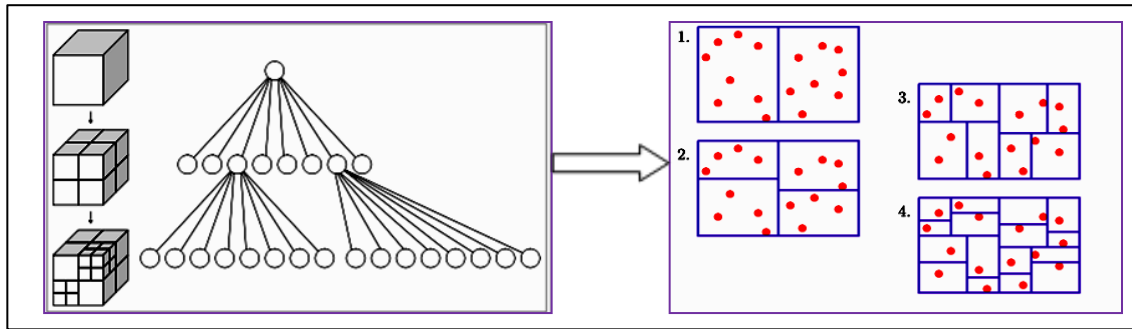


Figura 45 Ilustración del procedimiento de un filtro OCTREE

4.3.3 Procesamiento. Alineación o registro de los sistemas de coordenadas de cada posición propia de escáner

En el caso de que se desee trabajar desde el inicio en coordenadas globales, se realiza la orientación por el método backsighting de una de las posiciones de escáner, la cual servirá de sistema de referencia del proyecto (P_{PR} de la Figura 46) para el registro de los demás sistemas propios de escáner (P_{SP_i} de la Figura 46).

En esta primera parte pueden contemplarse dos alternativas. Partiendo de las nubes de puntos desalineadas (Figura 47A) Se puede llevar a cabo una alineación aproximada mediante la selección manual de pares de puntos correspondientes o de unión, un punto de cada par en la nube de puntos de referencia y el otro en la nube de puntos que se pretende registrar (Figura 47B). O bien, se puede ejecutar una alineación fina automática utilizando puntos de enlace (tie-points) asignados a los targets (Figura 47C) detectados.

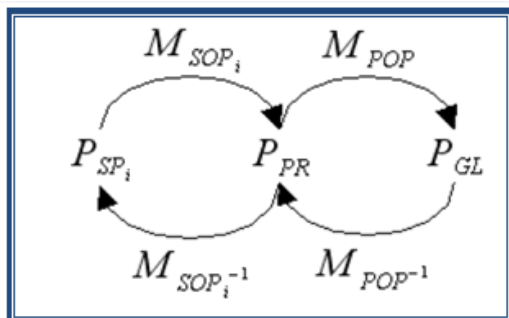


Figura 46 Esquema de transformación entre sistemas de coordenadas: P_{SP_i} es el sistema propio del escáner; P_{PR} es el sistema del proyecto, y P_{GL} es el sistema del proyecto en coordenadas globales. M_{SOP_i} es la matriz de transformación del sistema de coordenadas propio de cada posición de escáner al de proyecto. M_{POP} es la matriz de transformación del sistema de coordenadas de proyecto al sistema global, y las matrices con superíndice -1 indican las operaciones inversas

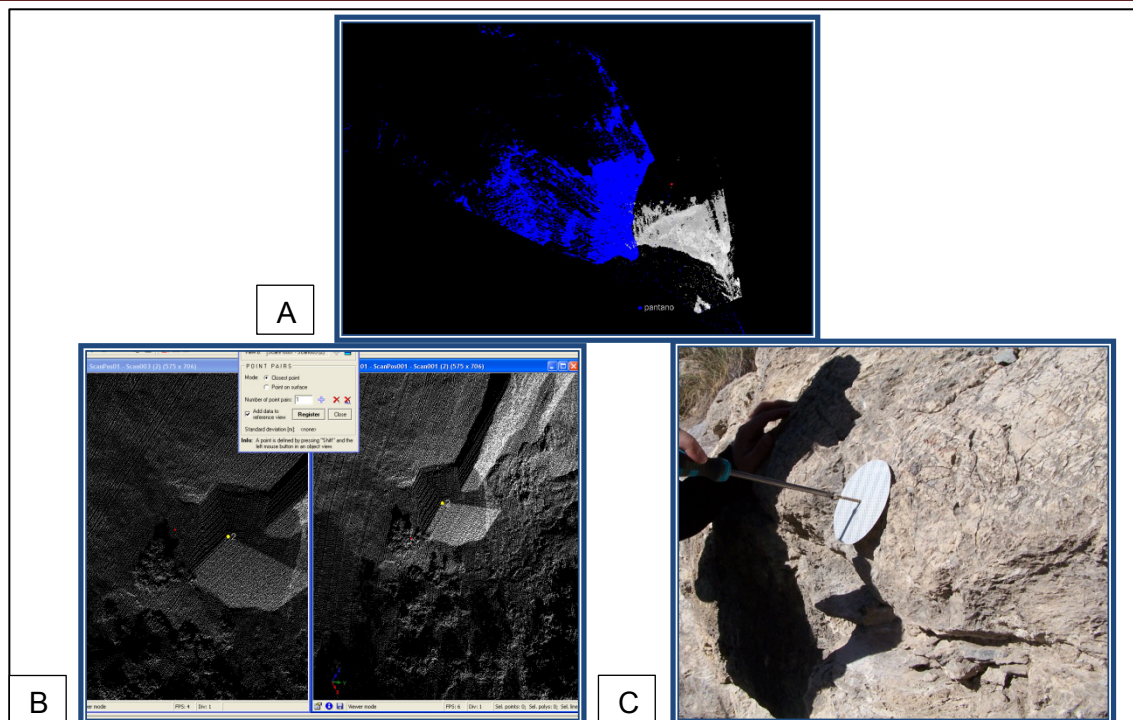


Figura 47 A: Vista de los datos crudos (nubes de puntos) de una zona común, escaneados desde 2 posiciones diferentes. **B:** puntos de unión en una posición muy similar (casi homólogos) en dos nubes de puntos complementarias. **C:** instalación de un target (reflector artificial) para su utilización como punto de unión para el registro de posiciones de escáner

Las ventajas e inconvenientes de usar uno u otro método, según se disponga o no de puntos de enlace, se contrarrestan entre ambos métodos. En el primer caso, el trabajo manual requiere mayor tiempo para encontrar un mínimo de 4 puntos correspondientes, sobre todo cuando las zonas naturales con morfología irregular (sin la existencia de objetos artificiales, esquinas en edificios, torres eléctricas, canalizaciones, etc.) dificultan el reconocimiento de dichos puntos en las distintas partes escaneadas desde las diferentes posiciones de escaneo. Además, debido al cambio de perspectiva, las partes homólogas que aparecen bien claras en la nube de puntos escaneada desde una posición, aparecen ocultas o difusas en otras. En el segundo caso, el tiempo de trabajo se incrementa considerablemente con la construcción de reflectores y su colocación, aunque el registro de datos crudos se realiza de forma prácticamente automática.

Una vez terminado el alineamiento y ajuste de sistemas locales, propios de cada posición de escáner, cada uno de estos tendrá asociada su matriz homogénea de transformación 4x4 al sistema del proyecto (M_{SOPi} , Ec. 22), determinada a partir de los 3 parámetros independientes para la posición del escáner y 3 para la rotación (x, y, z, Roll, Pitch, Yaw), necesarios para resolver el sistema matricial del cual se obtienen los 6 parámetros de rotación (r_{ij}) y 3 de translación (t_i). A su vez, al sistema de coordenadas del proyecto se asociará a una matriz de transformación al sistema global (P_{GL}) (Figura 46).

$$\text{Ec. 22} \quad M_{SOP} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

4.3.4 Procesamiento. Ajuste multiestación

Para mejorar la superposición o fusión de las distintas nubes de puntos es necesario el ajuste de sus sistemas de coordenadas, pertenecientes a las distintas posiciones o estaciones de medida. Para esto se aplica el ajuste multiestación (MSA). Este procedimiento se basa generalmente en un ajuste reiterativo supervisado (comprobando

los resultados) mediante el algoritmo ICP (Iterative Closest Point), comúnmente usado e integrado en los paquetes de software de tratamiento de datos escaneados (Besl and McKay 1992; Chen and Medioni 1992; Zhang 1994) o de ingeniería inversa. El fundamento de este algoritmo reside en su capacidad para encontrar puntos de una nube de puntos problema cercanos a los de referencia de forma automática (Figura 48).

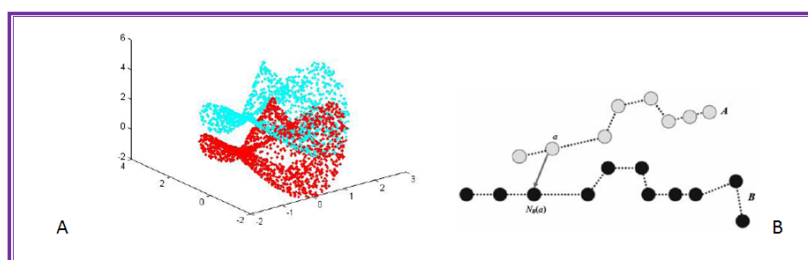


Figura 48 A: dos nubes de puntos sobre el mismo objeto antes de ser ajustadas. B: dos conjuntos de puntos cercanos a ser homólogos y el vector de traslación que los uniría

Con este método, dados 2 conjuntos de puntos homólogos $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ y $Q = \{q_1, \dots, q_n\}$, se trata de resolver el problema del cálculo de la matriz de rotación (R) y el vector de traslación (T), tal que la suma de los cuadrados de las distancias de pares de puntos de unión (Ec. 23) sea mínima.

$$\text{Ec. 23 } e = \sum_{i=1}^n \|p_i - (Rq_i + T)\|^2$$

Aunque la resolución del problema se lleva a cabo de forma cerrada por el software, la rotación suele resolverse por una matriz cuaternion, lo que le proporciona mayor rapidez al algoritmo, evitando operaciones con ecuaciones no lineales (Horn 1987) o linealizando las ecuaciones rotacionales (sin, cos) (Chen and Medioni 1992).

Actualmente, estos algoritmos han sido mejorados y ya incorporan más elementos en el ajuste. Por ejemplo, algunos algoritmos utilizan el umbral de la distancia máxima entre objetos superpuestos; descartan puntos con una cierta discontinuidad (holes); comparan los ángulos de las normales de polígonos homólogos con un ángulo límite; analizan los cambios en la curvatura, del color de la superficie o de la textura de los modelos, entre otras técnicas. Una revisión sobre estos métodos aparece en Eggert et al. (1998).

En esta investigación, el software Riscan Pro[®] utiliza la herramienta MSA (Multistation Adjustment) para ejecutar el algoritmo ICP. Este algoritmo tiene la capacidad de comparar tanto las posiciones de puntos de unión en las nubes que se ajustan como el ángulo que forman las normales de superficies de unión. El uso de normales a superficies próximas correspondientes a diferentes nubes de puntos proporciona un apoyo importante para realizar el ajuste de forma correcta, y para ello es necesario crearlas previamente a la aplicación del algoritmo ICP. Esto se lleva a cabo mediante el filtrado de la nube de puntos para extraer un conjunto de superficies planas (cuadriláteros), que se utilizarán como objetos de enlace (tie-objects) entre la nube de puntos problema y la de referencia. A este proceso se le denomina filtrado de superficies planas. Estas superficies también pueden establecerse de forma manual, como se observa en la Figura 49. En el caso particular de esta investigación, se requiere que el ajuste entre datos multitemporales se realice sobre partes extraídas de la nube de puntos (polydata) estables o permanentes en el tiempo (es decir, partes externas a la masa movilizada), lo cual omitirá los ajustes entre partes desplazadas que podrían enmascarar la aparición de nuevos cambios en el terreno.

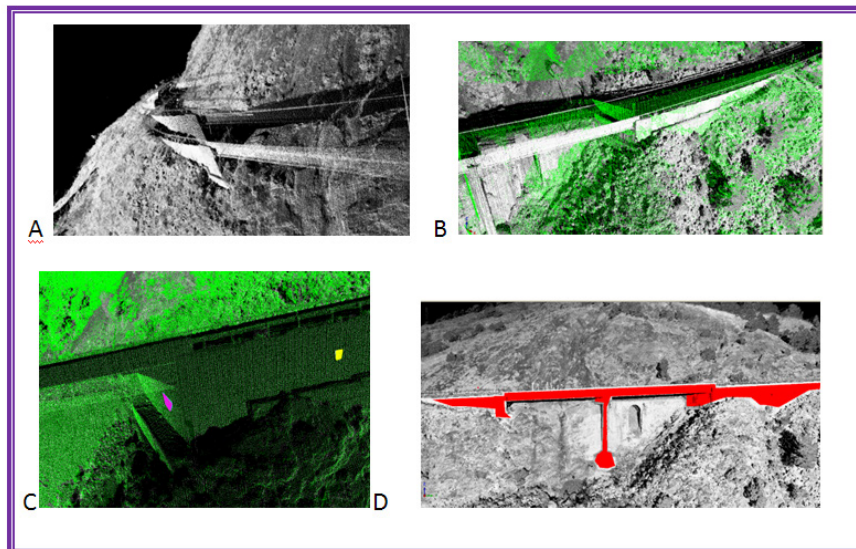


Figura 49 A: Dos nubes de puntos sobre el mismo objeto alineadas y desajustadas. **B:** ídem que A pero con diferentes colores. **C:** Creación de tie-object para realizar un ajuste multiestación. **D:** creación de nuevos POLYDATA en una zona permanente en el tiempo, para ajustar las posiciones de escáner y, por consiguiente, las de los conjuntos de puntos medidos en cada una

Una vez filtrados los datos, la aplicación del algoritmo ICP puede aplicarse a los mismos. Como se ha explicado, este algoritmo analizará el error o distancias residuales entre puntos y planos en cada iteración, parando al alcanzar los umbrales de convergencia fijados. Cada ejecución del algoritmo ICP intenta superponer las demás nubes de puntos sobre el conjunto de datos de referencia. Esto se realiza, básicamente, mediante la aplicación iterativa de rototraslación a puntos y objetos de enlace; es decir, trasladando y girando targets o tie-points artificiales, tie-points seleccionados y tie-objects extraídos manualmente o a partir del filtrado de superficies planas. La iteración continúa hasta que los objetos de las bases de datos (o nubes de puntos) problema se reubican tan cerca como sea posible de sus objetos correspondientes en el conjunto de datos de referencia, consiguiendo una correcta superposición de datos complementarios. Para abordar esta tarea, antes de cada ejecución, el ICP necesita los parámetros de entrada de la distancia o radio de búsqueda, R , que restringe el espacio de búsqueda de los puntos correspondientes. Además de R , se establece un límite de convergencia para la desviación estándar (SD), lo que representa el máximo error permitido para que detener la iteración del programa. Generalmente, R se reduce antes de cada ejecución del ajuste, al mismo tiempo que las nubes de puntos problema y referencia mejoran su superposición. Sin embargo, derivado de la experiencia sobre múltiples aplicaciones del MSA, al comprobar el número de puntos correspondientes en los resultados estadísticos, así como su distribución espacial después de cada ejecución, se puede observar como disminuye la SD de los residuos, pero también el número de puntos y objetos correspondientes utilizados en la iteración. En consecuencia, se puede observar que la distribución de los puntos correspondientes se ve limitada a algunas partes de la nube de puntos fusionada cuando los valores de SD son demasiado bajos, lo que indica que estas partes se ajustan mejor que otras. Por lo que el proceso debe ser supervisado con el fin de conseguir un buen ajuste, pero también para garantizar una fusión homogénea a través de todo el objeto (terreno escaneada en este caso); de otro modo, los valores de SD pequeños podrían resultar en un mal ajuste.

En la Tabla 17 se presentan los resultados del ajuste MSA:

- **MOVIMIENTO:** designación del movimiento de ladera

- FECHA DE ADQUISICIÓN: fechas en que se realizaron las adquisiciones desde diferentes posiciones de escáner.
- POSICIÓN DE ESCÁNER: identificador de la posición de escáner objeto de ajuste.
- POSICIÓN DE ESCÁNER DE REFERENCIA: contiene el identificador de la posición de escáner elegida en cada caso como nube de puntos de referencia. Cuando la referencia pertenece a una adquisición realizada en una fecha distinta, bien para alinear cualquier conjunto de datos o bien para alinear el sistema de coordenadas de proyecto de una fecha con el de otra, se indica en cursiva y rojo.
- REGISTRO (S.D. (m)): indica si el registro se realizó de forma automática, es decir, usando targets como puntos de unión (FINO), o si se realizó de forma manual indicando la desviación estándar resultante del alineamiento inicial. En el caso de que se realizara de forma manual, el error se expresa como la desviación estándar (S.D.) de la distancia entre los puntos de unión correspondientes a ambas posiciones de escáner corregistradas.
- MSA (No. Polydata): indica el número de puntos y objetos de unión utilizados en la última ejecución del ajuste MSA.
- MSA (S.D. (m)): expresa el error final del alineamiento fino o ajuste MSA como S.D.
- MODELO GEORREF. ORIENT-BS: indica la posición de escáner georreferenciada mediante el método de orientación directa con BS, la cual se utilizó para transformar las coordenadas relativas del proyecto a las coordenadas globales (rectangulares geográficas).
- Estadísticos del error (S.D.) por adquisición (m): incluye las 3 columnas con: el error acumulado durante el registro y ajuste en cadena de las diferentes posiciones de escáner (error por efecto en cadena o anillo) para una misma fecha (S.D. Acum.); el valor promedio (S.D. Prom.) y el máximo (S.D. Máx.).
- S.D. Acum. Entre pares de adquisiciones consecutivas (m): error acumulado de los ajustes en cadena de los pares de conjuntos de datos consecutivos considerados en cada comparación multitemporal, expresado como la desviación estándar, al considerar los pares de modelos comparados. El valor de cada celda corresponde al S.D. Acum. de la fecha de adquisición de su fila más el de la fecha siguiente (fila inmediatamente inferior).

En los casos en que se disponía de puntos de enlace artificiales o targets, el registro fino (automático) se consideró suficiente en comparación con los valores medios alcanzados por el ajuste MSA, de modo que la desviación estándar que se toma es directamente la del registro fino, especificado así en los campos de "REGISTRO" con el valor "FINO".

De los resultados del ajuste (Tabla 1) se observa como el error medio para una única posición de escáner se encuentran entorno al centímetro (0.014 m). Este error se incrementa para la nube de puntos global de cada adquisición, alcanzando un valor medio de 0.034 m (S.D. Acum.), y es aún mayor cuando se consideran los errores acumulados para dos adquisiciones consecutivas en el tiempo (S.D. Acum. Entre pares de adquisiciones consecutivas (m)). En este último caso se encuentra un error medio de 7.2 cm, como consecuencia del ajuste relativo entre posiciones de escáner, y el cual afectará a los resultados de comparación de los MDTs generados. El error derivado de la orientación en coordenadas absolutas o globales (geográficas) no influirá en la comparación de modelos; puesto que en esta metodología todos los modelos quedan representados dentro de un sistema de coordenadas relativas de cada proyecto (estudio de sitio para cada movimiento de ladera singular), independientemente de su transformación al sistema global

mediante las coordenadas absolutas de alguna de las posiciones de escáner (MODELO GEORREF. ORIENT-BS).

Otra observación se refiere al incremento del error relacionado con el número de posiciones, lo que deriva del efecto en cadena o dispersión acumulada al corregistrar múltiples posiciones de escaneo; aparte de la dispersión generada en la propia medida como consecuencia de la distancia escáner-objeto. El número de posicionamientos para cada movimiento de ladera varió entre 1 a 3, y como puede observarse en la Tabla 17, para los movimientos de ALMEGÍJAR, BORINCHO y LANJARÓN, situados a mayor distancia y con mayor número de posiciones de escáner, los errores acumulados son mayores.

basado en el filtrado de puntos clasificados según su posición respecto a un modelo digital del terreno MDT (2.5D). La aplicación de un filtro 2.5D consistente en crear un modelo raster, donde cada celdilla unidad toma la elevación del punto más bajo, medio o superior (según el interés u objetivo del usuario) de los que quedan proyectados dentro del dominio de la celdilla unidad del plano establecido (normalmente XY). Al seleccionar el punto mínimo, el raster supuestamente representará los puntos más bajos de cada celdilla (terreno). Posteriormente se determinan los puntos que quedan por encima del MDT; los que deberían ser árboles, arbustos u otros objetos, cuyo cambio de pendiente inducido en la superficie del terreno respecto al general será atípico. Este procedimiento se repite las veces necesarias para ir eliminando vegetación cada vez más baja. El parámetro crítico en este procedimiento se encuentra en la selección de la dimensión de la celdilla unidad en cada repetición del proceso; sin embargo, este parámetro depende de la experiencia o subjetividad del experto, y en terreno con vegetación baja y zonas muy abruptas o irregulares puede derivar en errores de comisión de datos innecesarios u omisión de aquellos útiles para el objetivo planteado. Las consecuencias de estos errores pueden ser intolerables para el tipo de investigación que aquí se realiza, ya que un tamaño grande de celdilla (1 - 5 m) puede suavizar rasgos importantes para el estudio (escarpes principales y secundarios, lóbulos formados por los depósitos de derrubios, etc.). En cambio, al usar un paso de malla pequeño (< 1 m), se hace difícil la eliminación de masas de vegetación de copa más extensa (árbol o arbusto), ya que esta no queda bien contenida dentro del paso de malla (dimensión de la celdilla). Las mejores condiciones donde puede aplicarse este proceso son aquellas donde la vegetación está preferentemente constituida por pinos o árboles de copa poco extendida y alta, y un terreno lo más suave posible.

Contrariamente a esta herramienta semiautomática, y observando que en el caso de que diera buenos resultados, el tiempo invertido sería aproximadamente el mismo que el de acometer un proceso manual, se ha optado por un camino intermedio y heurístico. En este caso se ha procedido mediante la eliminación de puntos “flotantes” sobre secciones escaneadas de la superficie de terreno subyacente de anchura métrica (2 m a 20 m), que es desplazada progresivamente por toda la superficie del mismo (Figura 50). La anchura de la sección se hace variar en función del detalle necesitado, o de la densidad de la vegetación u objetos inadecuados para el análisis específico

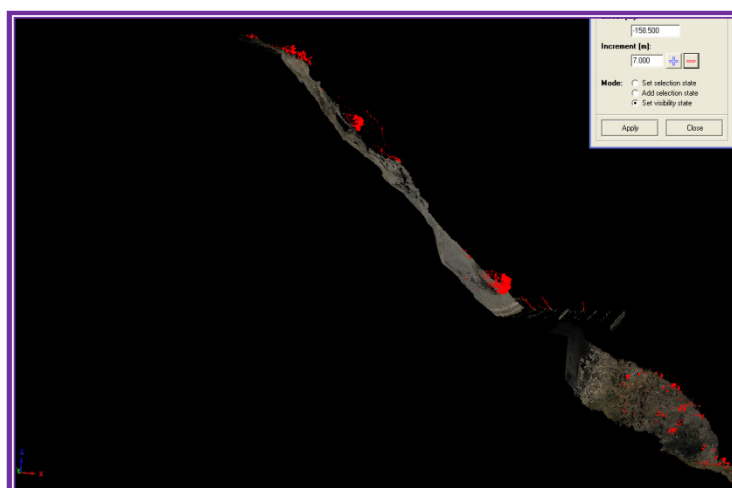


Figura 50 Imagen mostrando una sección de terreno de 14 m de ancho y la selección de la vegetación a eliminar (rojo)

4.3.6 Triangulación o mallado

La creación de una red triangular irregular (TIN) se lleva a cabo mediante una triangulación de Delaunay (Boris 1934), la cual genera un modelo matemático a partir de puntos restantes tras el filtrado de puntos.

4.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y PRODUCTOS OBTENIDOS

En esta fase de comparación existen varias técnicas que permiten discriminar y analizar los cambios del terreno ocurridos entre las fechas de adquisición secuencial para las que se generan los modelos digitales del terreno de los diferentes movimientos de ladera monitorizados. Esta fase pondrá de manifiesto los cambios del terreno generados por distintos procesos de remoción en masa, como la erosión o los propios movimientos de ladera. Una vez que los cambios han sido detectados, si aparecen algunos desplazamientos relacionados con estos, se cuantifican mediante otras técnicas como extracción de morfologías tridimensionales o trazado de perfiles en secciones verticales. Para desarrollar estos procesos existe un amplio abanico de herramientas informáticas (sin contar con el software personalizable como Matlab® y otros entornos de programación), por ejemplo: ArcGis® ESRI, Meshlab (software libre), etc. Sin embargo, no todos los programas realizan las operaciones necesarias en el menor tiempo posible (minutos u horas) sobre el gran número de datos que se capturan con el explorador láser (millones de datos por cada escaneo). Debido a esto, para las tareas de procesamiento de los datos y comparación se utilizó el programa específico Riscan Pro de Riegl®. Este aprovecha todas las características posibles de la computadora (memoria de acceso aleatorio o RAM y memoria gráfica; multiproceso, y velocidad de reloj) para acelerar los procesos realizando cálculos sobre grandes cargas de datos. Por otra parte, durante esta investigación se hicieron algunas pruebas de comparación de modelos con ArcGIS en un equipo informático de características: Intel Pentium 4 a 3.00 GHz, 2GB de RAM, y adaptador gráfico NVIDIA GeForce 6200 LE de 512 Mb, encontrándose problemas de estabilidad del sistema con más de 2,5 mill. de puntos. Por el contrario, la incorporación a la investigación de un equipo más actualizado (HP WORKSTATION Z600 con Procesador Intel Xeon E5520 de 4 núcleos a 2.27GHz, 6GB de RAM y procesador gráfico NVIDIA QUADRO FX 3800 1GB GDDR3) permitió realizar los procesos de mayor costo computacional en algunos minutos.

4.4.1 Comparación de datos problema con el modelo poligonal de referencia

Esta es la fase de obtención de información útil, la cual se basa en el cálculo de distancias o diferencias entre posiciones de una nube de puntos o modelo digital y otro modelo fijado como referencia. Para comparar TINs secuenciales (de diferentes fechas) se pueden calcular las distancias que median entre la superficie problema y la de referencia en la dirección ortogonal a algún plano preestablecido, por ejemplo, uno subparalelo a la superficie completa modelada o a alguna de sus partes; o simplemente, se puede calcular el cambio de elevación (distancias medidas ortogonalmente al plano XY), dependiendo del objetivo o resultado buscado. Sin embargo, este método es más viable para objetos de superficies regulares y donde se producen deformaciones rígidas, situación muy diferente a la que se suele encontrar en el terreno natural implicado en la presente investigación. Por estas circunstancias se ha optado por la alternativa en la que se trata de buscar el desplazamiento mínimo entre las zonas de una y otra superficie digitalizada, esto es, la distancia o desplazamiento en la dirección más ortogonal posible entre ambas superficies. Como se puede observar en la Figura 51B, este otro algoritmo incorporado en el software, calcula las distancias mínimas D_i , que median desde los nodos q_i de la superficie problema

hasta los puntos p_i de las intersecciones entre el plano promedio de los polígonos cercanos al punto (q_i) de la superficie problema y el vector ortonormal a este, también promedio de los vectores normales a los polígonos adyacentes. Como se puede observar en la Figura 51B, p_i coincide con la proyección de q_i sobre ese plano promedio a través de su vector ortonormal. Para determinar el plano promedio se usa un radio de búsqueda (R) alrededor de q_i , dentro del que se localizan los polígonos cercanos a cada vértice de la superficie problema (Figura 51A).

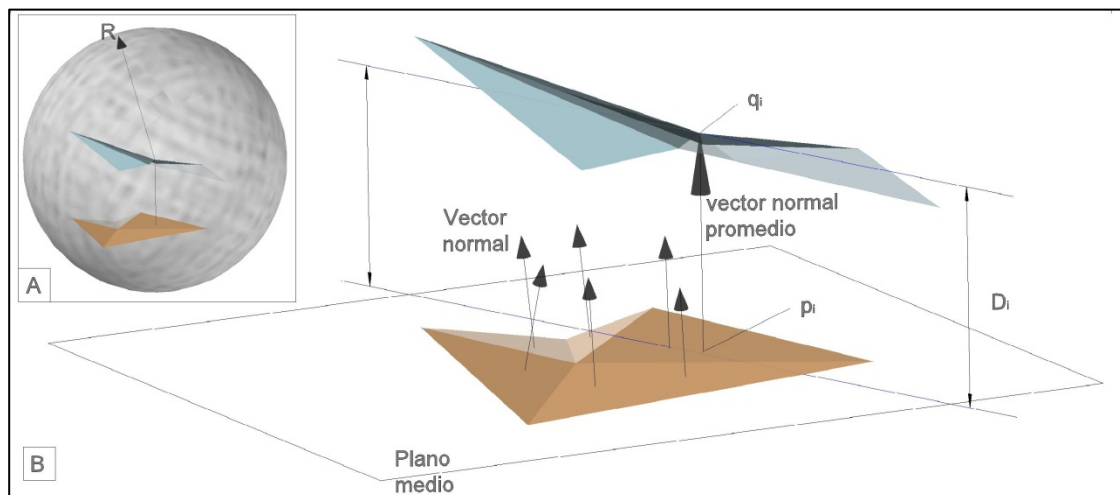


Figura 51 A: Radio de búsqueda R desde el punto q_i más cercano sobre la superficie de referencia al punto p_i en la superficie problema. **B:** determinación de la distancia D_i . Elaboración propia.

Una vez que se calculan los desplazamientos, los triángulos o polígonos del mallado se clasifican de acuerdo con los valores de las distancias calculadas asociadas a cada vértice q_i , dando como resultado una distribución del desplazamientos mínimos experimentados en una dirección aproximadamente perpendicular al plano medio de referencia. Esta clasificación se realiza de forma supervisada (heurística), acotando los límites superior e inferior de la escala de representación, teniendo en cuenta la detección y cuantificación de las características relacionadas con el objeto de investigación, es decir, los cambios en el terreno como expresión de la actividad de movimientos de ladera. Esto implica tratar diferentes rangos de valores hasta que se destacan algunos cambios interesantes en el terreno. De este modo se pueden encontrar valores negativos (-) o positivos (+), en función de que la superficie problema se encuentre en una posición anterior o posterior a la de referencia, respectivamente. Los valores negativos se interpretan como zonas de pérdida de relieve por la erosión, hundimiento, recesión de escarpes principales y secundarios, etc. Por el contrario, las áreas clasificadas con valores positivos (+) corresponden a las zonas de sedimentación, avance de la masa movilizada o acumulación de derrubios, principalmente.

Un ejemplo de discriminación de los depósitos producidos en un área afectada por el movimiento de ladera denominado Puente viejo, se representa en la Figura 52. En la parte A, indicada en la Figura 52 se puede observar un lóbulo producido por un debris slide (deslizamiento de derrubios), así como un cono de deyección por acumulación aluvial en la parte baja de la ladera designada con B. En la parte A de la Figura 53 se ha delimitado el área de interés con valores negativos, observándose el área fuente o escarpe principal del debris slide que se mostraba en la parte A de la Figura 52, entre otros cambios erosivos o fenológicos que aparecen diseminados.

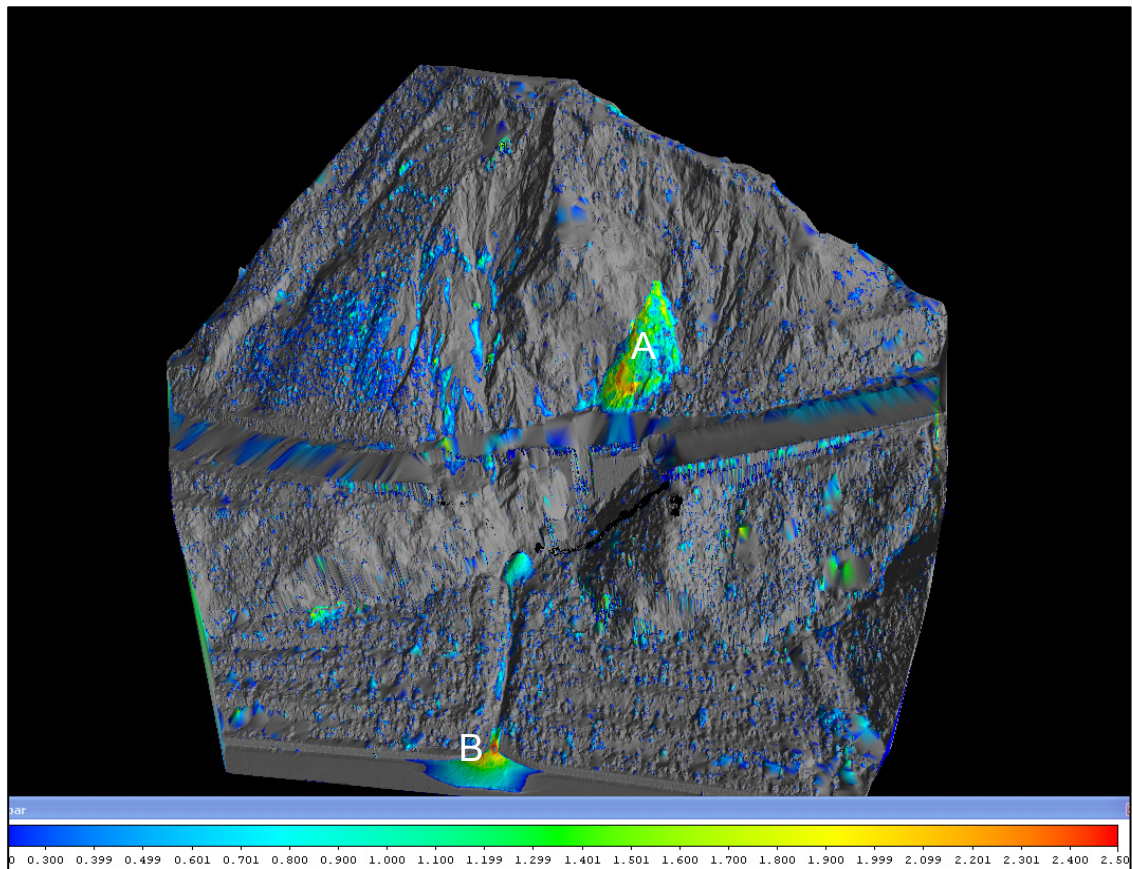


Figura 52 Modelo clasificado por los desplazamientos generados en el deslizamiento Puente Viejo, dentro del rango 0.2 m a 2.5 m. **A:** Depósito de debris slide, de morfología alargada bajo su área fuente. **B:** Lóbulo de derrubios bien identificado por su forma característica de cono. Las sombras del escaneo (carretera, vegetación eliminada) producen un error representado por triángulos de mayor tamaño. El moteado azul y rojo es debido, generalmente, a los cambios fenológicos de la vegetación y a la erosión diferencial

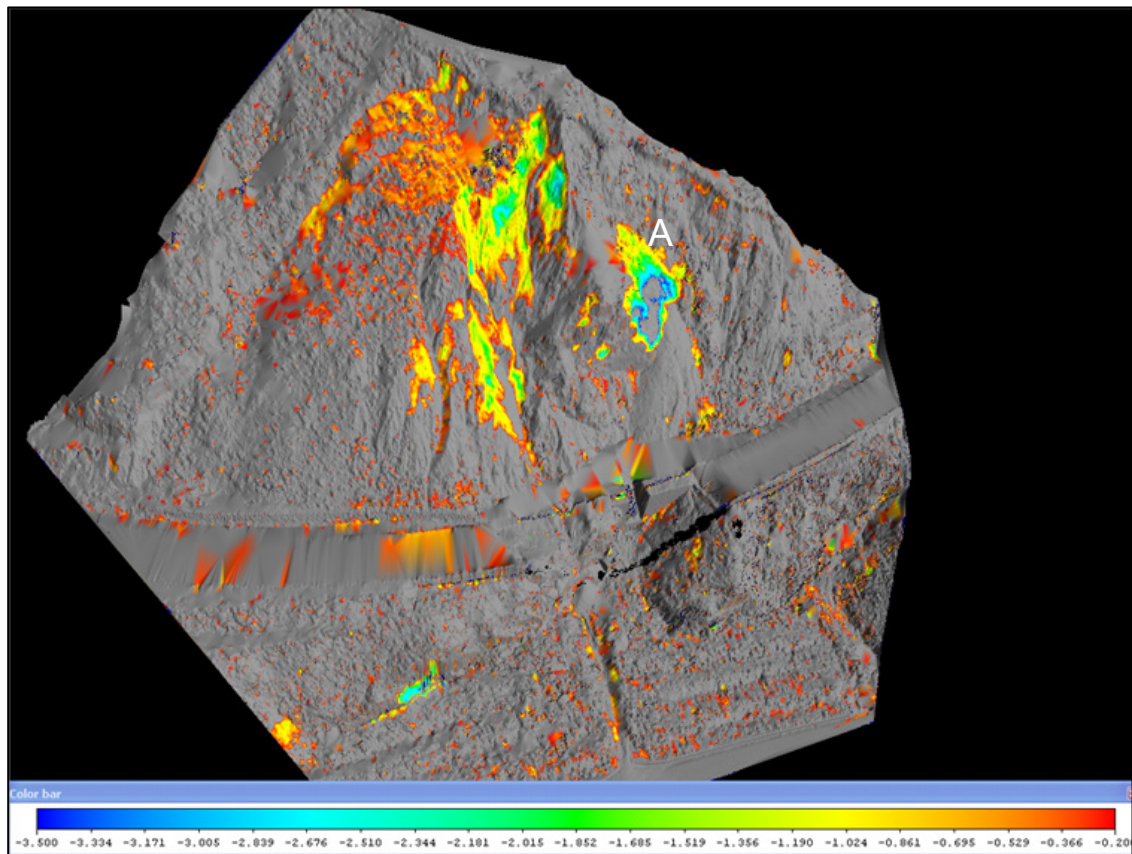


Figura 53 Mismo modelo que se presentaba en la Figura 52, donde se observan los valores negativos en el rango de -3.5 m a -0.2 m. Estos indican distintos grados de profundización por la erosión y desplazamiento en masa. La parte superior izquierda del escarpe principal presenta tonos rojos (< 0.5 m), debido a la erosión superficial por escorrentía y la erosión canalizada a través de pequeños *gullies* (arroyos). En A se observa el escarpe o área fuente del debris slide con una forma arqueada hacia abajo y tonos celestes a azules hacia el interior de su zonación concéntrica, indicando una profundización de hasta 2 metros producida por la cicatriz o escarpe

Tras su identificación, las características de estas morfologías pueden ser medidas. Por ejemplo, el volumen o área de la masa movilizada. Igualmente, las características tridimensionales pueden ser digitalizadas, extraídas o exportadas a otros formatos (ej. dxf) para realizar otras operaciones o análisis basados en estas. Un ejemplo de volúmenes y formas extraídas y digitalizadas del mismo modelo de la Figura 52 y la Figura 53 se presenta en la Figura 54.

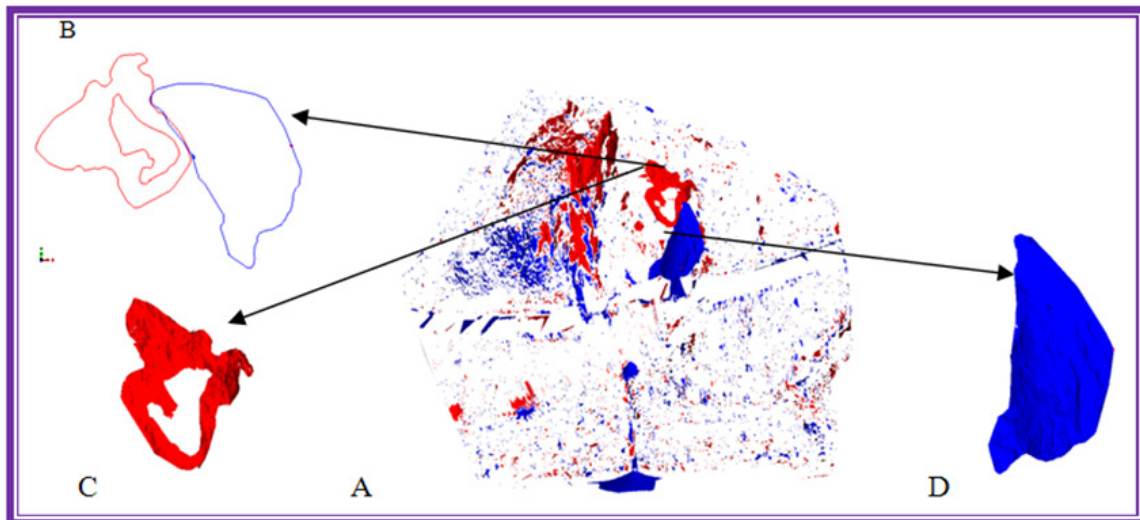


Figura 54 A: Imagen combinada de las áreas con desplazamientos negativos y positivos. B: Extracción de contornos de las áreas pertenecientes al debris slide (rojo: escarpe de 778 m², azul: depósito de derrubios de 738 m²). C: superficie extraída del escarpe o área fuente del debris slide. D: superficie extraída del depósito.

4.5 LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

La principal limitación de esta metodología reside en el hecho de que el desplazamiento subparalelo o paralelo relativo de una superficie plana respecto a otra no se detecta, a menos que la continuidad de una de las superficies sea interrumpida por una rotura o cambio de inclinación en el terreno explorado. Este es un efecto típico en los movimientos de muy baja velocidad o tipo creep (reptantes), desarrollados sobre pendientes suaves; en los que el vector principal del desplazamiento se desarrolla en dirección cercana a la superficie de la ladera, y los cambios verticales puede ser tan pequeños que se pueden ignorar erróneamente. Por el contrario, en la presente investigación, los movimientos explorados muestran una morfología irregular alternada con fuertes cambios de pendiente o líneas de rotura (ej., la alternancia de escarpes y terrazas). De esta manera, la deformación se da fácilmente en direcciones no paralelas a la superficie del terreno, lo que hace posible detectar los desplazamientos más significativos.

Por otra parte, se pueden establecer los desplazamientos más pequeños que se han detectado entorno a los 10 cm, según los análisis más detallados en algunos deslizamientos (ej., 8 cm en la clasificación mostrada en la clasificación de la Figura 70, o 10 cm medidos en el perfil de la Figura 72), ya que estos superan el umbral genérico bajo el que se detecta mayormente el ruido resultante de otros factores (erosión, cambios fenológicos o la incertidumbre provocada por las mediciones del escáner y el error de

ajuste). Además, sólo son discernibles cambios que mantienen una congruencia espacial y se distribuyen según morfologías atribuibles a procesos geomorfológicos; por ejemplo, conos de deyección; erosión a través de zonas cóncavas como los arroyos; roturas con una continuidad marcada a lo largo de alineaciones en el terreno, etc.

Los procedimientos comunes aún necesitan una interacción importante por parte del experto o investigador que los ejecuta. De modo que no pueden ser totalmente automatizados (semi-automáticos). Por ejemplo, tanto el filtrado de objetos para la finalidad específica de cada estudio como el ajuste de conjuntos de datos, o la clasificación de los desplazamientos necesitan ser supervisados durante su aplicación. En el caso del ajuste, después de cada ejecución del ICP, los algoritmos deberían de analizar los resultados estadísticos de la distribución espacial de errores además de la medida de dispersión global (SD). Igualmente, para la clasificación, aislamiento o extracción automática de rasgos geomorfológicos (lóbulos de derrubios, nuevos escarpes, zonas aisladas de hundimiento o acreción, etc.), se necesitan algoritmos más complejos, capaces de segmentar o reconocer estas morfologías.

Al tratarse de análisis sobre datos secuenciales de superficies de terreno natural, existen varias alteraciones conjuntas con los cambios asociados a movimientos de ladera que se presentan como un ruido genérico en los modelos comparativos de superficies. Estas se refieren generalmente a los cambios estacionales del crecimiento de algunas especies vegetales (cambios fenológicos) y erosión de escorrentía superficial. Este ruido se presenta como una incertidumbre de base que restringe el límite de los cambios detectables.

Una limitación más se refiere a la dificultad para cubrir toda el área escaneada en el terreno, por la imposibilidad de cubrir las posiciones de escáner necesario sin dejar zonas de sombra (holes) sin medir. Este es común al de otras técnicas de levantamiento topográfico, aunque algunas, a pesar de su menor resolución, pueden minimizar la superficie sin explotar. Por ejemplo, el LiDAR aerotransportado o ALS, la fotogrametría de objeto cercano o con mayor resolución, la fotogrametría a través de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV).

4.6 RESULTADOS

La metodología detallada en las secciones previas, bajo las capacidades técnicas y limitaciones descritas, se aplicó a 7 movimientos de ladera antiguos localizados en distintas partes del área de estudio potencialmente inestables o susceptibles. Las características geomorfológicas de todos ellos coinciden con las de deslizamientos traslacionales, con mínima deformación longitudinal del conjunto de materiales movilizados; mostrándose movimientos secundarios o desplazamientos diferenciales dentro de la masa principal de algunos de ellos. La clasificación de los desplazamientos en escala continua, detectados entre DTMs consecutivos de alta resolución, deriva en una zonificación cuantitativa del cuerpo principal de los movimientos de interés seleccionados. Esta diferenciación ha revelado qué movimientos han sido reactivados durante alguno de los periodos transcurridos entre adquisiciones de datos consecutivas, dentro de los límites de detección que permite la técnica de TLS y la metodología aplicada. Asimismo, se ha podido interpretar si las reactivaciones afectaron a todo el cuerpo del deslizamiento, o por el contrario, si solo se observó la propagación parcial dentro del mismo. Una vez que se ha determinado el cambio o permanencia en la actividad de las entidades analizadas, en los casos en los que se registraron cambios importantes relativos a los movimientos de ladera, la cuantificación de los mismos se completó con el cálculo de áreas o volúmenes, así como por el trazado de perfiles a través de las secciones que mejor muestran la dirección de las deformaciones o desplazamientos.

4.6.1 Resultados generales

Los resultados obtenidos en lo referido anteriormente, se comentan resumidamente en la Tabla 18, incluyendo descripciones sobre aparición de nuevos rasgos característicos del desarrollo de movimientos de ladera y otras modificaciones geomorfológicas. No obstante, debido al importante carácter gráfico para su interpretación y visualización espacial, los resultados de la comparación entre DTMs multitemporales, así como de los perfiles extraídos en formato CAD, se acompañan en el ANEXO II. Tanto las imágenes como los perfiles que se proporcionan dentro de este anexo, complementan la información contenida en la Tabla 18; la cual puede revisarse conjuntamente para la mejor comprensión de los resultados. Para omitir gran parte del ruido presente en las imágenes clasificadas, debido a los errores inherentes al ajuste relativo entre datos (sección 4.3.4) y cambios menores detectados (ej. erosión y cambios fenológicos), en todas ellas se ha omitido el rango de clasificación entre -0.1 m y 0.1 m (blanco); clarificando así las demás partes de interés sobre el terreno digitalizado.

MOVIMIENTO DE LADERA	PERIODO	RESULTADOS ACERCA DE LA ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO Y OTROS ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DESTACABLES
ALMEGÍJAR	7/2008 - 3/2009	<p>SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. Sólo se detectó la acumulación de derrubios en un cono de deyección del extremo inferior de un barranco, y erosión en la parte alta y verticalizada del escarpe principal.</p>
	3/2009 - 6/2010	<p>REACTIVACIÓN DEL CUERPO PRINCIPAL. Avance general de la mitad inferior en dirección aproximadamente ortogonal a ambas superficies modelizadas de hasta 1.3 m, observado en el escarpe secundario subvertical a media altura del deslizamiento. Hundimiento, alcanzando valores hasta de 1.8 m. Desplazamiento descendente medido en partes angulares de perfiles de hasta 1.6 m (Figura 61).</p> <p>Tomando los valores máximos estimados, la tasa mínima de hundimiento anual es de 1.42 m/año en la parte de cabecera, y el avance mínimo en la parte inferior de 1.02 m/año. Por su parte, el desplazamiento descendente se desarrolló a una tasa mínima de 1.26 m/a. Estos valores se consideran preliminares, puesto que no se conoce el momento de inicio de la reactivación.</p> <p>El hecho de estos nuevos cambios morfológicos se considera como una reactivación a causa de las lluvias acontecidas en el año hidrológico 2009-2010. Estas actúan aumentando la presión hidrostática en la masa movilizada; e indirectamente, a través de la erosión fluvial por la crecida del río Guadalfeo que transcurre al pie de la ladera natural.</p> <p>En la Figura 62 se muestran rasgos observados durante el control de campo que contrastan este cambio de actividad.</p> <p>Erosión o descalce importante del pie del movimiento, con una superficie real (irregular) de 19345 m² y un volumen de 49090 m³ aprox.</p>
	6/2010 - 6/2011	<p>CONTINÚA LA REACTIVACIÓN. Se detectaron desplazamientos y velocidades similares a los del periodo anterior, como puede observarse en las Figuras 10-11 del ANEXO II. Siguen sin evidenciarse cambios por retroceso del escarpe.</p> <p>Tomando los valores máximos estimados, la tasa mínima de hundimiento anual es de 1.16 m/año en la parte de cabecera, y el avance mínimo en la parte inferior de 1.64 m/año. El desplazamiento descendente observado se puede aproximar por una tasa mínima de 1.70 m/a.</p> <p>En la parte más baja, a diferencia del periodo anterior, se aprecia el avance de la masa movilizada con ausencia de erosión o descalce por socavamiento.</p>
6/2011 - 4/2012	<p>CONTINÚA LA REACTIVACIÓN. Se detectan desplazamientos con un patrón similar al anterior, pero con una tasa menor. La clasificación no llega a mostrar una zona más o menos homogénea en cabecera, mientras que en la zona de avance se muestran tonalidades correspondientes con un rango de valores entre 0.1 m a 0.4 m. Esto indica una fase de pérdida de energía hacia un nuevo periodo de reposo.</p> <p>Tomando los valores máximos estimados, la tasa mínima de avance en la parte inferior se estableció en 0.49 m/año, mientras que el desplazamiento descendente se desarrolló a una velocidad mínima de 0.85 m/a.</p>	

MOVIMIENTO DE LADERA	PERIODO	RESULTADOS ACERCA DE LA ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO Y OTROS ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DESTACABLES
	04/2012 - 11/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. En este periodo, relativamente corto (~ 7 meses) respecto a los anteriores, no se detectan desplazamientos relacionados con el movimiento de ladera. Por el contrario, se encuentran acumulaciones de detritus con morfologías cónicas en los extremos inferiores de las cicatrices provocadas por la erosión. Estos pequeños lóbulos muestran acreciones de hasta 20 cm.
	11/2012 - 5/2013	ACTIVIDAD PROBABLE. Aunque los rasgos de la clasificación no aparecen resaltados con igual claridad que en fases anteriores, en las zonas subverticales más bajas dentro de la masa movilizada aparecen tonalidades amarillentas-anaranjadas, indicativas de una continuación del avance general de la parte baja del deslizamiento. Tomando los valores máximos estimados, la tasa mínima de avance en la parte inferior se estableció en 0.29 m/año
BORINCHO	3/2009 - 6/2010	REACTIVACIÓN PARCIAL. Hundimiento en la parte baja de pocos cm a unos 0,80 m. Esta zona se reconoce como un área con formas semielípticas de marcada congruencia espacial en los resultados de clasificación de desplazamientos (Figura 19 del ANEXO II). La superficie irregular delimitada denota la fase incipiente-iniciada de pequeños deslizamientos con una magnitud de 2610 m ² . El pie de estos movimientos se encuentra en contacto con una masa de agua de 6 m sobre el nivel de base de 2009, como consecuencia del llenado de un embalse cercano (Embalse de Rules). Si bien este periodo engloba una estación húmeda caracterizada por lluvias intensas, el factor desencadenante podría estar relacionado con estas, con el llenado del embalse o con ambas causas que influyen en el incremento de la presión del agua intersticial del terreno. El hundimiento mínimo en la base del escarpe secundario, obtenido a través de perfiles, se aproxima a 1.43 m (Figura 72); con una tasa correspondiente de 1.13 m/a. Por otro lado, se observan depósitos de altura centimétrica acumulados en zonas cóncavas y al pie de escarpe y flancos laterales.
	6/2010 - 4/2012	CONTINÚA LA REACTIVACIÓN PARCIAL. Se observa un patrón de desplazamientos similar al anterior, pero con magnitudes menores sobre un intervalo de tiempo mayor (~ 20 meses frente a los 15 anteriores). El hundimiento mínimo en la base del escarpe secundario, obtenido a través de perfiles, se aproxima a 0.90 m (Figura 74); con una tasa correspondiente de 0.49 m/a.
	4/2012 - 11/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. No se distinguen zonas diferenciadas respecto a las partes adyacentes a la zona deprimida detectada en los periodos anteriores.
	11/2012 - 5/2013	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. No se distinguen zonas diferenciadas respecto a las partes adyacentes a la zona deprimida detectada en los periodos anteriores.

MOVIMIENTO DE LADERA	PERIODO	RESULTADOS ACERCA DE LA ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO Y OTROS ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DESTACABLES
PUENTE VIEJO	5/2009 - 6/2010	REACTIVACIÓN PARCIAL. Se genera un debris slide. El escarpe de este movimiento secundario comprende una superficie de 778 m ² ; mientras que el lóbulo de derrubios desprendido cubre una superficie de 738 m ² (Figura 29 ANEXO II). También se observa una marcada erosión concentrada en zona del arroyo y partes centrales de la masa antigua del cuerpo del movimiento principal.
	6/2010 - 4/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. No se distinguen rasgos propios de movimientos en masa. Sólo se detecta evolución continuada en la erosión de zonas cóncavas y depósitos en las convexas o zonas con menor pendiente.
	4/2012 - 11/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. No se distinguen rasgos propios de movimientos en masa. Tampoco se detecta progreso de la erosión anterior; probablemente por ausencia del agente hidrológico, ya que este periodo cubre la mayor parte de los meses secos.
CHUCA	12/2009 - 6/2010	REACTIVACIÓN PARCIAL. Se detecta un hundimiento de hasta 5 m en el escarpe lateral que bordea el margen este del movimiento principal. El pie de este movimiento se encuentra en contacto con la masa de agua que se elevó como consecuencia del llenado Embalse de Rules. Si bien este periodo engloba una estación húmeda caracterizada por lluvias intensas, el factor desencadenante podría estar relacionado con estas, con el llenado del embalse o con ambas causas que influyen en el incremento de la presión del agua intersticial del terreno.
	6/2010 - 9/2011	CONTINÚA LA REACTIVACIÓN PARCIAL. La zona reactivada anteriormente sigue descendiendo, aunque con desplazamientos máximos alrededor de 2.5 m. La bajada del nivel de agua del llenado del embalse cercano provoca la erosión o hundimiento sistemático a lo largo de una franja perimetral a la base del deslizamiento principal.
	9/2011 - 4/2012	CONTINÚA LA REACTIVACIÓN PARCIAL. En este periodo, los desplazamientos descendentes, en general, quedan por debajo de 1.5 m, con un máximo en una franja estrecha próxima a la base del escarpe. Otra diferencia observada en esta fase se refiere a la propagación hacia el este de la zona hundida (sentido del margen izquierdo de la Figura 34 del ANEXO II) de la zona afectada, y un avance hacia la parte oeste.
	4/2012 - 11/2012	CONTINÚA LA REACTIVACIÓN PARCIAL. En este periodo, vuelven a detectarse desplazamientos máximos cercanos a los 5 m en la franja estrecha próxima a la base del escarpe, aunque la media queda con valores menores entorno al metro.
ÓRGIVA	10/2009 - 6/2010	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. Sólo se aprecia variación por los procesos de erosión y depósito con magnitudes decimétricas.
	6/2010 - 4/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. Sólo se aprecia una variación mínima por los procesos de erosión y depósito.

MOVIMIENTO DE LADERA	PERIODO	RESULTADOS ACERCA DE LA ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO Y OTROS ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DESTACABLES
	4/2012 - 11/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. Durante este periodo, el cual incluye mayormente meses secos, apenas se aprecia variación por los procesos de erosión y depósito.
LANJARÓN	2/2010 - 6/2010	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. La única zona que muestra signos de haber experimentado procesos de erosión o acumulación es la parte noreste (margen izquierdo en la Figura 39 del ANEXO II), donde no existen medidas de estabilización (bermas y taludes). A esto se suma la variación debida a los cambios fenológicos de la vegetación (matorrales y especies herbáceas) que forman una cobertera generalizada sobre esta parte del deslizamiento, siendo difícil de filtrar el ruido provocado por estos objetos para obtener datos del terreno desnudo. La combinación de ambos factores sin embargo, muestra resultados clasificados con tonalidades anaranjadas (aumento o acreción de relieve), posiblemente por la predominancia del estadio de crecimiento vegetal.
	6/2010 - 4/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. Como en el periodo anterior, la misma zona aparece afectada por procesos erosivos. En este caso con mayor apreciación de zonas erosionadas que de acumulación (tonos azulados en la Figura 40 del ANEXO II). Este hecho coincide con el transcurso de 2 ciclos hidrológicos desde la adquisición de 2010 a la de 2012; durante la que la erosión, o despoblación vegetal predomina en áreas más altas y con mayor pendiente.
	4/2012 - 11/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. Sólo se aprecia una leve predominancia de tonalidades anaranjadas en la misma zona que en los intervalos anteriores, probablemente relacionadas con estadios de crecimiento vegetal.
BUDAS	6/2009 - 6/2010	REACTIVACIÓN PARCIAL. El único fenómeno de interés detectado se refiere a la erosión o descalce al pie del deslizamiento principal, afectando a una superficie irregular de 1011 m ² y volumen de 970 m ³ .
	6/2010 - 5/2012	SIN ACTIVIDAD APRECIABLE. Mientras que los escarpes principales aparecen casi sin cambio (dentro del rango -0.1 m a 0.1 m) o erosionados (tonos azulados), en el cuerpo principal del deslizamiento se observa una acreción generalizada también cercana al decímetro. Esto puede ser debido al ruido residual causado por la vegetación existente en la zona evaluada.

Tabla 18 Resultados descriptivos de los movimientos de ladera analizados

4.6.2 Resultados relevantes en algunos de los casos de estudio seleccionados

Como se deduce del contenido de la Tabla 18, la mayoría de los movimientos permanecieron inactivos según la metodología aplicada, o bien el cuerpo principal de materiales movilizados fue reactivado parcialmente con movimientos secundarios de menor tamaño. Sin embargo, aquí se detallan 2 casos interesantes desde el punto de vista de las capacidades de la técnica para seguir la evolución de la deformación de estos deslizamientos. En primer lugar se tratan los resultados sobre el movimiento de ladera que mayor actividad ha experimentado, el deslizamiento Almegíjar. En segundo lugar, también se han obtenido perfiles sobre el deslizamiento Borincho, con el fin de confirmar los rasgos del deslizamiento en grado incipiente-iniciado detectado al pie del movimiento principal. En ambos casos la actividad detectada coincide con un episodio de lluvias críticas que posiblemente actuaron como factor desencadenante de los mismos.

4.6.2.1 Movimiento de ladera Almegíjar

El movimiento de ladera Almegíjar ($36^{\circ}54'5''N$, $3^{\circ}17'24''W$) es un deslizamiento traslacional profundo que se encuentra en grado de desarrollo. Se sitúa al margen norte del río Guadalfeo que discurre en dirección SO-NE (Figura 55). Este se caracteriza por una diferencia de altura de unos 140 m, y una pendiente general de aproximadamente 35° hacia el SE, afectando principalmente a filitas muy meteorizadas con niveles de calcoesquistos. Presenta un escarpe principal casi vertical hacia $\sim 130^{\circ}$ E, además de varios escarpes secundarios subparalelos al principal que alternan con zonas que siguen la pendiente general. La masa residual de materiales movilizados actúa como área fuente de "debris slides" superficiales (Figura 56). Según la ortofotografía histórica de la región el movimiento se generó entre 1984 y 1998, posiblemente antes de 1992 (Jiménez-Perálvarez 2012) (ver sección 3.6.1).

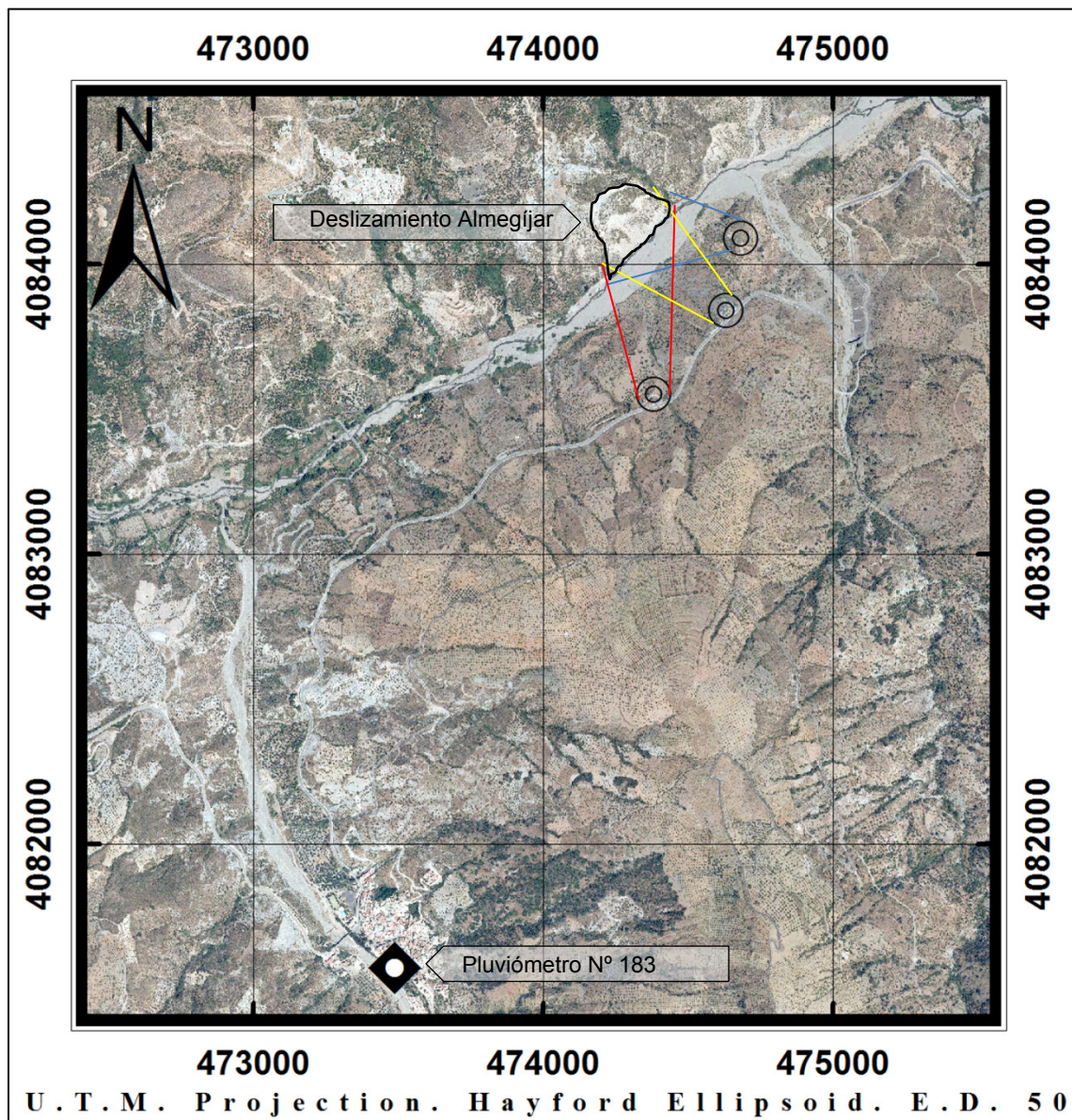


Figura 55 Localización geográfica del deslizamiento Almegíjar sobre fotografía aérea, del pluviómetro más cercano, y de las posiciones de escáner (círculos concéntricos)

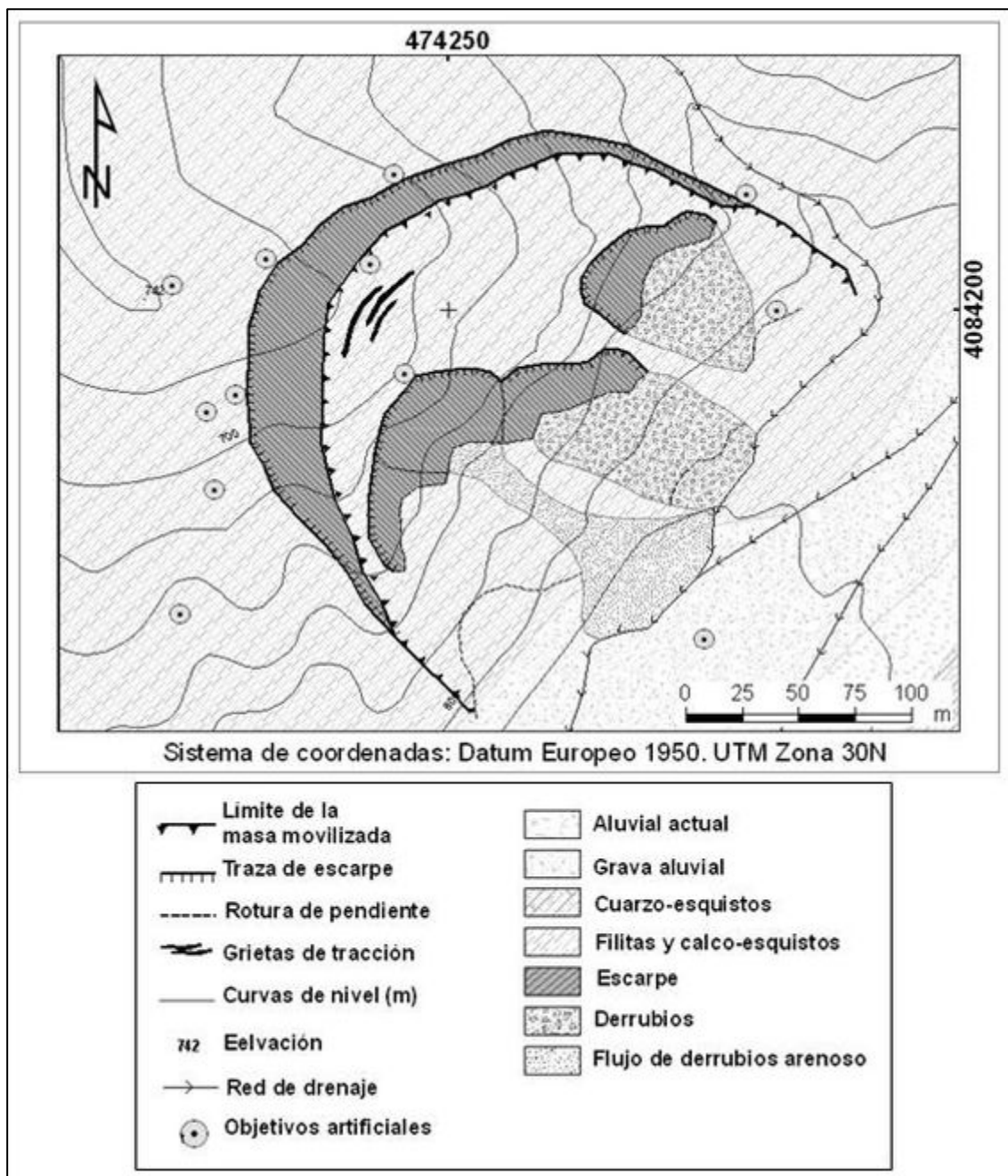


Figura 56 Deslizamiento Almegijar. Cartografía geomorfológica y posición de objetivos artificiales (targets) Figura 55

4.6.2.1.1 Características geotécnicas

Tras la reactivación del conjunto de los materiales movilizados detectada en el periodo de análisis 2009-2010, se acometieron actividades de prospección geotécnica; aunque la escasa y difícil accesibilidad al deslizamiento Almegijar sólo permitió la ejecución de 7 ensayos de penetración dinámica superpesada (DPSH) en abril de 2011 (Figura 57), y 3 calicatas mecánicas (SP) con ensayos SPT y toma de muestras inalteradas en julio del mismo año. Con esta prospección y los datos de campo no se pudieron realizar ensayos suficientes para realizar modelizaciones de la rotura y evolución del movimiento, o el análisis retrospectivo, para lo cual sería necesario un muestreo más intensivo y un mayor número de ensayos tanto de campo como de laboratorio; sin embargo, se pudieron determinar características geomecánicas básicas acerca de los materiales presentes en el deslizamiento.

La litología afectada por el deslizamiento corresponde fundamentalmente a filitas grises con intercalaciones de calcoesquistos de hasta 20 m de espesor observado, material más

competente que aflora a media altura del deslizamiento dando lugar a los escarpes secundarios. Los materiales se encuentran muy meteorizados (grado de meteorización IV-V) (ISRM 1978) y son fácilmente disgregables en lascas (constituyendo rocas fracturadas débiles). Las zonas con menor grado de meteorización aún preservan su estructura original. Estas zonas presentan planos de discontinuidad continuos, con una abertura máxima de 1 cm y un espaciado medio de 10 cm. Por su parte, las zonas con un mayor grado de meteorización corresponden a suelos residuales con características similares a las de suelos sobreconsolidados (con $OCR \approx 1.5$ y $K \approx 10^{-4}$ m/s, según los ensayos de laboratorio realizados).

La correlación de los valores corregidos del golpeo SPT con el ángulo de rozamiento interno (ϕ) (Schmertmann 1975; Mayne et al. 2001) arroja valores comprendidos entre 25° y 30° , que concuerdan con valores residuales en filitas (valores mínimos) y micaesquistos y filitas meteorizadas (valores máximos) (Hunt 2005). Son coherentes con un tipo de roca R2 a la que se le atribuye una baja resistencia a la compresión simple (5-25 MPa) (Brown 1981). El Índice de Resistencia Geológica (GSI) del material, fácilmente disgregable, se puede establecer en torno a rangos inferiores a 40 ($GSI < 40$), indicativo de un macizo de mala a muy mala calidad. Estos valores son del mismo orden a los obtenidos ($\phi \sim 30^\circ$ y $c < 1$ kp/cm²) en los ensayos de laboratorio realizados (triaxial y corte anular). Las muestras ensayadas en laboratorio se tomaron de la misma familia de discontinuidades del plano de rotura principal. El relleno de las discontinuidades está constituido por material aluvial procedente de meteorización de las filitas, y corresponde a arcillas y limos de baja plasticidad (CL-ML). Este material presenta un I_p promedio de 6 ($L_L \approx 26 - L_P \approx 20$), con un Índice de Dispersión $\approx 90\%$. Se trata por tanto de un material altamente susceptible a la erosión.

Los valores de golpeo de los DPSHs, característicos de una grava de compacidad media, muestran una tendencia de aumento de la resistencia de los materiales con la profundidad, como se puede determinar del incremento del número de golpes (N). Esta tendencia se ve interrumpida, según la ubicación de cada ensayo, entre 7 y 11 m, a la que se observa una disminución en el número de golpes (alcanzándose valores casi nulos a los 8.30 m en el DPSH-3) y, consecuentemente, en la resistencia del material. A profundidades superiores a 11 m se observa un nuevo aumento general en la resistencia del material, alcanzándose los valores más altos del ensayo. Este patrón no se registra en los DPSHs realizados en la zona estable exterior al deslizamiento (DPSHs 6 y 7), donde la tendencia general al aumento de la resistencia en profundidad no se ve interrumpida. Los resultados obtenidos sugieren la presencia de un nivel menos resistente de filitas removilizadas sobre el sustrato estable de filitas más competentes. Ambos niveles están separados por una capa de resistencia muy baja que se interpreta como el plano de rotura. De esta forma se puede aproximar el plano de deslizamiento (Figura 58) en la zona de cabecera cercana al escarpe principal, donde se han realizado los ensayos (Figura 57). Esto es posible mediante la correlación de las zonas de menor resistencia, atravesadas a profundidades comprendidas entre 7 y 11 m, y según las que se puede interpolar un plano con una inclinación media de 30° según la dirección N130E. La dirección e inclinación del plano de deslizamiento coincide con la orientación de la familia principal de discontinuidades (30/130). Asimismo, la inclinación del plano (30°) es equivalente al ángulo de rozamiento interno estimado para los materiales, los cuales presentan cohesiones prácticamente nulas.

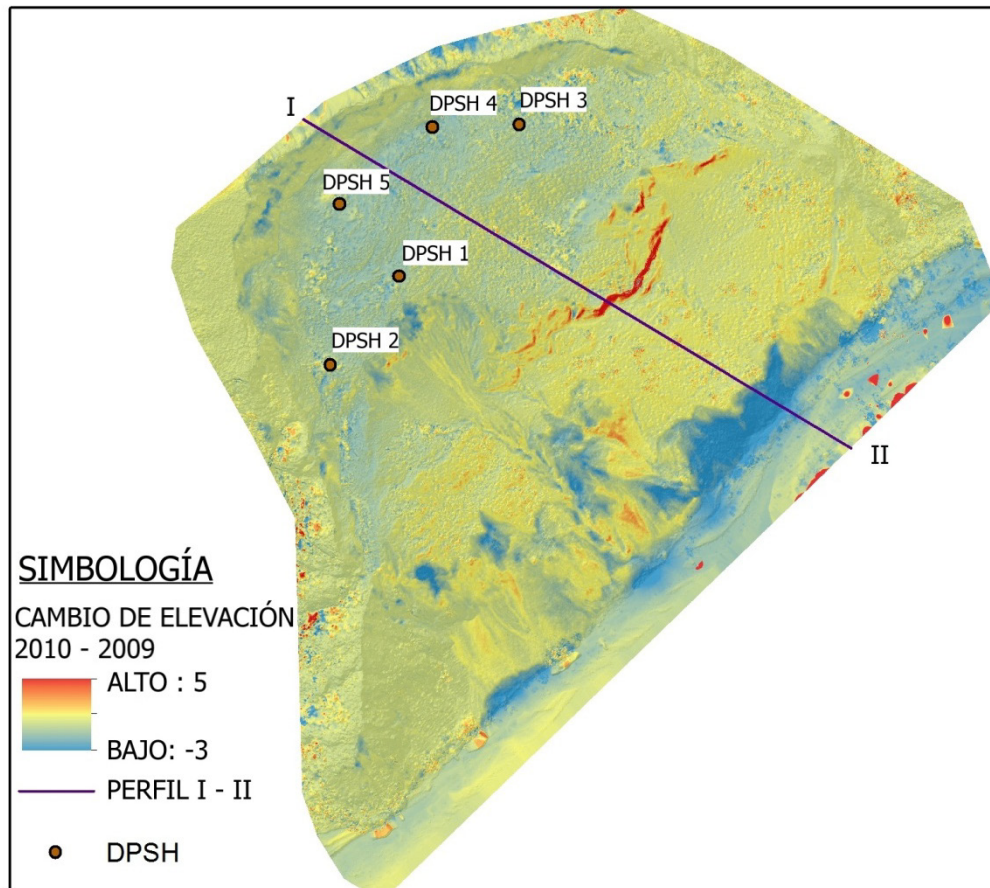


Figura 57 Vista en planta del movimiento de ladera Almegijar con la localización de la traza del perfil I – II y de los penetrómetros (DPSH) ejecutados in situ. La imagen incluye también una diferenciación de los cambios de cota (respecto al plano horizontal)

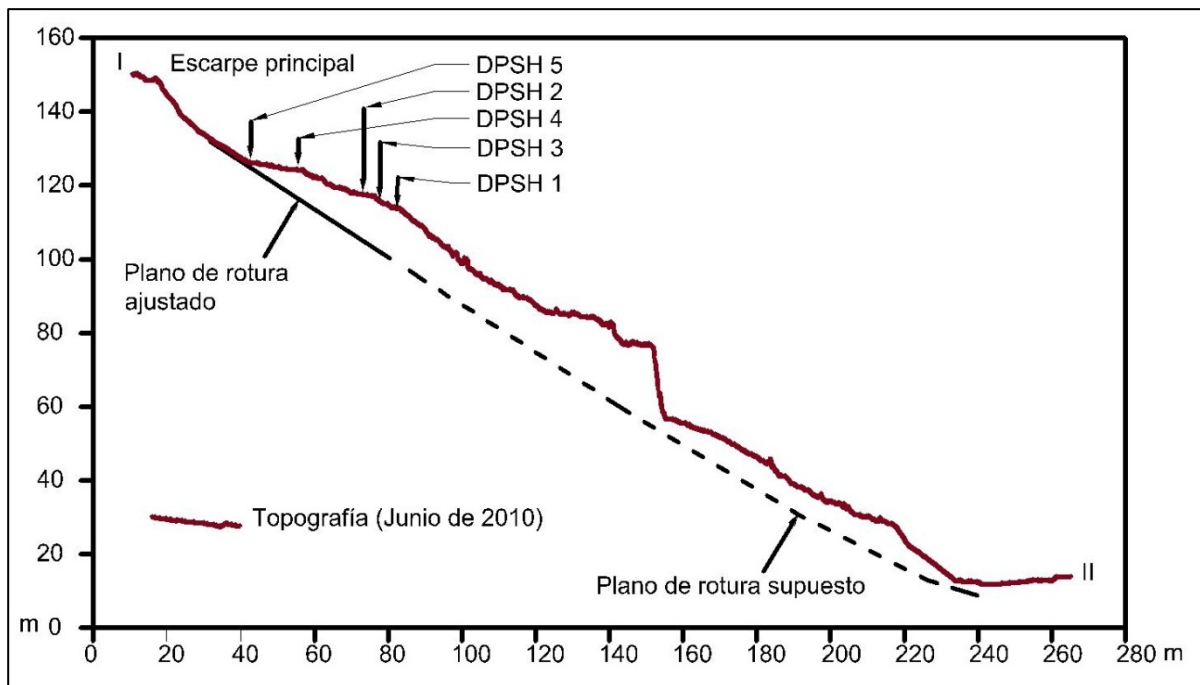


Figura 58 Perfil topográfico a través de la traza I – II (ver Figura 57) con localización de los penetrómetros (DPSH) realizados en 2011

El estado del equilibrio de esfuerzos se puede estimar según las características geomecánicas y la geometría del plano de deslizamiento. El cálculo se basa en el modelo de resistencia al corte generalizado de Hoek and Brown (1997) con la introducción de los siguientes valores (conservadores): peso específico de las partículas sólidas $\gamma_s = 2.30 \text{ t/m}^3$; GSI = 25; resistencia a la compresión simple $\sigma_{ci} = 10 \text{ MPa}$; constante de la roca intacta

formada por filitas $m_i = 7$, y factor de perturbación = 1 (sin perturbaciones por explosiones o excavación). De esta forma se obtiene un factor de seguridad $FS = 0.96$. Este valor para el factor de seguridad indica que el deslizamiento se encuentra prácticamente en equilibrio límite, siendo propenso a la reactivación en respuesta a la acción de cualquier factor desencadenante (infiltración del agua de lluvia, descalce por socavamiento del cauce al pie de la ladera, acciones sísmicas o antrópicas, etc.).

4.6.2.1.2 Cambios en la actividad determinados durante los periodos investigados

De lo sintetizado en la Tabla 18 se deriva la evolución general observada en el deslizamiento Almegíjar. Esta puede dividirse en dos etapas principales; la primera anterior al periodo de estaciones húmeda de 2009-2010, durante la cual el movimiento permanece dormido, y una segunda a partir de ese periodo, cuando se inicia la reactivación del cuerpo principal del movimiento, como se constató en [Irigaray and Palenzuela \(2013\)](#) y [Palenzuela et al. \(2013\)](#). Al final de esta sección se añade una tabla (Tabla 1) síntesis de la evolución cuantitativa de las partes que más deformación experimentaron dentro de este deslizamiento.

Periodo 07/2008 - 03/2009

Durante esta primera etapa sólo se detectaron variaciones pequeñas, correspondientes a procesos claramente erosivos superficiales (denudación y depósito). Naturalmente, la mayor erosión se concentra en la parte alta del escarpe, mientras que a pie del deslizamiento se observan aumentos locales de espesor correspondientes a depósitos de derrubios sobre conos de deyección, donde se registra el valor máximo de acumulación. Estos valores se consideran los propios de la evolución geomorfológica del relieve por erosión; por tanto, no observándose componentes deformacionales en masa. Consecuentemente, se puede concluir que durante el intervalo temporal de 07/2008 a 03/2009 el deslizamiento permaneció inactivo para el nivel de detección de la metodología aplicada.

Periodo 03/2009 - 06/2010

Por el contrario, a partir del segundo periodo analizado (03/2009 a 06/2010) los resultados revelan cambios morfológicos relacionados con el movimiento en masa del cuerpo principal del deslizamiento. Por tanto, este nuevo intervalo investigado supone una *reactivación* respecto al periodo de latencia anterior. Esto se demuestra mejor sobre perfiles extraídos en la dirección longitudinal del deslizamiento, aproximadamente a través de las zonas que mayor deformación han experimentado, como se presenta en la Figura 59. En la imagen de la Figura 59a, correspondiente a la clasificación de desplazamientos del intervalo entre los años 2008 y 2009, no aparecen rasgos característicos de un movimiento de ladera. Contrariamente, en la Figura 59b aparecen zonas congruentes que se pueden zonificar como aparece en la Figura 59c. De este modo, de arriba abajo, la separación de los perfiles de ambos años a lo largo de la traza I-II (Figura 59a) muestra:

- la parte estable del escarpe principal
- la parte subsidente de la cabecera del deslizamiento. Como se observa en la Figura 61, los desplazamientos descendentes pueden alcanzar hasta 1,8 m
- una zona de transición, aparentemente, sin desplazamientos significativos
- una zona de extrusión o avance en la que la superficie de 2010 aparece adelantada sobre la de 2009. Según la diferencia entre los perfiles para cada año (Figura 61), en las zonas con mayor perpendicularidad a la dirección general del

desplazamiento máximo, como escarpes secundarios, se pudieron reconocer magnitudes de hasta 1,3 m. Igualmente, en las proximidades a estas zonas verticalizadas se encuentran cambios de curvatura o pendiente con grandes ángulos ($\sim 90^\circ$), donde han podido medirse desplazamientos de hasta 1.6 m (Figura 61)

- una zona fuertemente erosionada al pie del deslizamiento, lo que ha causado un incremento en la pendiente en esta zona más baja de 6° ($39^\circ \rightarrow 45^\circ$), como se observa en la Figura 61. Este cambio podría alterar las condiciones determinantes de la inestabilidad de este deslizamiento, puesto que parte del soporte de la base del movimiento fue eliminada, lo que obligará al mismo a evolucionar hasta encontrar el nuevo ángulo de reposo.

Además del análisis mediante TLS, se pudieron comparar y clasificar 2 modelos poligonales obtenidos mediante el procesamiento similar aplicado a datos ALS (Escáner de Láser Aerotransportado) existentes. Estos datos se adquirieron en las fechas 11/08/2008 y 18/05/2010. Los resultados derivados de este procesamiento (Figura 60 A), indican un avance máximo de la masa movilizada (a media altura del deslizamiento) superior a 1.60 m, y un hundimiento en la parte superior mayor a 1,30 m (Figura 60 B). La distribución de desplazamientos se muestra similar a la obtenida para el periodo 2009-2010 mediante la técnica TLS, si bien las magnitudes no son exactamente equivalentes, puesto que la resolución y precisión para las técnicas TLS y ALS son diferentes. La mayor distancia de adquisición con el equipo en movimiento de ALS, de unos 2000 m, en comparación con la del TLS (< 1000 m), son los principales factores que influyen en dichos parámetros de calidad. Aun así, la equivalencia entre los patrones de desplazamientos permite la validación cruzada de resultados obtenidos mediante ambas técnicas.

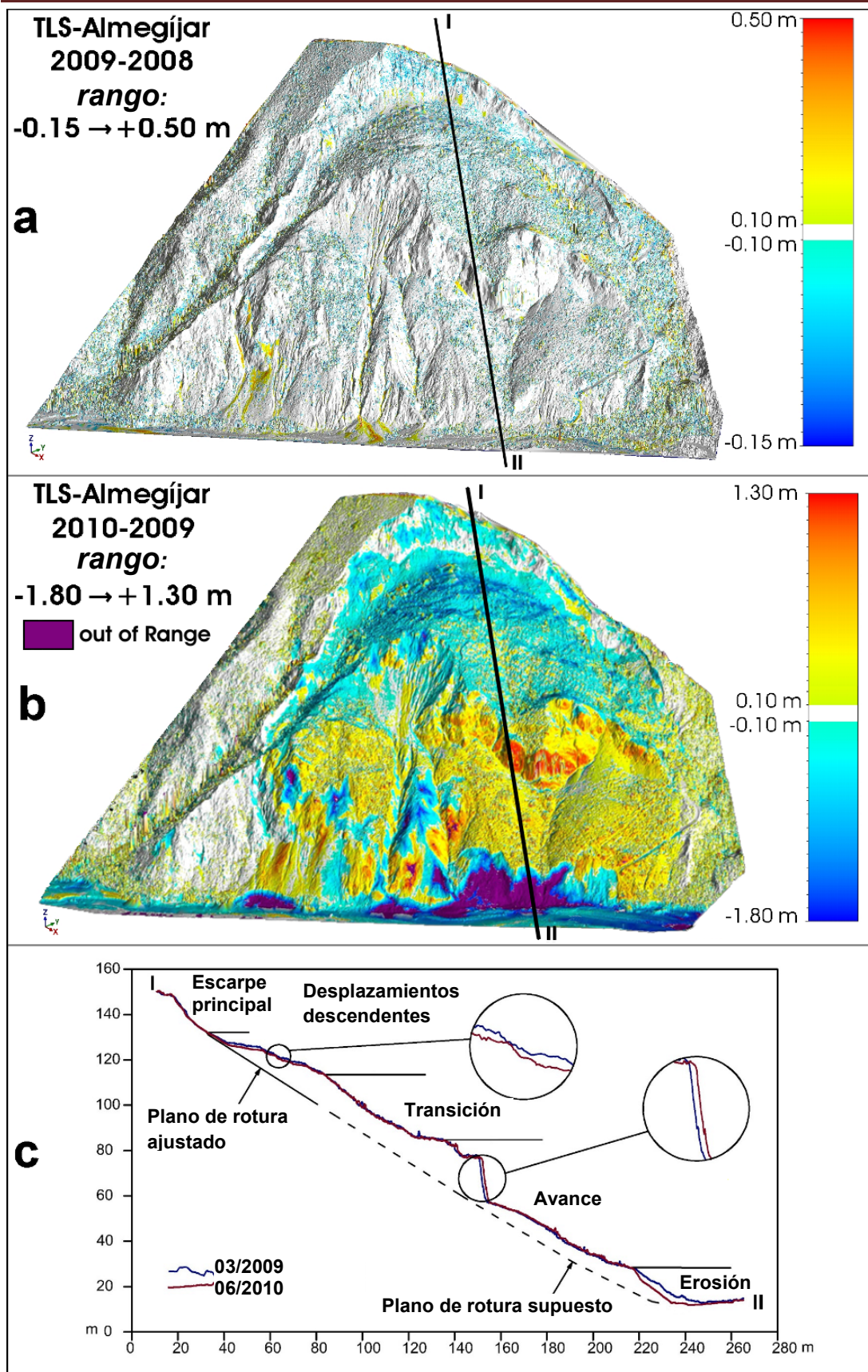


Figura 59 Evolución del deslizamiento Almegíjar entre 2008 y 2010. En *a* y *b* se muestran los valores positivos (anteposición del modelo más moderno al antiguo) clasificados con tonalidades del amarillo y el rojo; mientras que las tonalidades del azul se refieren a los valores negativos (zonas subsidentes y erosión). En blanco se usa como máscara para el intervalo no clasificado respecto al umbral fijado para el ruido residual. *a*: Periodo 2008-2009; *b*: periodo 2009-2010; *c*: Perfil ilustrativo de la evolución temporal del deslizamiento entre marzo de 2009 y junio de 2010

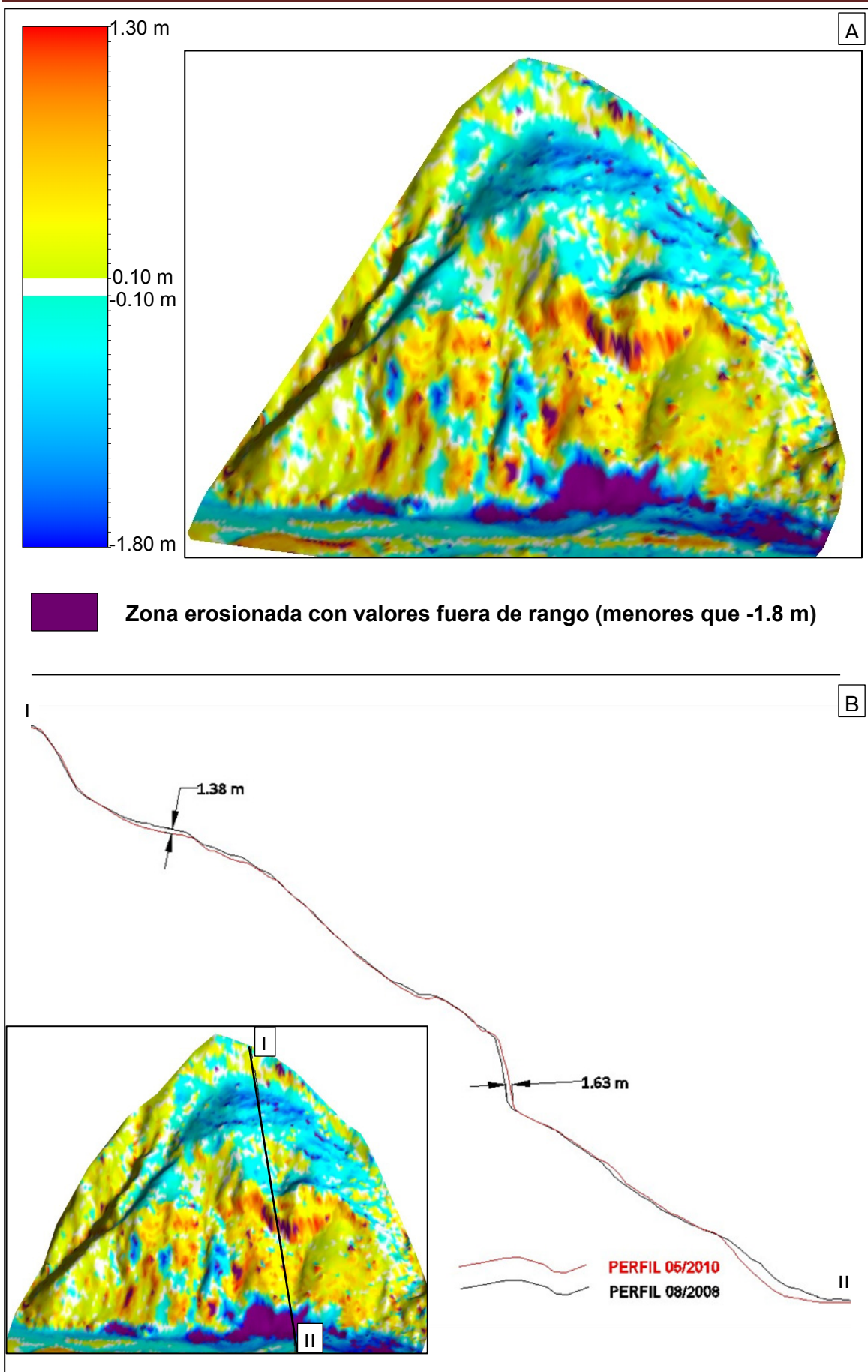


Figura 60 A. Imagen de la clasificación de desplazamientos para la comparación de datos de ALS de 2008 y 2010. La escala de color muestra la variación de desplazamientos desde un hundimiento (tonalidad azul) en la parte superior, a un avance en la mitad inferior de la masa movilizada (tonalidad amarillo a rojo). En morado se muestra la erosión que supera los valores del rango dentro de la clasificación. B. Perfiles en la dirección de la traza I – II sobre la imagen de A

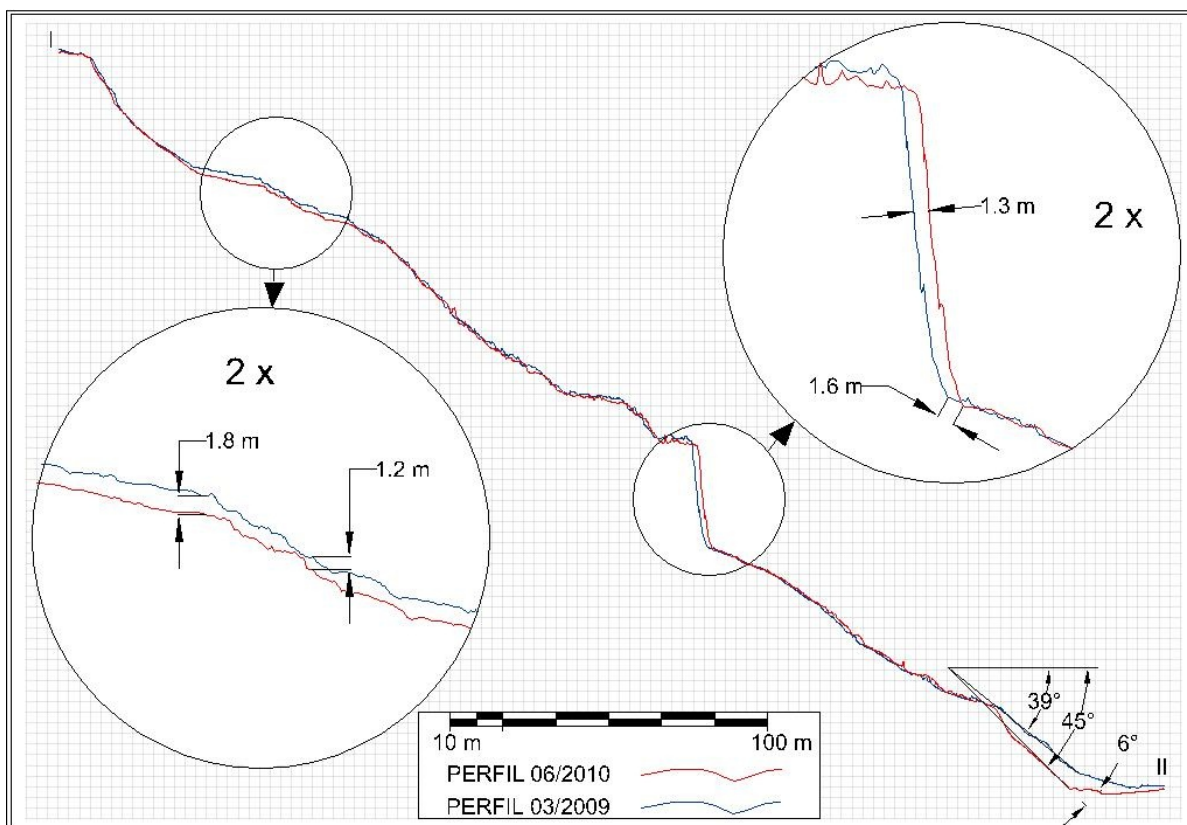


Figura 61 Perfiles de 03/2009 y 06/2010 en la dirección de la traza I – II de la Figura 59, proyectada sobre el deslizamiento Almegijar. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda) y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

Estos resultados indican una reactivación del deslizamiento Almegijar, con una deformación en acortamiento (strain shortening), similar a una forma arqueada que se comprime a lo largo de su eje longitudinal y se extiende perpendicularmente a dicho eje (en la mitad inferior del deslizamiento).

Una vez obtenidos estos resultados, se realizó una visita al lugar de estudio (a fecha de 16/07/2010) con el fin de contrastar estos con observaciones directas sobre el terreno, donde se pudo apreciar un importante despegue del talud aluvial situado sobre la parte más alta de la cabecera del deslizamiento. Como consecuencia de este hundimiento, también aparecieron importantes grietas junto al escarpe principal y el flanco suroeste (Figura 62). Estas grietas limpias o con poco relleno aluvial podían alcanzar casi los 50 cm de apertura, con un salto acumulado de 1.50 m aproximadamente si se tiene en cuenta el conjunto de varias de ellas subparalelas, encontradas ladera abajo en esta parte más alta. Igualmente, la nueva zona expuesta de las partes central y suroeste del escarpe planar aparecen limpias y sin alteración superficial, incluso observadas desde distancias lejanas como se aprecia en las fotografías de la Figura 62.



Figura 62 Fotografías del escarpe principal y flanco suroeste del deslizamiento de Almegijar, tomadas durante el control de campo realizado en la fecha de 16/07/2010 tras la obtención de los resultados en gabinete. Se observan grietas recientes con poco relleno y limpias de casi 50 cm de apertura, así como un escarpe planar, también limpio y sin alteración superficial, con un salto máximo aproximado de 1.50 m

Periodo 06/2010 - 06/2011

En esta fase continua la etapa de reactivación, con una distribución de desplazamientos similar a la del periodo anterior, como se deriva de la clasificación supervisada (Figura 12 del ANEXO II), a pesar de la aparición de artefactos o triángulos anómalos (bordes excesivamente largos) en las partes más alejadas del escáner y en las de menor pendiente, debido al deterioro del sistema láser que más tarde fue reemplazado.

No obstante, como se observa en los perfiles de la Figura 63 sobre la misma traza del caso anterior, tanto el avance del desplazamiento perpendicular al escarpe secundario como del desplazamiento mayor superan a los del caso anterior en 10 cm (1.4 m y 1.7 m, respectivamente).

Atendiendo a la parte de alta pendiente del escarpe, sigue sin evidenciarse cambios por retroceso. Por el contrario, en la parte más baja, también con una pendiente alta, a diferencia del periodo anterior, se aprecia el avance de la masa movilizada con ausencia de

erosión o descalce por socavamiento. En esta parte, pueden medirse avances de unos X m (Figura 63).

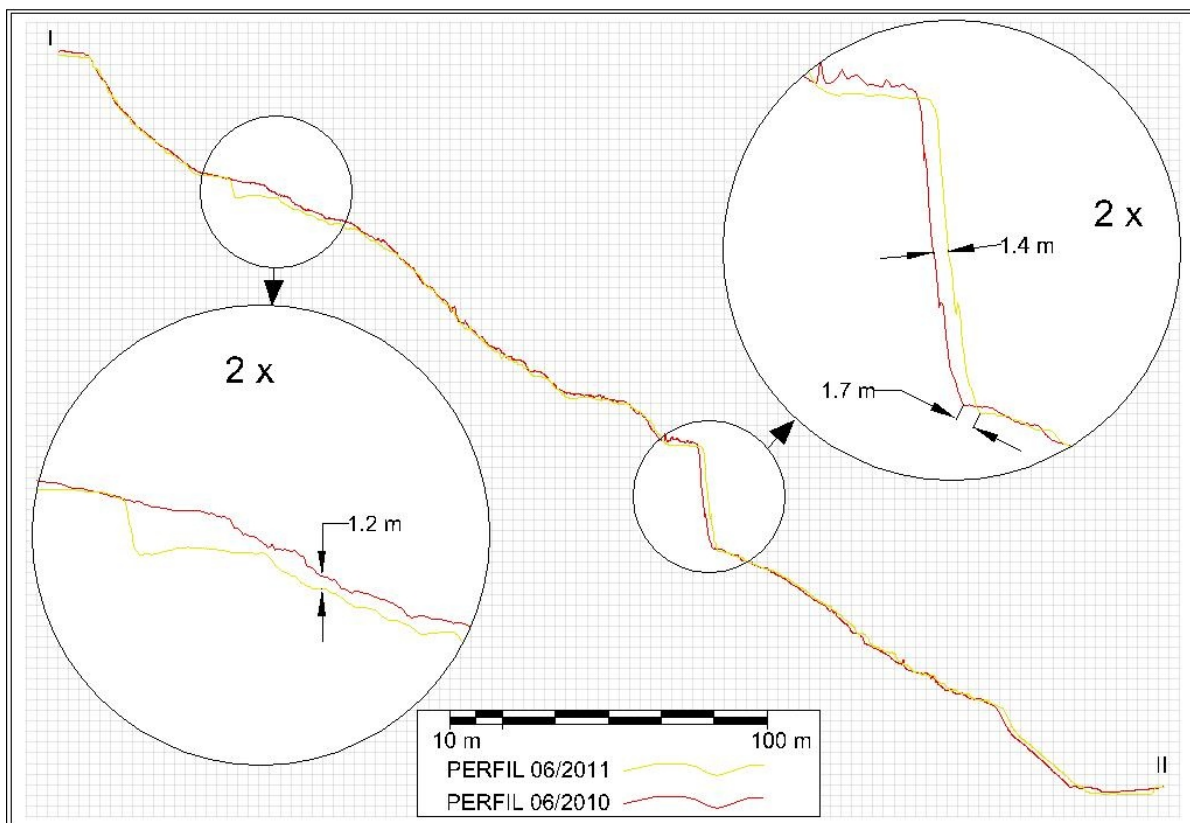


Figura 63 Perfiles de 06/2010 y 06/2011 en la dirección de la traza I – II de la Figura 59, proyectada sobre el deslizamiento Almegijar. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda) y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

Periodo 06/2011 - 04/2012

Se continúan apreciando desplazamientos relacionados con actividad del movimiento de ladera en la mitad inferior del volumen de materiales movilizados; sin embargo, en este caso no sobrepasan el medio metro en las zonas de máximo cambio (0.4 m en la Figura 64).

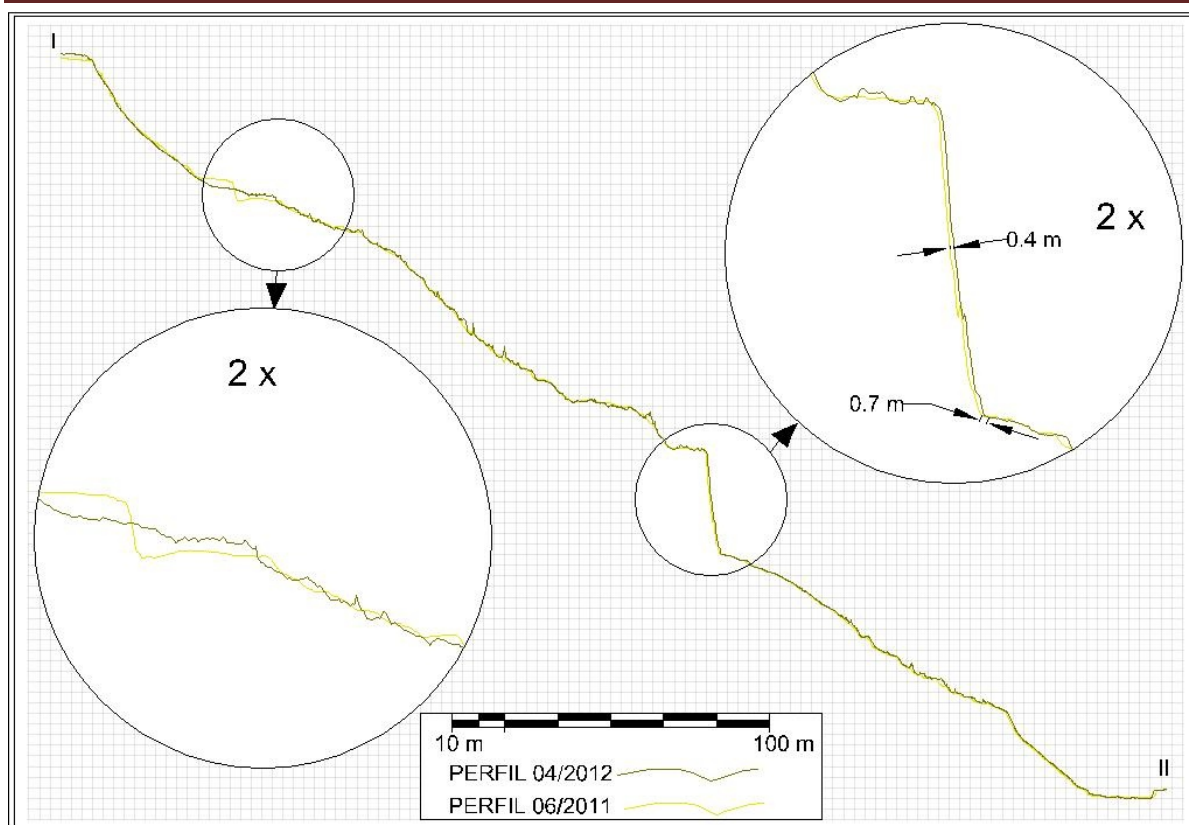


Figura 64 Perfiles de 06/2011 y 04/2012 en la dirección de la traza I – II de la Figura 59, proyectada sobre el deslizamiento Almegijar. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda) y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

Periodo 04/2011 - 11/2012

Para la ventana temporal 04/2011 a 11/2012, no se aprecian cambios relacionados con la actividad del movimiento, aparte de la acreción decimétrica que se observa en los lóbulos de derrubios situados al pie de la ladera. Esto podría indicar un cese en los desplazamientos reiniciados en el periodo de 2009 a 2010; sin embargo, en el siguiente periodo se observan cambios mínimos que hacen interpretar este episodio como una suspensión del movimiento principal, o bien, con la aparición de desplazamientos menores no detectables por la metodología empleada.

Periodo 11/2012 - 05/2013

A pesar de que la longitud del intervalo temporal analizado es del orden de 1 mes inferior respecto al anterior, este recorre un mayor número de meses húmedos. Por otro lado, en la zona de cabecera aparecen tonalidades azuladas correspondientes con desplazamientos por debajo de los 20 cm. Además, tanto el escarpe secundario subvertical que se sitúa en la mitad derecha del deslizamiento (Figura 65) como los taludes con una alta pendiente situados al pie de la ladera, muestran tonalidades anaranjadas correspondientes con avances de magnitudes decimétricas. Hecho que contrasta con el tono blanco general de las zonas superiores y laterales del escarpe principal que se mantienen estables, entre otras zonas externas al cuerpo principal de este movimiento de ladera. Por lo que la *hipótesis de una aceleración* de la masa principal se presenta más adecuada para explicar estos hechos que la erosión, o lo que es más improbable, la acumulación de detritus sobre estas zonas subverticales.

Al nivel de detección de la técnica y metodología utilizadas, es difícil deducir si se trata de una verdadera aceleración (*surge*), o simplemente de una reactivación tras un periodo de suspensión. Al ser este el último periodo investigado, no se tienen más evidencias de la evolución posterior de la actividad de este deslizamiento. No obstante, la continuación con

la monitorización a través de esta metodología o de otras técnicas (monitorización mediante GB-SAR), podría arrojar resultados sobre la continuidad de estos desplazamientos.

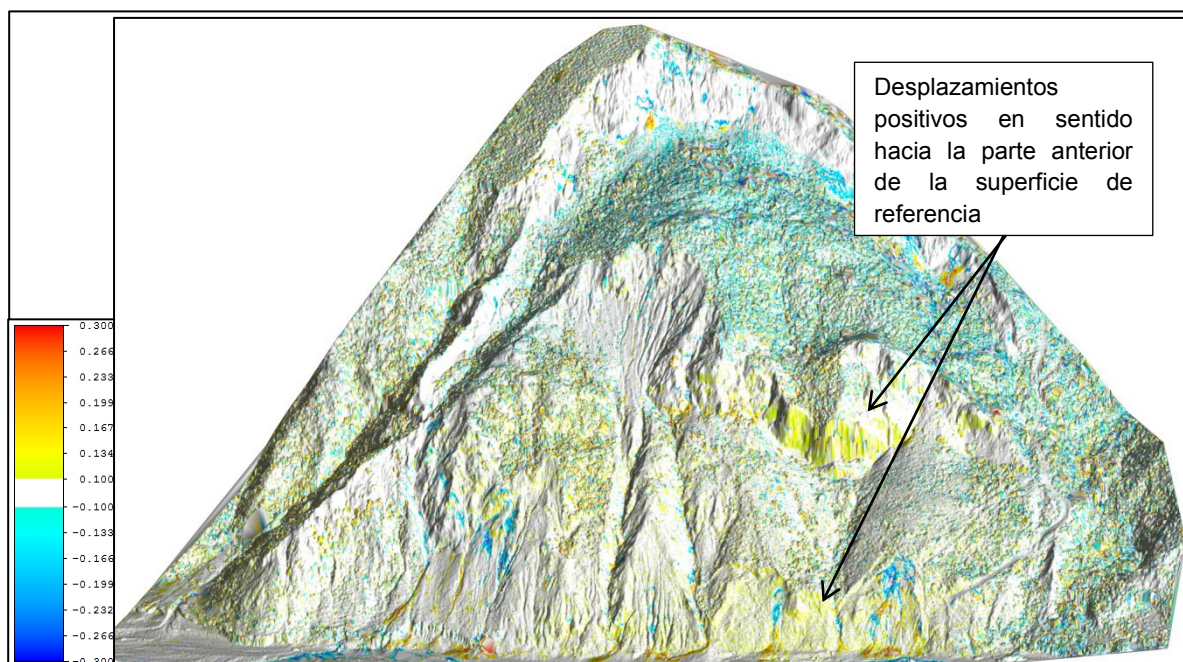


Figura 65 Movimiento de ladera: Almegijar. Comparación del modelo de 05/2013 respecto al de 11/2012

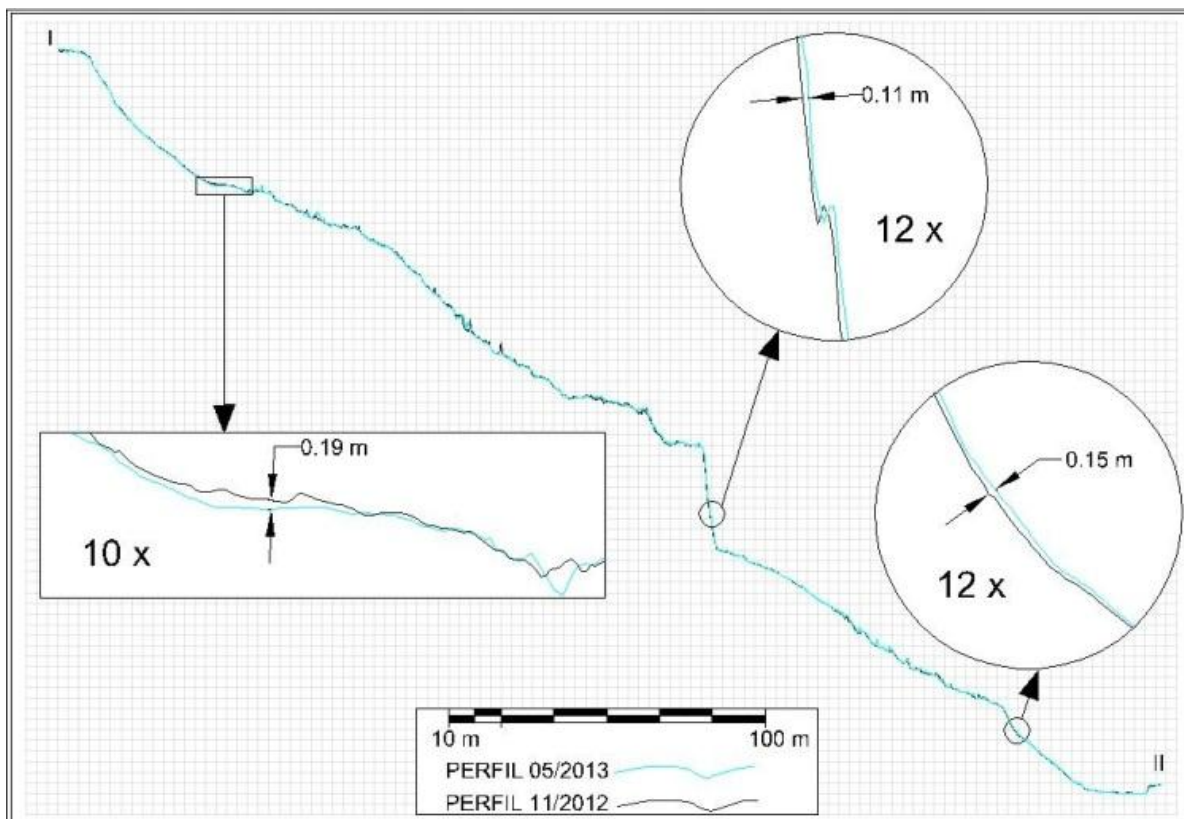


Figura 66 Perfiles de 05/2013 y 11/2012 en la dirección de la traza I – II de la Figura 59, proyectada sobre el deslizamiento Almegijar. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda) y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

FECHA DE LA PRIMERA ADQUISICIÓN	FECHA DE LA SEGUNDA ADQUISICIÓN	INTERVALO TEMPORAL (a)	HUNDIMIENTO EN CABECERA		DESPLAZ. DESCENDENTE		AVANCE DE LA PARTE INFERIOR	
			DESPLAZ. (m)	VEL. MÍN. (m/a)	DESPLAZ. (m)	VEL. MÍN. (m/a)	DESPLAZ.	VEL. MÍN. (m/a)
15/07/2008	10/03/2009	0,65	--	--	--	--	--	--
10/03/2009	16/06/2010	1,27	1,80	1,42	1,60	1,26	1,30	1,02
16/06/2010	29/06/2011	1,04	1,20	1,16	1,70	1,64	1,40	1,35
29/06/2011	23/04/2012	0,82	--	--	0,70	0,85	0,40	0,49
23/04/2012	05/11/2012	0,54	--	--	--	--	--	--
05/11/2012	15/05/2013	0,52	0,19	--	--	--	0,15	0,29

Tabla 19 Síntesis de la evolución de desplazamientos y tasas de deformación en hundimiento y avance, respectiva al movimiento de ladera Almegijar

4.6.2.2 *Movimiento de ladera Borincho*

Por su parte, el deslizamiento profundo Borincho se encuentra sobre el mismo margen norte del Río Guadalfeo (36°52'45"N, 3°27'18"W) (Figura 67). Presenta un escarpe principal casi vertical a través de un contacto mecánico orientado hacia 165°, así como diversos escarpes secundarios subparalelos al principal, individualizando bloques dentro de la masa principal (Figura 68). El movimiento afecta a calcoesquistos y filitas alteradas con un comportamiento tipo suelo sobreconsolidado. Este deslizamiento presenta una altura y pendiente aproximadas de 50 m y 23°, respectivamente. Su iniciación debe ser anterior al 1956, según la ortoimagen más antigua disponible (IDEA 2012) en la que se puede reconocer. Se encuentra en grado de desarrollo y, desde 1956, no se observa una evolución notable de su estado y/o actividad (Jiménez-Perálvarez 2012).

El interés de matizar los siguientes resultados sobre este deslizamiento, estriba en resaltar el caso particular en el que se detecta un deslizamiento de menor tamaño, que de no ser por el dominio de zonas congruentes detectadas mediante la metodología aplicada a datos de alta resolución, sería complejo determinar mediante geomorfología de campo o técnicas de menor resolución. Sobre todo, debido a la menor porción que representan dentro de una zona mayor investigada hundimientos de pocos centímetros a decímetros con un escarpe secundario de salto vertical pequeño, fácilmente alterable por la erosión. De modo que estos rasgos pueden no ser reconocidos con precisión a visu, y con mayor dificultad cuanto más tiempo se someta el terreno a los agentes erosivos.

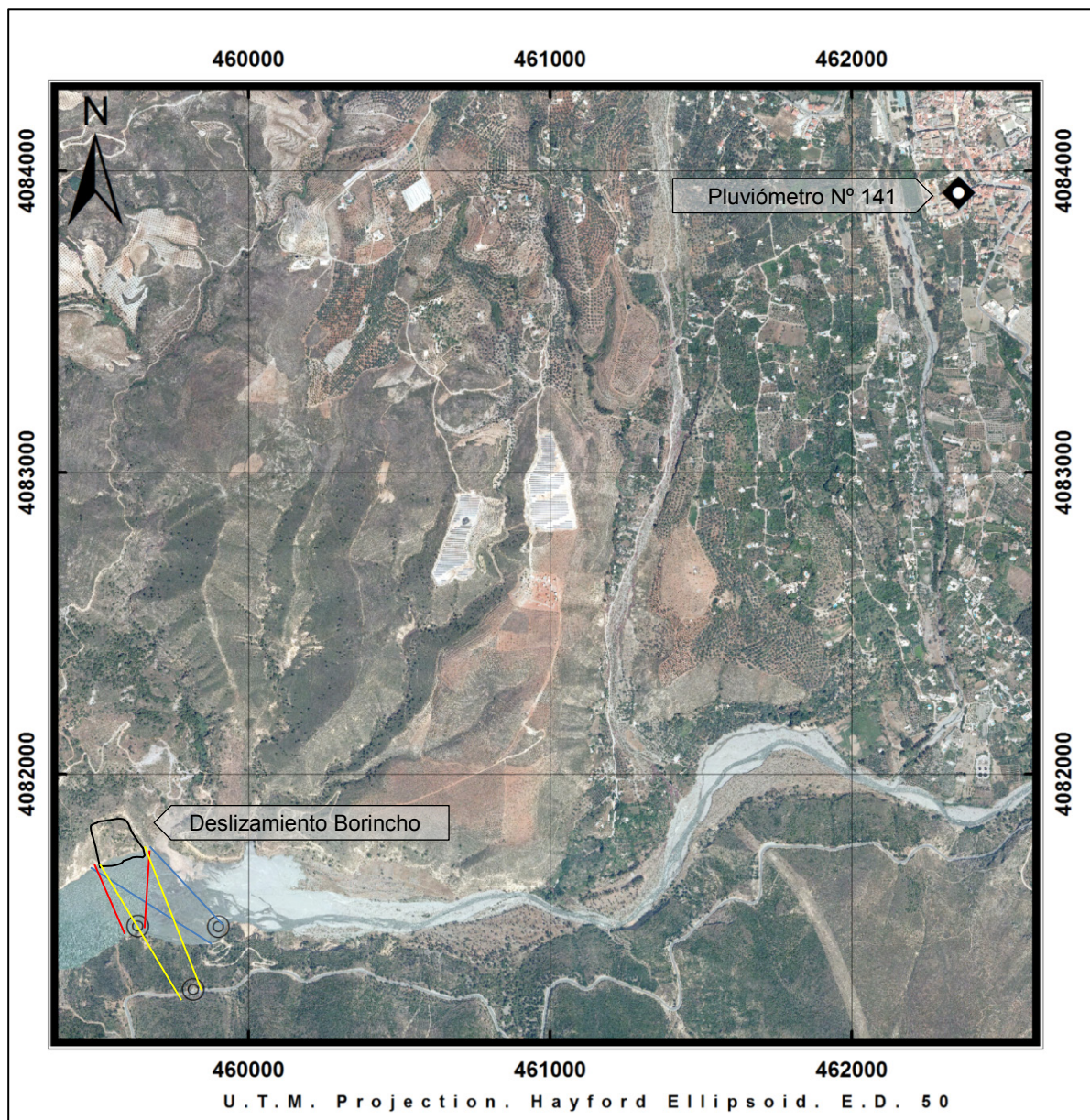


Figura 67 Localización geográfica del deslizamiento Borincho, del pluviómetro más cercano, y de las posiciones de escáner (círculos concéntricos)

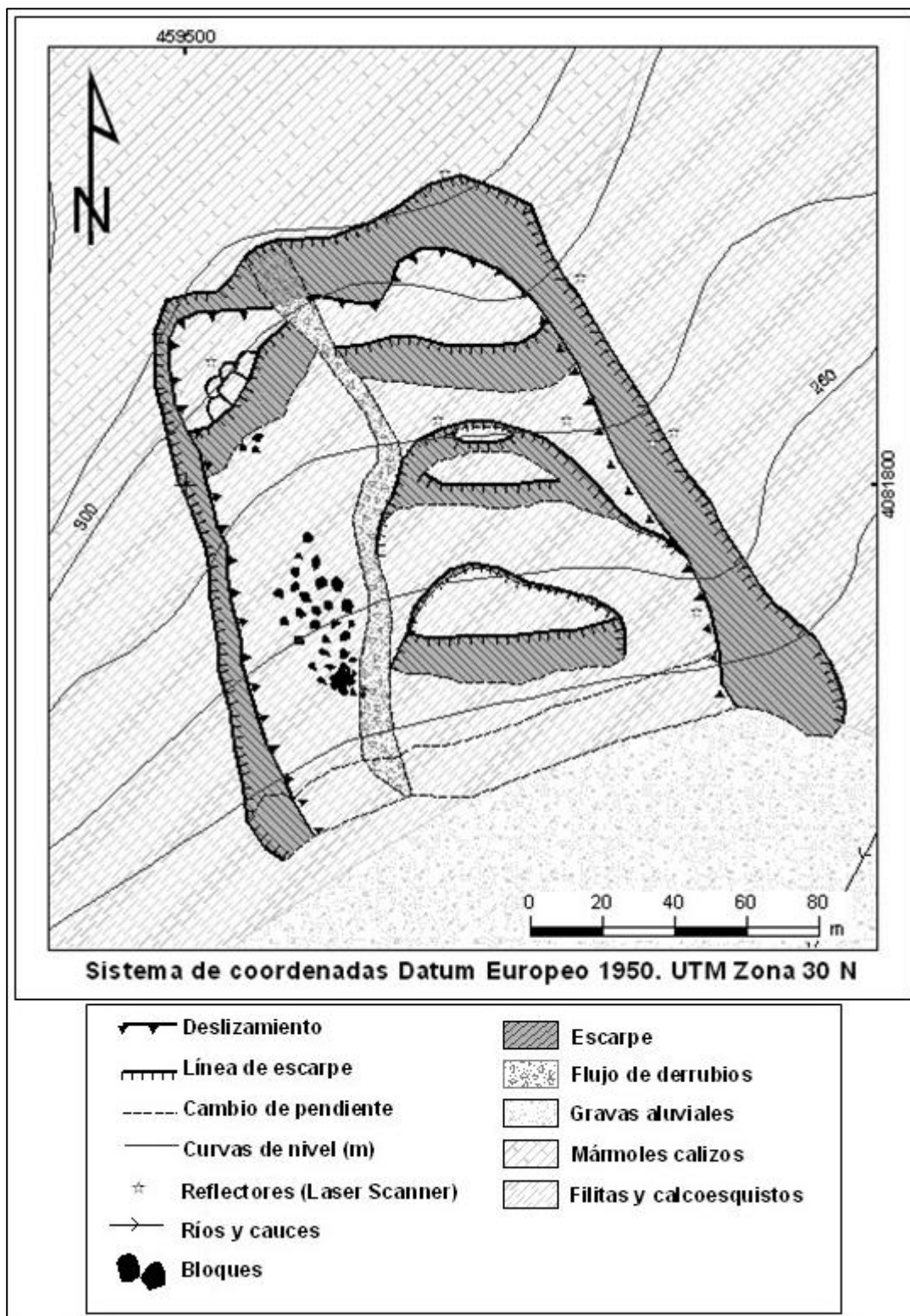


Figura 68 Deslizamiento Borincho. Cartografía geomorfológica

Periodo 03/2009 - 06/2010

Al acotar la clasificación supervisada para resaltar los desplazamientos más relevantes en la evolución del deslizamiento (Figura 69a-b, y Figuras 19-20 del Anexo II) los desplazamientos calculados por comparación entre los modelos de 2009 y 2010 indican variaciones topográficas que corresponden con un hundimiento sobre la parte baja del movimiento. Este rasgo, sin la evidencia del escarpe que se ha podido detallar en los perfiles extraídos (Figura 71 y Figura 72), podría llevar a clasificar al hundimiento secundario como un movimiento incipiente, sin embargo, el escarpe confirma que el movimiento ya se ha iniciado.

Respecto a otros cambios geomorfológicos, los valores negativos más altos (algo más de 2 m) coinciden con la erosión que afecta al pie de la masa desplazada al borde del cauce del río Guadalfeo (Figuras 19-20 del Anexo II); mientras que los depósitos erosivos generados durante este período se concentran en zonas menos inclinadas o en zonas cóncavas (pequeños barrancos y partes bajas de los flancos del deslizamiento), y apenas superan una variación entorno al decímetro (Figura 69a).

Expandiendo la escala de valores negativos en la zona de mayor hundimiento en la parte inferior del deslizamiento (Figura 69b y Figura 70), se puede distinguir una zona con valores que oscilan entre los 8 y los 70 cm, compuesta por tres formas semielípticas interpretadas como un conjunto de deslizamientos traslacionales pequeños en grado de desarrollo incipiente-iniciado, que pueden interpretarse como una reactivación parcial de la parte baja del deslizamiento principal.

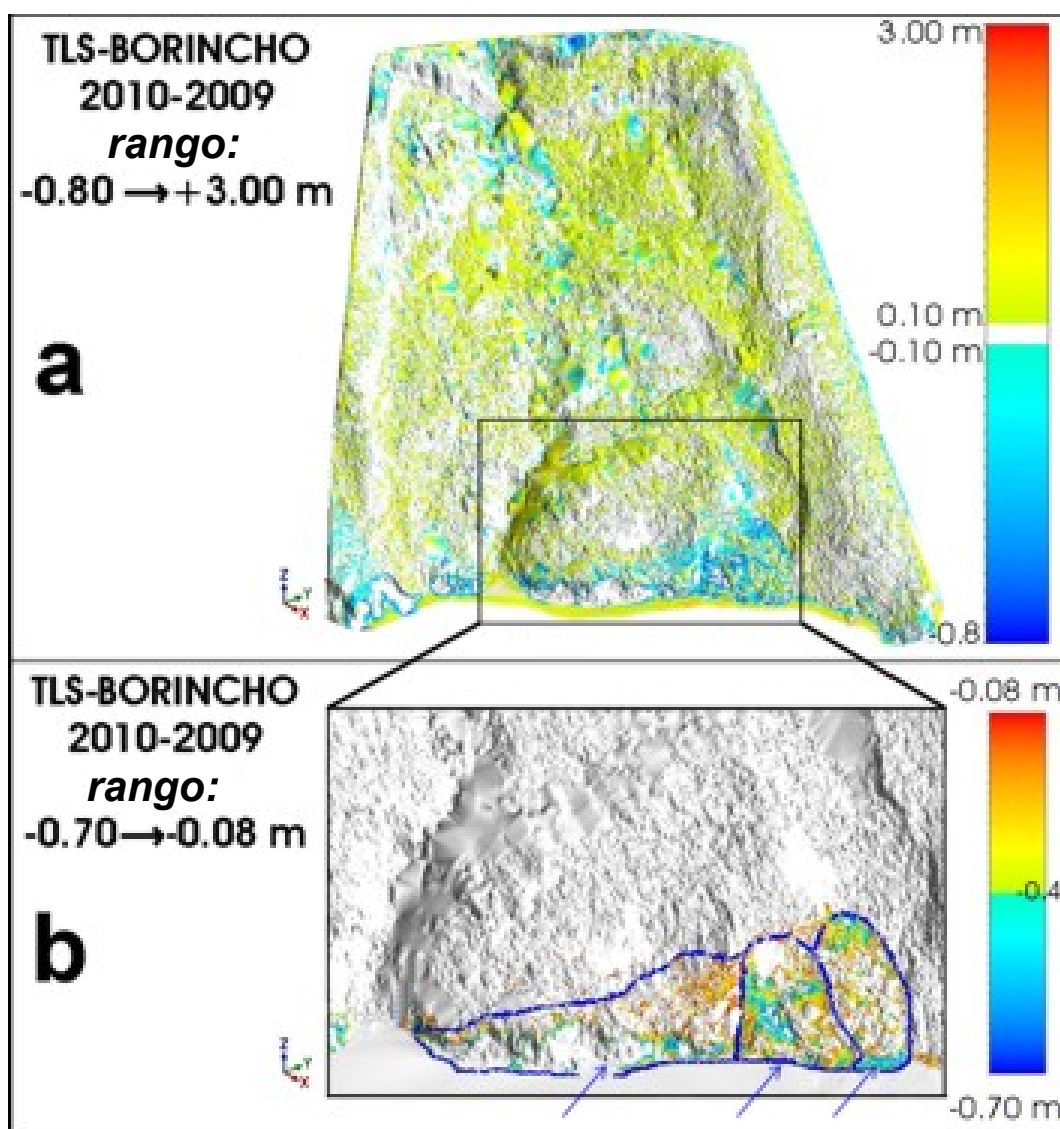


Figura 69 Clasificación de desplazamientos del deslizamiento Borincho para el periodo 03/2009 y 06/2010. *a*: En tonalidad amarillo a rojo los valores positivos (acumulación de material); en tonalidad azul los valores negativos (erosión o hundimiento de material); en blanco el intervalo no clasificado evitando el umbral establecido para el ruido residual. *b*: Detalle de la base del deslizamiento, para valores de desplazamiento comprendidos entre - 8 cm y -70 cm (en tonalidad amarillo a azul para los valores de -40 cm a -8 cm; en tonalidad azul para los valores entre -70 a -40 cm)

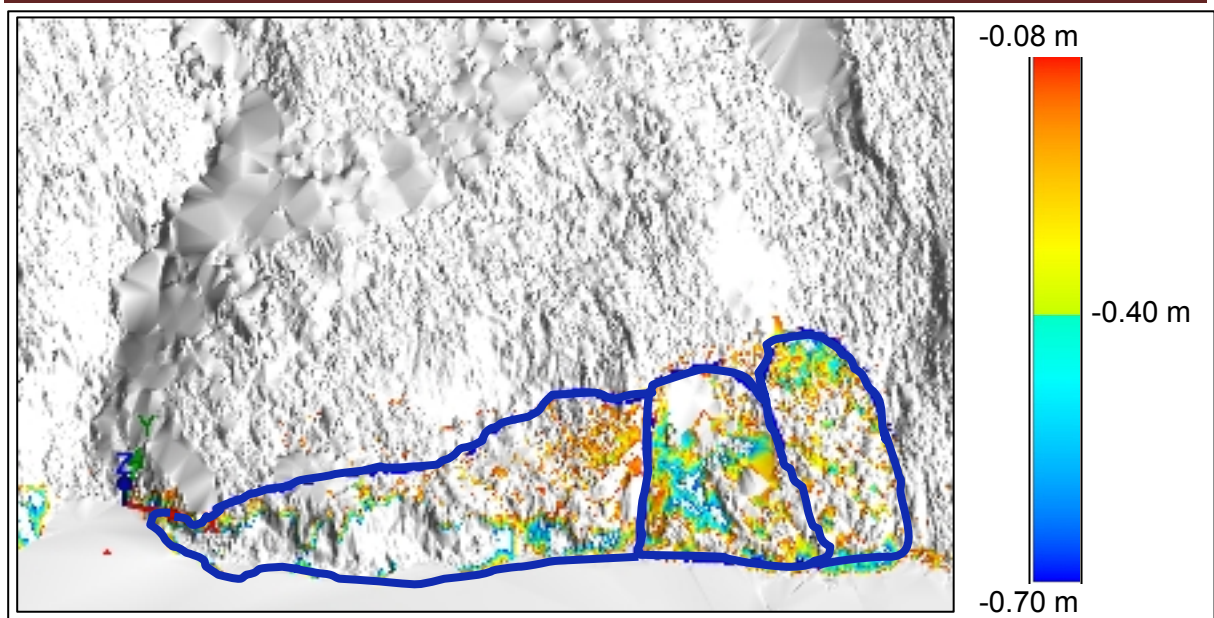


Figura 70 Ampliación de la parte inferior del deslizamiento Borincho, donde se detectan 3 zonas hundidas con valores de desplazamiento comprendidos entre - 8 cm y -70 cm (en tonalidad amarillo a azul para los valores de -40 cm a -8 cm; en tonalidad azul para los valores entre -70 a -40 cm)

Al extraer los perfiles correspondientes a las adquisiciones de 2009 y 2010 (Figura 72) a través de una sección donde se interpretan los mayores cambios (Figura 71), se pueden cuantificar rasgos como el salto total del escarpe superior del deslizamiento secundario detectado, o medir separaciones decimétricas entre ambas superficies en partes concretas de la zona hundida. De este modo, el salto total del hundimiento detectado puede establecerse en 1.43 m según la dirección de la traza I – II (Figura 71 y Figura 72), si bien su componente vertical sería del orden de 1 m. Por otro lado, la separación o hundimiento medido en esta sección, comprende valores de orden decimétrico a lo largo de unos 20 m longitudinales, como se ha determinado en dos localizaciones de la traza I – II (0.35 m y 0.10 m en la Figura 72).

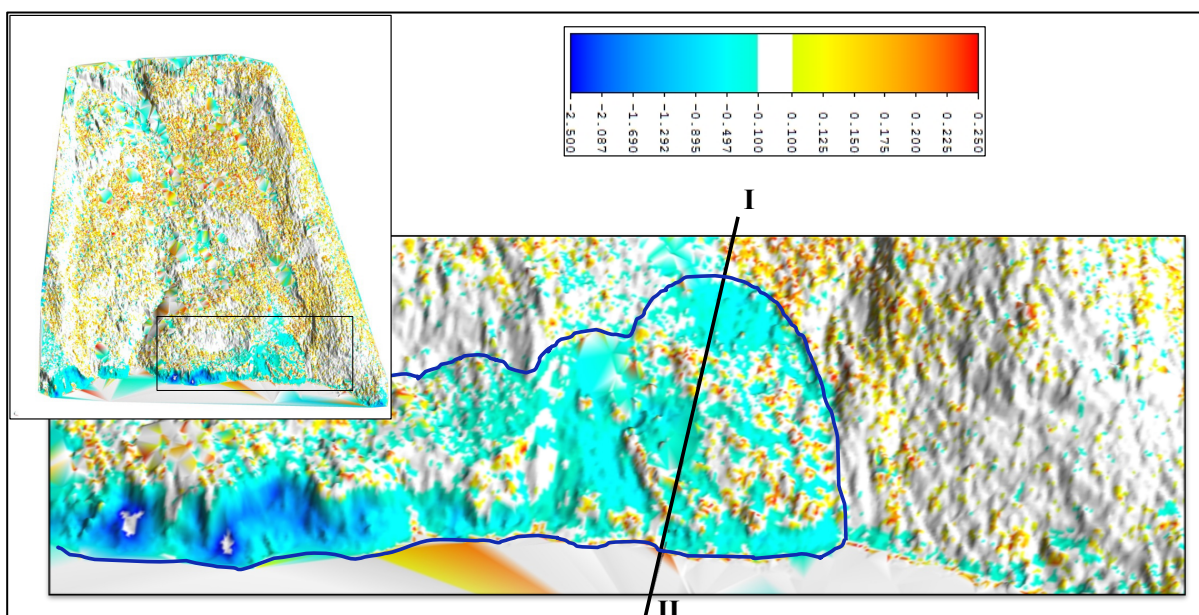


Figura 71 Localización de la traza de los perfiles extraídos a la base del deslizamiento principal de Borincho

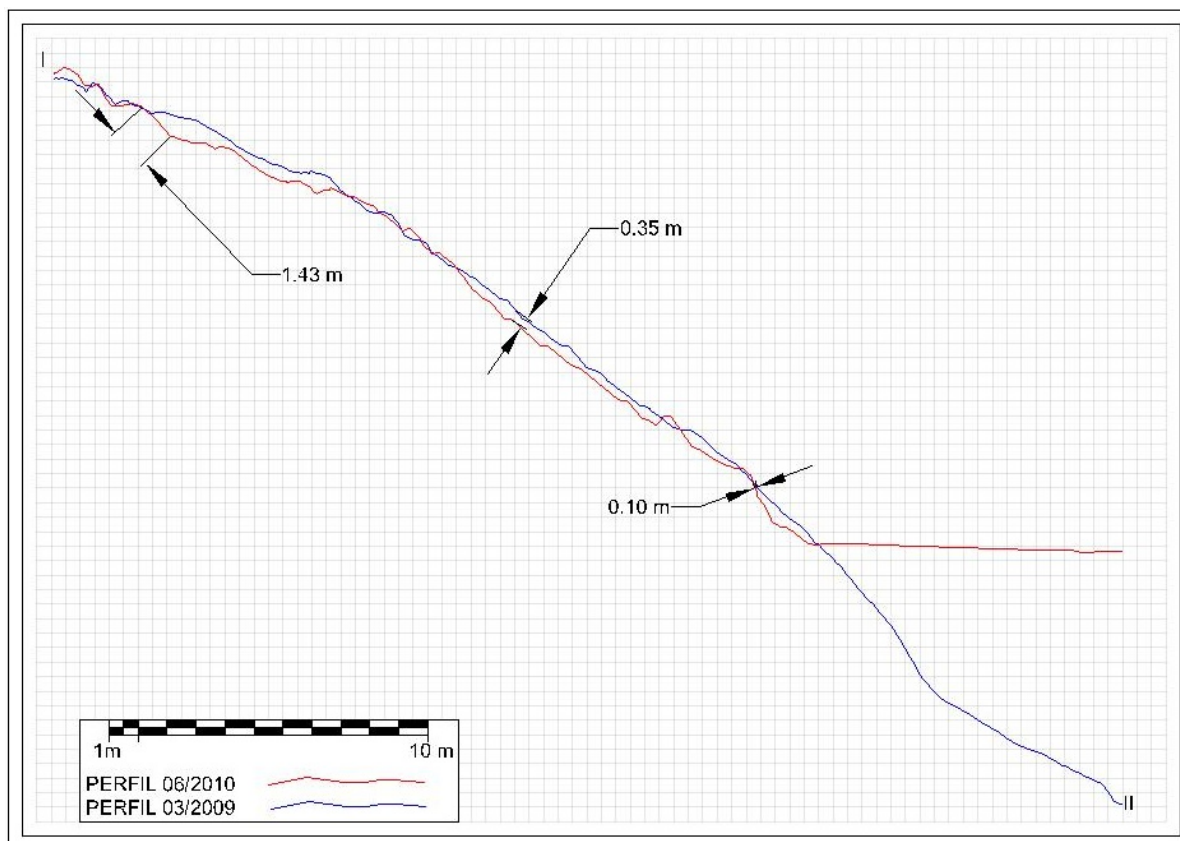


Figura 72 Perfiles de 03/2009 y 06/2010 en la dirección de la traza I – II (ver Figura 71) sobre el deslizamiento Borincho

Periodo 06/2010 - 04/2012

Durante este periodo el hundimiento continúa progresando, y aunque con desplazamientos menores como se presenta en los perfiles de la Figura 74 (salto principal de unos 90 cm y subsidencia menor de 20 cm), se propaga lateralmente a otras partes del pie de la masa movilizada. Por otro lado, el nivel de agua de la cola del Embalse de Rules, la cual terminaba en el año 2010 aproximadamente en el tramo del Río Guadalfeo junto al pie del deslizamiento Borincho (Figura 78b), generó depósitos por la dinámica fluvial que quedan expuestos en 2012 (Figura 78c). Esto se traduce en una banda de tonos amarillos, indicando un pequeño talud con una altura media de algunos decímetros hasta un metro en algunos puntos (Figura 73). En el perfil 2012 y siguientes aparece un error por comisión, que aparece como un ruido al incluir datos innecesarios durante el filtrado. En este caso se trata de los puntos escaneados sobre un árbol (Figura 74). A pesar de ello, basándose en la zona de congruencia observada en la clasificación de diferencias (Figura 73), y visualizando los perfiles de 04 de 2012 y de 06 de 2010 (Figura 74), se continúa observando el hundimiento general al pie del deslizamiento.

Periodo 04/2012 - 11/2012

Según se han acotado los valores de desplazamientos hasta un rango de - 25 cm a 25 cm (Figura 75), para este intervalo no se encuentra evolución alguna del pie del deslizamiento; aunque se debe tener en cuenta que este periodo recorre tan sólo 7 meses, incluyendo la estación estival.

Periodo 11/2012 - 05/2013

En esta etapa de investigación sobre el deslizamiento Borincho, tanto la clasificación de desplazamientos como los perfiles siguen sin mostrar zonas aisladas o diferenciadas del resto en cuanto a rasgos de movimientos en masa. No obstante, un nuevo ascenso del

nivel de agua en contacto con el pie del talud natural provocó la erosión del talud aluvial que se había acumulado en años anteriores (Figura 78d). Este aspecto se observa bien en la franja de tonos azulados al pie del deslizamiento (Figura 76), así como en la parte baja del perfil de 05 de 2013 (Figura 77). De este modo, la zona afectada por hundimientos secundarios en la parte baja del cuerpo del deslizamiento podría considerarse inactiva desde la aparición de las últimas evidencias de desplazamientos tras la adquisición de 04 de 2012.

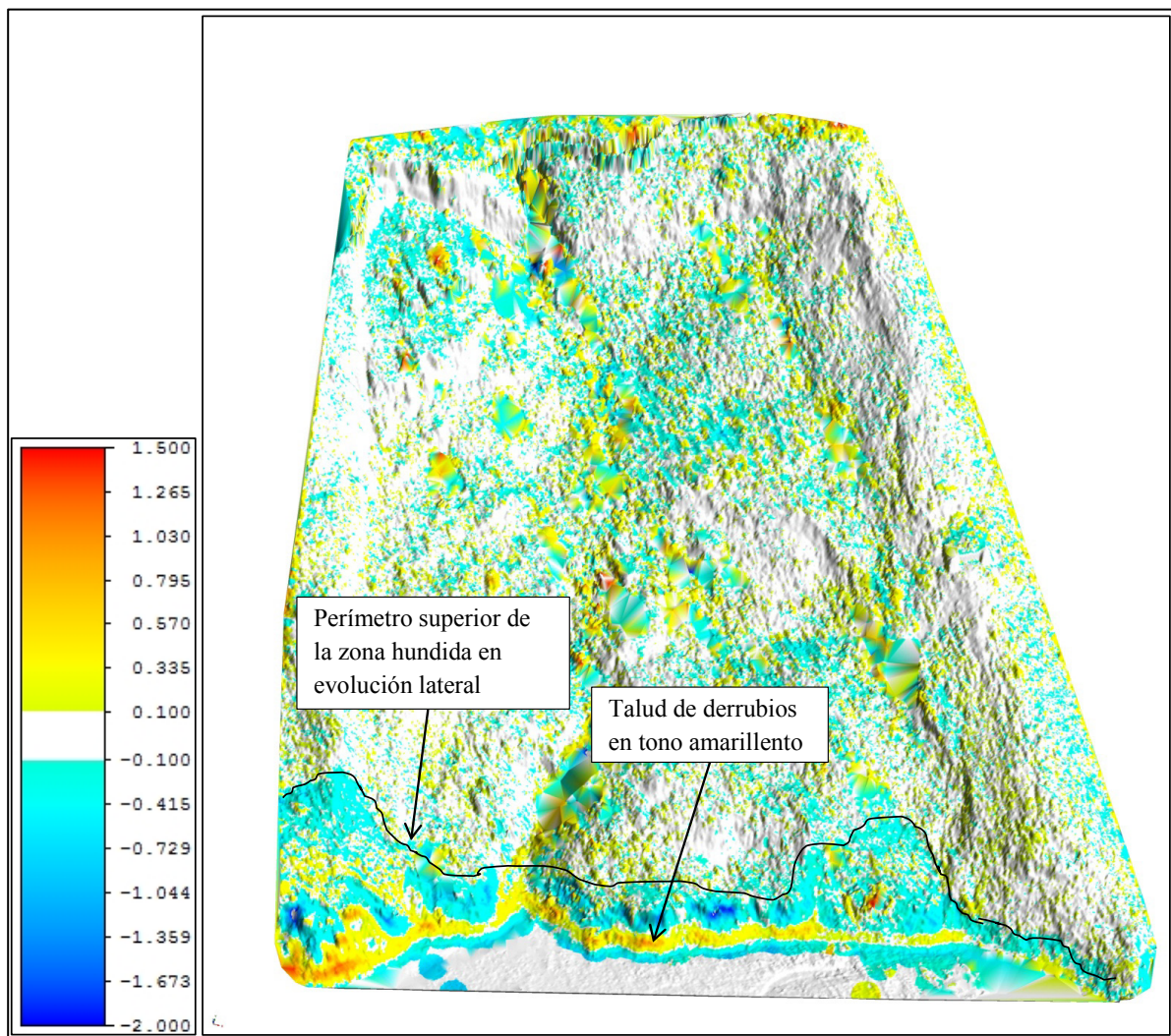


Figura 73 Comparación del modelo de 04/2012 respecto al de 06/2010 para el deslizamiento Borincho

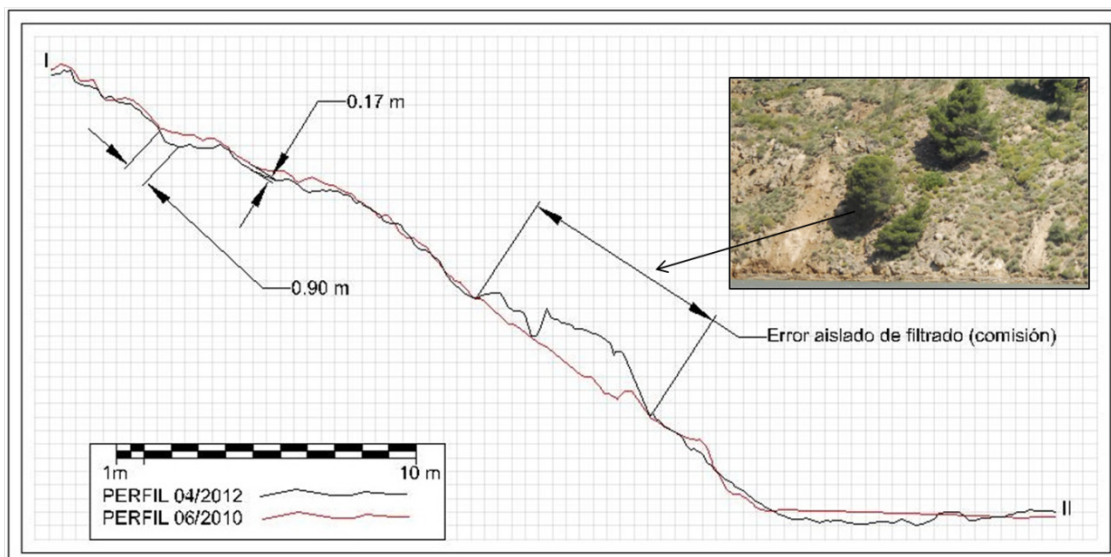


Figura 74 Perfiles de 06/2010 y 04/2012 en la dirección de la traza I – II (ver Figura 71) sobre el deslizamiento Borincho

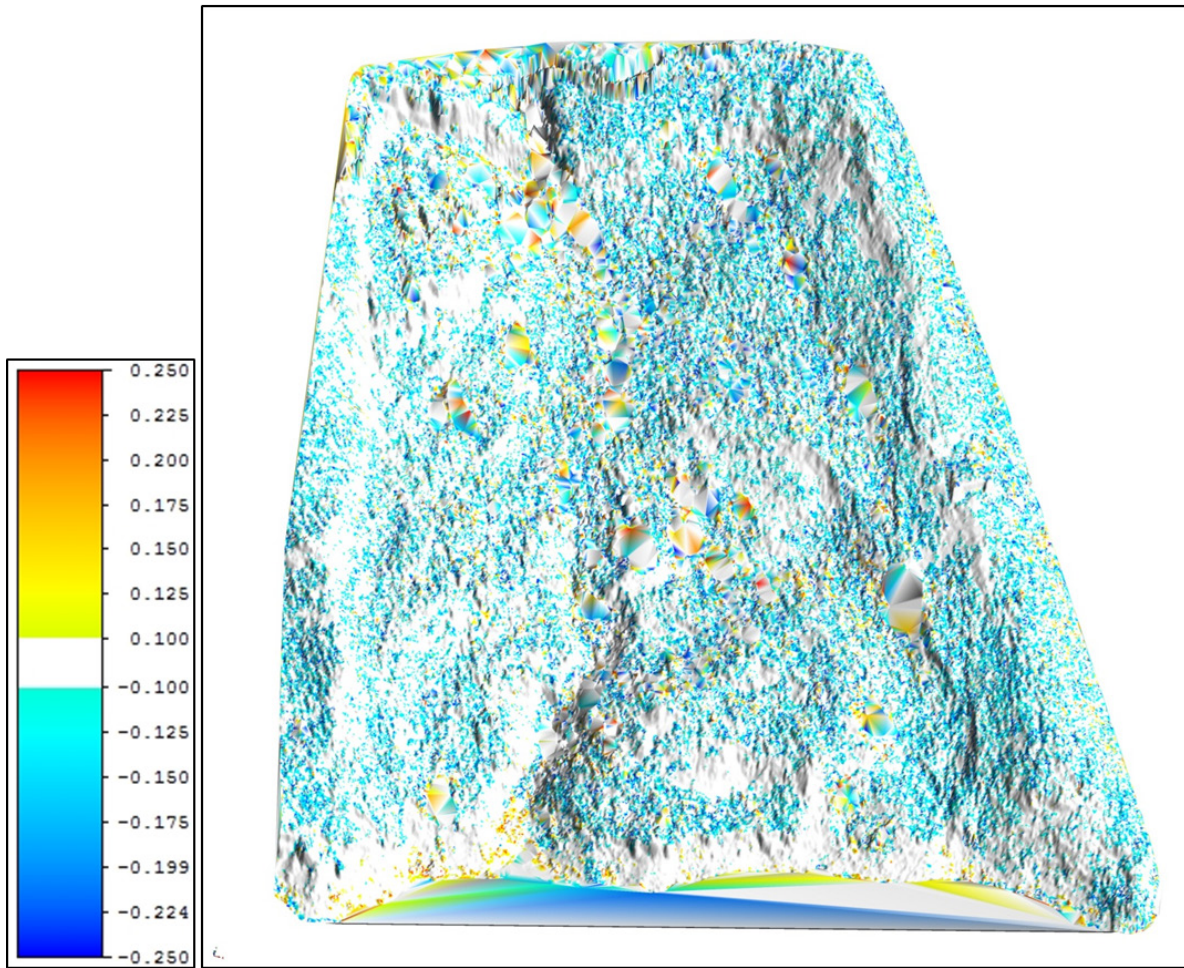


Figura 75 Comparación del modelo de 11/2012 respecto al de 04/2012 para el deslizamiento Borincho

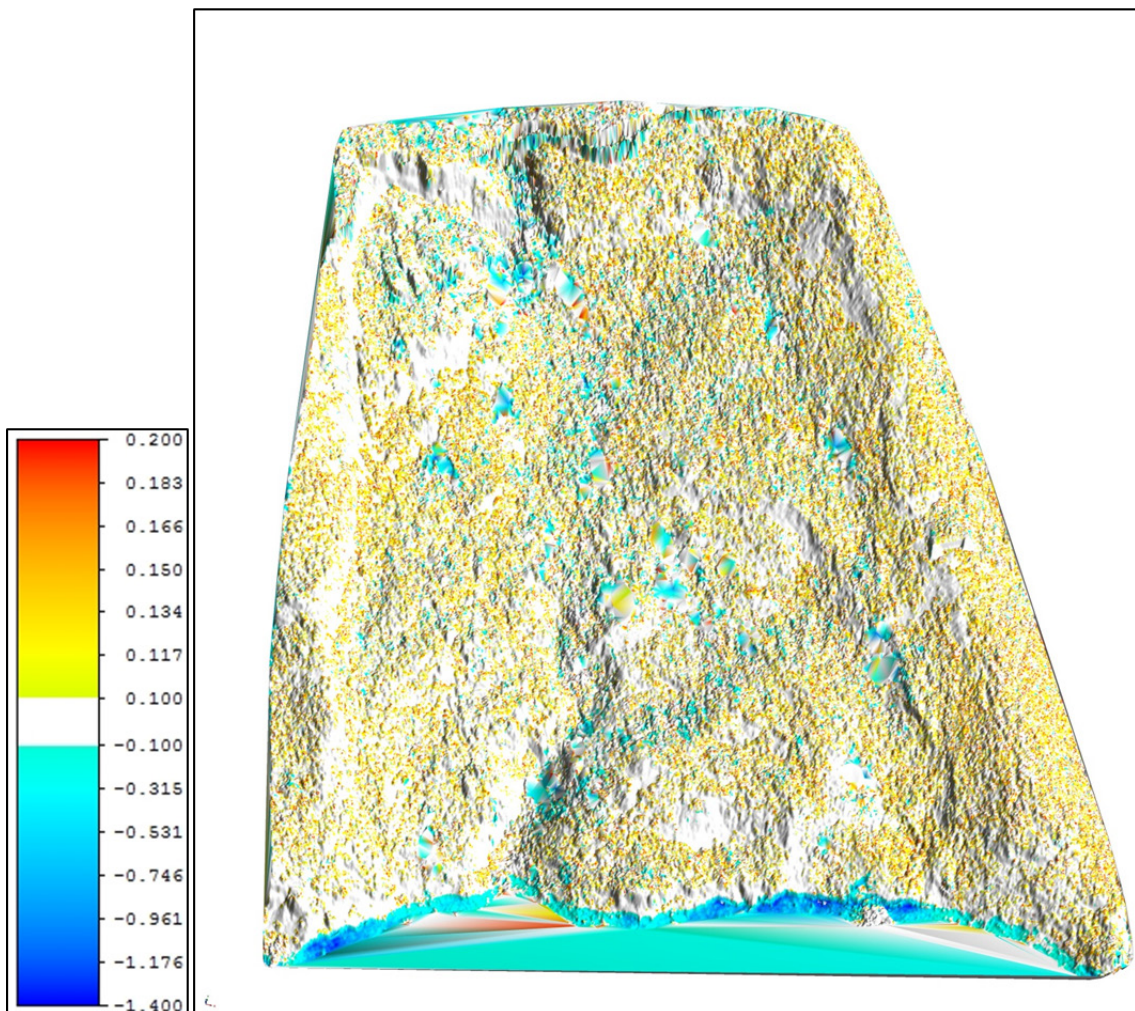


Figura 76 Comparación del modelo de 05/2013 respecto al de 11/2012 para el deslizamiento Borincho

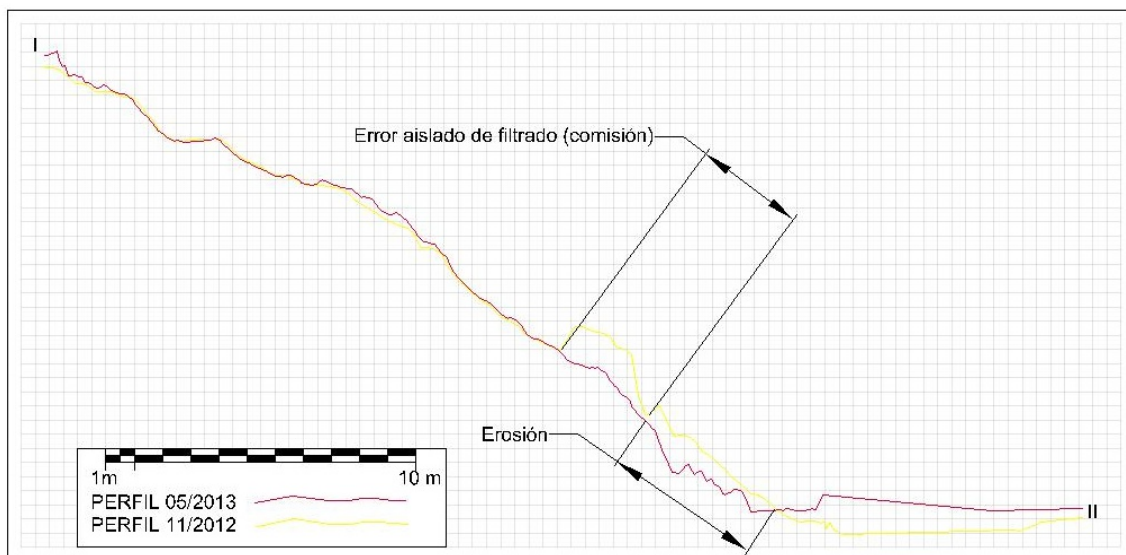


Figura 77 Perfiles de 11/2012 y 05/2013 en la dirección de la traza I – II (ver Figura 71) sobre el deslizamiento Borincho

Sintetizando la actividad detectada en el movimiento de ladera Borincho, este experimentó una reactivación parcial en su parte más baja como consecuencia directa y/o indirecta (socavamiento al pie por la dinámica fluvial) de la precipitación del invierno de 2009-2010. En esta etapa se pudo observar un salto de escarpe de 1.43 m, asociado a una tasa de hundimiento mínima de 1.13 m/a. Durante el siguiente periodo húmedo, esta tasa de hundimiento descendió hasta 0.90 m, con una tasa mínima de 0.49 m/a.

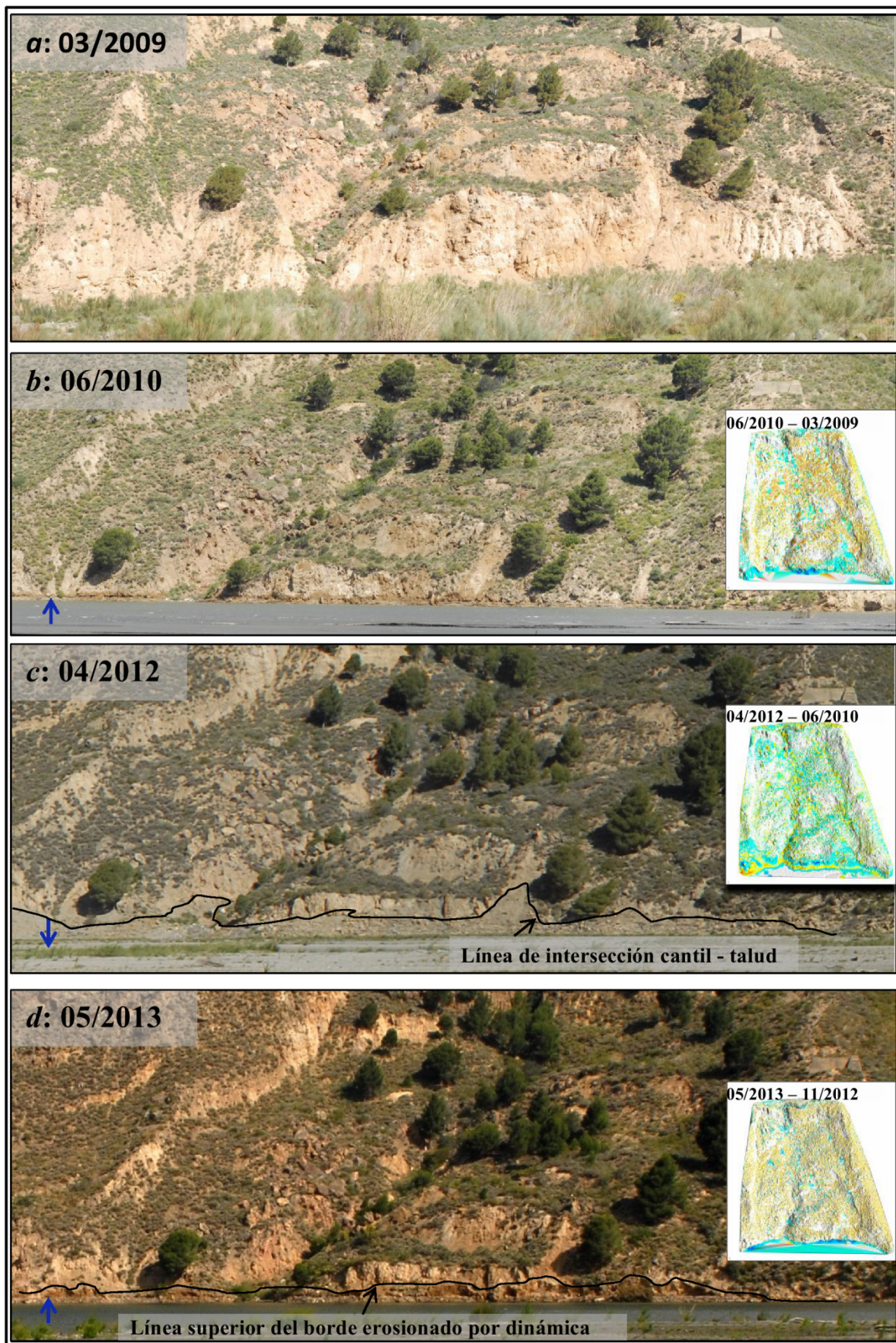


Figura 78 Imágenes panorámicas tomadas frente al deslizamiento Borincho en diferentes fechas de adquisición, junto con las figuras de clasificación de desplazamientos resultantes. El sentido ascendente o descendente del nivel del Río Guadalfeo a su paso por el margen del deslizamiento, se indica mediante flechas azules. La línea de intersección entre el talud que forman los depósitos fluviales en 2012 y el cantil preexistente se indican en c. En d se indica la línea superior de la erosión que afectó al pie del deslizamiento en 2013, especialmente a los materiales depositados en 2012

4.6.2.3 Relación con el factor desencadenante de las lluvias

Los principales factores naturales desencadenantes de movimientos de ladera son los terremotos y las precipitaciones elevadas (Wieczorek 1996; Guzzetti et al. 2005). El umbral inferior de magnitud para que un terremoto pueda generar movimientos de ladera se podría estimar en 4.0 (Vargas 2002) si bien, para producir inestabilidades de consideración se necesitan terremotos grandes ($M_w > 6.0$) (Rodríguez-Peces et al. 2009). El registro sísmico de la zona de estudio, entre 1924 y 2004, presenta más de 1000 terremotos, con una profundidad media de 12.5 km. De los anteriores, únicamente 20 terremotos presentan una magnitud superior a 4.0, y ninguno superior a 5.0 (IAG 2012). Por otra parte, en la zona de estudio no se constata una asociación directa entre terremotos y deslizamientos (Jiménez-Perálvarez 2012). Por tanto, en la zona de estudio no cabe esperar que los terremotos sean un factor desencadenante de movimientos de ladera en la actualidad, al menos de importancia; por lo que las inestabilidades del terreno que se producen en el área están relacionadas con otros fenómenos. Los movimientos de ladera también se generan, frecuentemente, tras un periodo de días o meses de lluvias intensas (Irigaray et al. 2000; Guzzetti et al. 2005).

En este sentido, se han analizado los registros pluviométricos existentes para las estaciones meteorológicas de Torvizcón (183 en la Figura 55) y Órgiva (141 en la Figura 67), próximas a los deslizamientos de Almegíjar y Borincho, respectivamente. Si bien la fecha de iniciación exacta para las reactivaciones de ambos se desconoce, se han podido observar algunas relaciones importantes entre la lluvia acumulada durante los meses húmedos que caracterizan el clima del área de estudio y los cambios de actividad detectados en dichos deslizamientos, las que se discuten a continuación:

- *Deslizamiento Almegíjar*: la precipitación media acumulada para los meses húmedos de octubre a marzo es de 424.2 mm, según el registro analizado desde el año 1945 a 2014. Dentro de este intervalo, el máximo se alcanza para la media del mes de diciembre (93.4 mm) (Tabla 20). Sin embargo, para el primer periodo de la reactivación, 2009 – 2010 (ver paso 1. en la Figura 81 y Figura 82), se puede observar que tanto los valores mensuales como la lluvia acumulada se desvían en más del doble respecto a los valores medios (Tabla 20 y Figura 79). Pero si se restringe aún más el periodo a los meses más lluviosos de diciembre a marzo, este incremento alcanza valores superiores al triple (incluso 403.6 % en diciembre) de la precipitación media acumulada en años hidrológicos típicos (Tabla 21).

No obstante, tras el periodo estival de 2010, se confirma que el movimiento sigue activo o se ha acelerado de nuevo (ver paso 2. en la Figura 81 y Figura 82). Bajo ambos supuestos, la lluvia recogida durante los mismos periodos mensuales entre el 2010 y el 2011 sigue siendo elevada, con un valor de 497 mm. En este caso, se destaca el primer valor mensual de 284 mm (300 % respecto el valor medio) en el mes de diciembre (Tabla 21), tras el cual la curva de lluvia acumulada apenas cambia (Figura 79); seguido por 102 mm en marzo de 2011. Por otro lado, la precipitación acumulada para el periodo diciembre de 2010 a marzo de 2011 supone el 172.4% respecto al valor medio para el registro pluviométrico. Y si se considera el incremento medio de lluvia acumulada para los 4 meses consecutivos (497 mm), se obtendría el gradiente (o intensidad mensual) de 124.3 mm/mes.

Durante el intervalo de monitorización 6/2011 - 4/2012 los desplazamientos apreciados fueron significativamente menores que en los periodos anteriores; lo que se interpreta como una recesión en la que el factor desencadenante de la lluvia acumulada media

de diciembre a marzo (19.8% en Tabla 21) no ejercería influencia alguna sobre el movimiento Almegíjar (ver paso 3. en la Figura 81 y Figura 82). Sin embargo, aunque muy cercanos al umbral de incertidumbre relativa de los modelos del terreno comparados (10 cm), los valores mínimos de desplazamientos encontrados para el periodo 2012 – 2013, podrían deberse a una nueva aceleración (ver paso 4. en la Figura 81 y Figura 82). Esto significaría que los *200,2 mm (69.5 % respecto al valor medio)* registrados para los meses de diciembre a marzo podrían haber afectado nuevamente a la masa movilizada.

De igual modo que no se puede precisar a partir de que umbral o relación duración-precipitación acumulada (intensidad media), no es trivial la asignación de un periodo de recurrencia; aun menos cuando la lluvia acumulada alcanzó un máximo histórico (una vez en 69 años) para el periodo 2009-2010 en esta estación, superando el anterior record de 12/1995 a 03/1996 (Figura 81). En cualquier caso, considerando el mes más lluvioso del último periodo en el que podría haberse reactivado el movimiento (2012 – 2013), con menor precipitación acumulada (200.2 mm), puede establecerse un intervalo de recurrencia medio de *1.6 años* (Figura 82). No obstante, la proximidad de los desplazamientos al umbral de incertidumbre de la metodología, así como la posible saturación que podría permanecer en las capas más profundas del terreno desde periodos anteriores de este ciclo húmedo hace difícil definir un único factor en la reactivación probable del deslizamiento. Debido a estas suposiciones el siguiente valor que a tener en cuenta sería el del mes más lluviosos asociado con el penúltimo intervalo de actividad del movimiento (2010 – 2011). En este caso intermedio, la lluvia acumulada durante el mes de diciembre presentó un valor atípico de 284 mm (Tabla 21); para el cual se asocia un periodo de retorno de 10 años. Si a este valor se le aplica un coeficiente de seguridad mínimo del 25%, el periodo de retorno se establecería en *7.5 años*. Este último correspondiente a una precipitación mensual de 269.7 mm (Figura 80).

Intervalo anual	Precipitación. Est. 183 Deslizamiento Almegíjar	oct	nov	dic	ene	feb	mar
		Todos desde 1945 a 2014	Media mensual (mm)	59,5	76,5	93,4	70,6
	Media acumulada (mm)	59,5	136,0	229,4	300,0	363,4	424,2
2008 - 2009	Mensual (mm)	104,0	65,0	87,0	48,0	138,0	43,0
	Acumulada (mm)	104,0	169,0	256,0	304,0	442,0	485,0
	Acumulada respecto a la media (%)	174,8	124,3	111,6	101,3	121,6	114,3
2009 - 2010	Mensual (mm)	27,0	17,5	377,0	205,0	273,5	155,0
	Acumulada (mm)	27,0	44,5	421,5	626,5	900,0	1055,0
	Acumulada respecto a la media (%)	45,4	32,7	183,7	208,8	247,7	248,7
2010 - 2011	Mensual (mm)	38,0	109,0	284,0	65,0	46,0	102,0
	Acumulada (mm)	38,0	147,0	431,0	496,0	542,0	644,0
	Acumulada respecto a la media (%)	63,9	108,1	187,9	165,3	149,2	151,8
2011 - 2012	Mensual (mm)	39,9	150,6	0,7	20,0	5,8	30,5
	Acumulada (mm)	39,9	190,5	191,2	211,2	217,0	247,5
	Acumulada respecto a la media (%)	67,0	140,1	83,3	70,4	59,7	58,3
2012 - 2013	Mensual (mm)	105,7	86,7	5,9	44,4	40,0	109,9
	Acumulada (mm)	105,7	192,4	198,3	242,7	282,7	392,6
	Acumulada respecto a la media (%)	177,6	141,5	86,4	80,9	77,8	92,5

Tabla 20 Precipitación mensual y acumulada para los periodos octubre-marzo, considerando los diferentes intervalos anuales desde 1945 a 2014; y valores de precipitación mensual, acumulada y porcentaje de lluvia acumulada respecto a la media para el registro total, asociados a cada intervalo anual desde 2008 a 2013. Los valores se refieren a la estación N° 183 próxima al deslizamiento Almegíjar. En rojo y negrita se resalta la lluvia acumulada crítica relacionada con los periodos de actividad en el movimiento de ladera, y en negrita la lluvia acumulada media

Intervalo anual	Precipitación. Est. 183 Deslizamiento Almegíjar	dic	ene	feb	mar
		Todos desde 1945 a 2014	Media mensual (mm)	93,4	70,6
	Media acumulada (mm)	93,4	164,0	227,3	288,2
2008 - 2009	Mensual (mm)	87,0	48,0	138,0	43,0
	Acumulada (mm)	87,0	135,0	273,0	316,0
	Acumulada respecto a la media (%)	93,1	82,3	120,1	109,6
2009 - 2010	Mensual (mm)	377,0	205,0	273,5	155,0
	Acumulada (mm)	377,0	582,0	855,5	1010,5
	Acumulada respecto a la media (%)	403,6	354,9	376,3	350,6
2010 - 2011	Mensual (mm)	284,0	65,0	46,0	102,0
	Acumulada (mm)	284,0	349,0	395,0	497,0
	Acumulada respecto a la media (%)	304,0	212,8	173,7	172,4
2011 - 2012	Mensual (mm)	0,7	20,0	5,8	30,5
	Acumulada (mm)	0,7	20,7	26,5	57,0
	Acumulada respecto a la media (%)	0,7	12,6	11,7	19,8
2012 - 2013	Mensual (mm)	5,9	44,4	40,0	109,9
	Acumulada (mm)	5,9	50,3	90,3	200,2
	Acumulada respecto a la media (%)	6,3	30,7	39,7	69,5

Tabla 21 Precipitación mensual y acumulada para los periodos diciembre-marzo, considerando los diferentes intervalos anuales desde 1945 a 2014; y valores de precipitación mensual, acumulada y porcentaje de lluvia acumulada respecto a la media para el registro total, asociados a cada intervalo anual desde 2008 a 2013. Los valores se refieren a la estación N° 183 próxima al deslizamiento Almegíjar. En rojo y negrita se resalta la lluvia acumulada crítica relacionada con los periodos de actividad en el movimiento de ladera, y en negrita la lluvia acumulada media

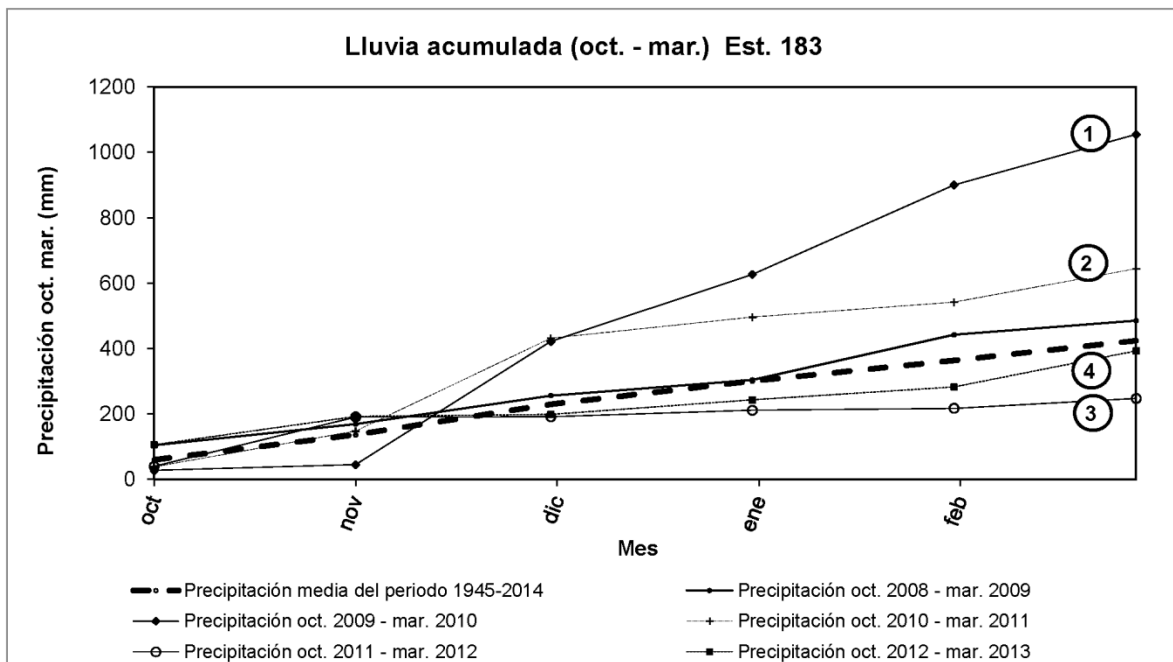


Figura 79 Representación de la precipitación acumulada media para los meses de octubre a diciembre, considerando el intervalo anual 1945 – 2014 del registro hidrológico de la estación pluviométrica 183, cercana al movimiento Almegíjar; y representación de la precipitación acumulada durante el mismo periodo mensual para los intervalos anuales de 2008 a 2013. Los números corresponden a las etapas de la actividad del movimiento etiquetadas con igual numeración en la Figura 82 y la Figura 84

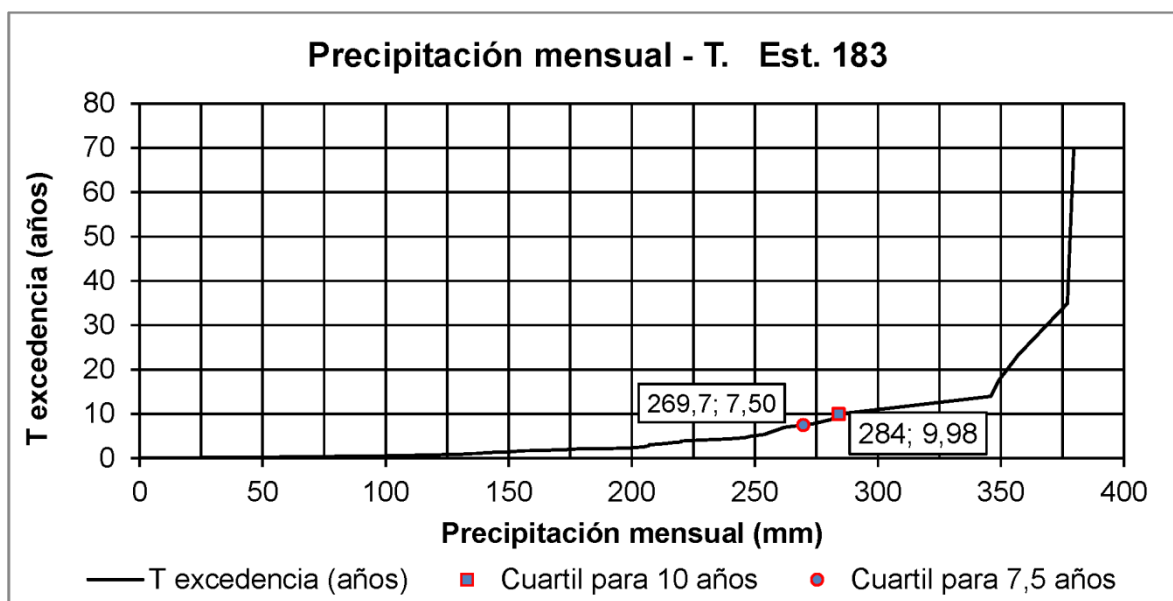


Figura 80 Indicación de los cuartiles de precipitación mensual para un periodo de retorno observado de 10 años, y para el mismo periodo con un coeficiente de seguridad del 25% (7.5 años); ambos correspondientes a la estación pluviométrica 183, cercana al deslizamiento Almegíjar

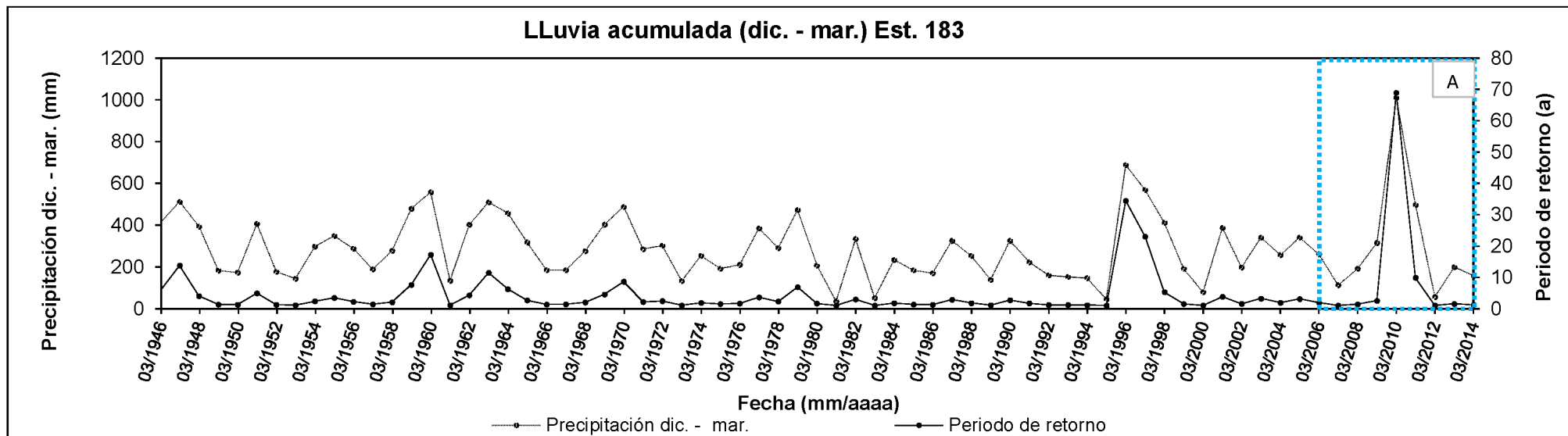


Figura 81 Representación de la lluvia acumulada de diciembre a marzo y periodo de retorno asociado para los diferentes años hidrológicos del registro de la estación pluviométrica 183, cercana al movimiento Almegijar

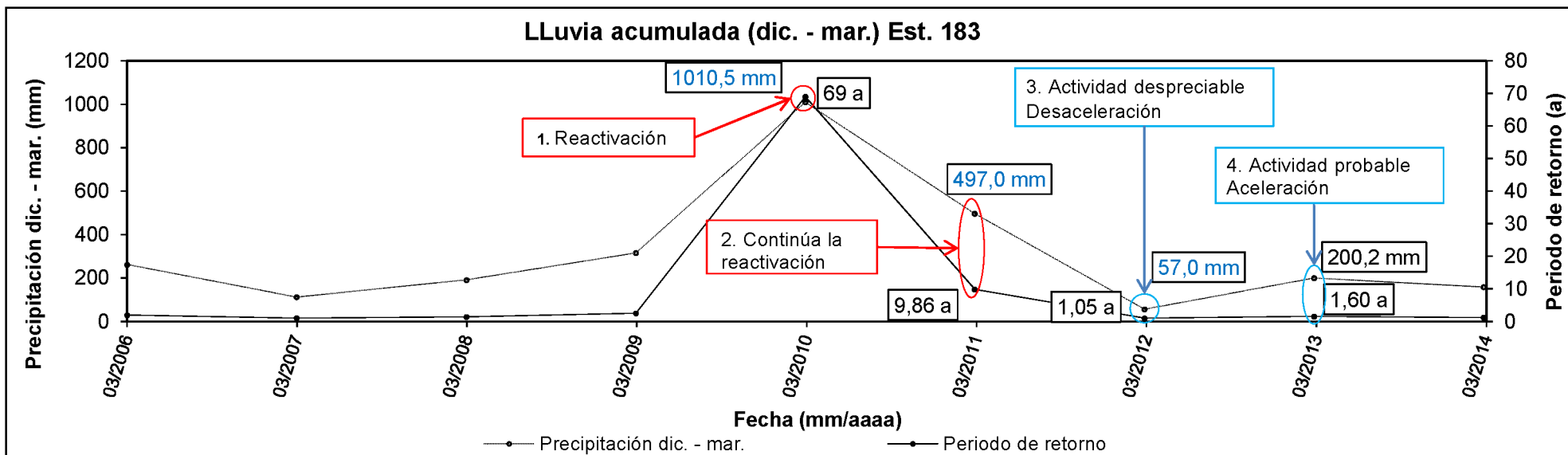


Figura 82 Ampliación del recuadro A de la Figura 81. Los datos para los periodos en lo que se detectaron cambios importantes en la actividad de dicho movimiento aparecen etiquetados

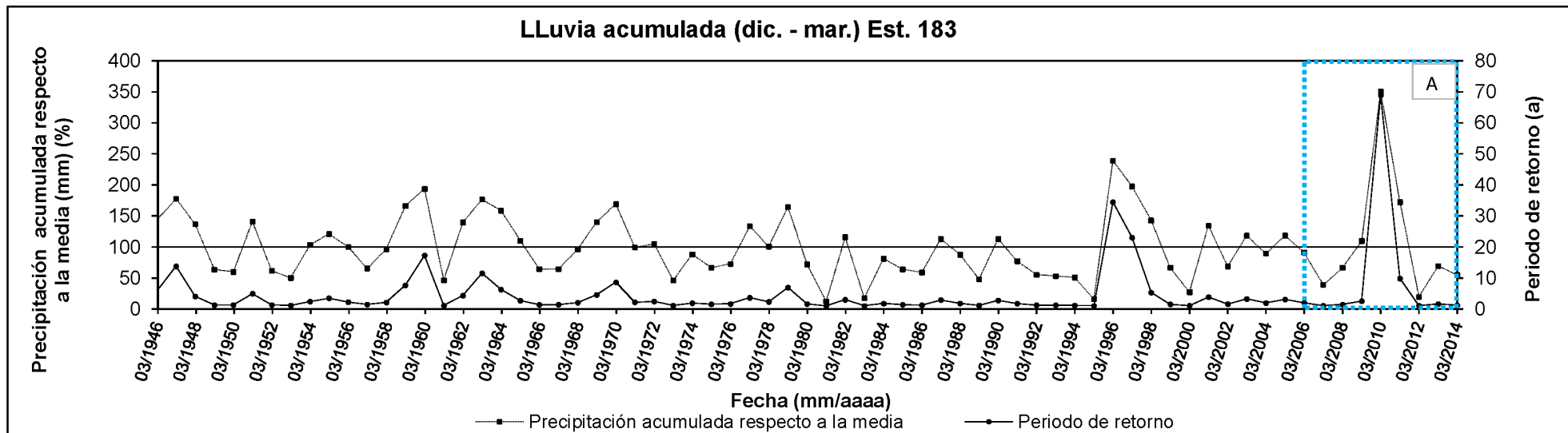


Figura 83 Representación del porcentaje respecto a la media de la lluvia acumulada de diciembre a marzo, y periodo de retorno asociado para los diferentes años hidrológicos del registro de la estación pluviométrica 183, cercana al movimiento Almegijar

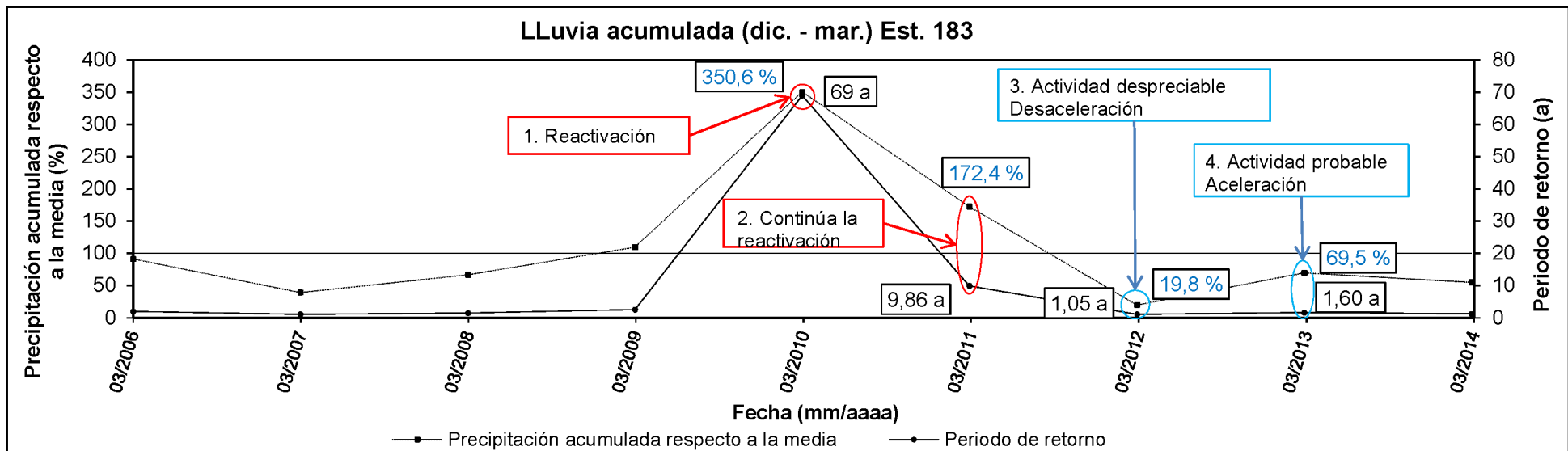


Figura 84 Ampliación del recuadro A de la Figura 83. Los datos para los periodos en lo que se detectaron cambios importantes en la actividad de dicho movimiento aparecen etiquetados

- *Deslizamiento Borincho*: la precipitación media anual para el sector es de 456.5 mm, según el registro analizado desde el año 1945 a 2013. Como en el caso del deslizamiento Almegíjar, dentro de este intervalo, el máximo se alcanza para la media del mes de diciembre (78.8 mm) (Tabla 22). Este deslizamiento también fue parcialmente reactivado durante el periodo 2009 – 2010 (ver paso 1. en la Figura 85 y Figura 88), observándose la desviación de la precipitación mensual y de la lluvia acumulada incluso en más del doble respecto a los valores medios (Tabla 22 y Figura 85). Cuando se restringe el periodo a los meses más lluviosos de diciembre a marzo, este incremento alcanza valores alrededor del triple de la precipitación media acumulada en años hidrológicos típicos (Tabla 23), a excepción del máximo registrado en el mes de diciembre (376.7 % respecto al valor medio).

Para el periodo 2010 – 2011 no se tienen datos de la monitorización, como consecuencia de las deficiencias detectadas en las características del escáner; pero con la siguiente adquisición (04/2012) se confirmó la continuación de los desplazamientos (ver paso 2. en la Figura 85 y Figura 88). En relación con los resultados del análisis de datos pluviométricos, probablemente, esta actividad también se deba a la lluvia acumulada en el invierno de 2010 – 2011. En este periodo, el mes de diciembre vuelve a presentar el mayor valor, 256.4 mm (325.3 % respecto el valor medio) (Tabla 23), tras el cual la curva de lluvia acumulada apenas cambia (Figura 85). Por otro lado, la precipitación acumulada para el periodo diciembre de 2010 a marzo de 2011 supone el 168.8% respecto al valor medio para el registro pluviométrico. Y si se considera el incremento medio de lluvia acumulada para los 4 meses consecutivos (412.1 mm), se obtendría el gradiente (o intensidad mensual) de *103.0 mm/mes*.

Como se explica en las secciones 4.6.1 y 4.6.2.2, en las etapas siguientes no se apreciaron indicios que justifiquen la continuación de los desplazamientos al pie del deslizamiento Borincho. Esto significaría que los *230.8 mm (94.5 % respecto al valor medio)* registrados durante el periodo diciembre de 2012 a marzo de 2013, en este caso, no llegaron a afectar a la masa movilizada, volviendo a entrar el movimiento en nuevo episodio de inactividad.

De lo anterior, teniendo en cuenta el mes con el valor atípico de lluvia acumulada relativamente más bajo para los periodos evaluados, correspondiente a diciembre de 2010 (256.4 mm en Tabla 23), resultaría un periodo de recurrencia medio de *8.5 años*; menor que para el conjunto de los meses diciembre de 2010 a marzo de 2011 (11.2 años) (Figura 88). Sin otra información, aplicando un coeficiente de seguridad mínimo del 25%, este valor preliminar se establece en *6.4 años*. Este último correspondiente a una precipitación mensual de 235.9 mm (Figura 86).

Intervalo anual	Precipitación. Est. 141 Deslizamiento Borincho	oct	nov	dic	ene	feb	mar
		Todos desde 1945 a 2013	Media mensual (mm)	50,1	65,0	78,8	65,8
	Media acumulada (mm)	50,1	115,2	194,0	259,8	311,5	359,4
2008 - 2009	Mensual (mm)	85,6	82,9	48,8	34,7	113,6	46,7
	Acumulada (mm)	85,6	168,5	217,3	252,0	365,6	412,3
	Acumulada respecto a la media (%)	170,7	146,3	112,0	97,0	117,4	114,7
2009 - 2010	Mensual (mm)	20,4	18,0	296,9	125,6	177,2	143,6
	Acumulada (mm)	20,4	38,4	335,3	460,9	638,1	781,7
	Acumulada respecto a la media (%)	40,7	33,3	172,8	177,4	204,9	217,5
2010 - 2011	Mensual (mm)	52,3	66,7	256,4	43,3	42,3	70,1
	Acumulada (mm)	52,3	119,0	375,4	418,7	461,0	531,1
	Acumulada respecto a la media (%)	104,3	103,3	193,5	161,1	148,0	147,8
2011 - 2012	Mensual (mm)	36,7	92,8	0,4	18,7	9,3	23,6
	Acumulada (mm)	36,7	129,5	129,9	148,6	157,9	181,5
	Acumulada respecto a la media (%)	73,2	112,4	67,0	57,2	50,7	50,5
2012 - 2013	Mensual (mm)	97,1	109,3	11,0	78,0	33,7	108,1
	Acumulada (mm)	97,1	206,4	217,4	295,4	329,1	437,2
	Acumulada respecto a la media (%)	193,6	179,2	112,1	113,7	105,7	121,7

Tabla 22 Precipitación mensual y acumulada para los periodos octubre-marzo, considerando los diferentes intervalos anuales desde 1945 a 2013; y valores de precipitación mensual, acumulada y porcentaje de lluvia acumulada respecto a la media para el registro total, asociados a cada intervalo anual desde 2008 a 2013. Los valores se refieren a la estación N° 141 próxima al deslizamiento Borincho. En rojo y negrita se resalta la lluvia acumulada crítica relacionada con los periodos de actividad en el movimiento de ladera, y en negrita la lluvia acumulada media

Intervalo anual	Precipitación. Est. 141 Deslizamiento Borincho	dic	ene	feb	mar
		Todos desde 1945 a 2013	Media mensual (mm)	78,8	65,8
	Media acumulada (mm)	78,8	144,7	196,3	244,2
2008 - 2009	Mensual (mm)	48,8	34,7	113,6	46,7
	Acumulada (mm)	48,8	83,5	197,1	243,8
	Acumulada respecto a la media (%)	61,9	57,7	100,4	99,8
2009 - 2010	Mensual (mm)	296,9	125,6	177,2	143,6
	Acumulada (mm)	296,9	422,5	599,7	743,3
	Acumulada respecto a la media (%)	376,7	292,1	305,5	304,4
2010 - 2011	Mensual (mm)	256,4	43,3	42,3	70,1
	Acumulada (mm)	256,4	299,7	342,0	412,1
	Acumulada respecto a la media (%)	325,3	207,2	174,2	168,8
2011 - 2012	Mensual (mm)	0,4	18,7	9,3	23,6
	Acumulada (mm)	0,4	19,1	28,4	52,0
	Acumulada respecto a la media (%)	0,5	13,2	14,5	21,3
2012 - 2013	Mensual (mm)	11,0	78,0	33,7	108,1
	Acumulada (mm)	11,0	89,0	122,7	230,8
	Acumulada respecto a la media (%)	14,0	61,5	62,5	94,5

Tabla 23 Precipitación mensual y acumulada para los periodos diciembre-marzo, considerando los diferentes intervalos anuales desde 1945 a 2013; y valores de precipitación mensual, acumulada y porcentaje de lluvia acumulada respecto a la media para el registro total, asociados a cada intervalo anual desde 2008 a 2013. Los valores se refieren a la estación N° 141 próxima al deslizamiento Borincho. En rojo y negrita se resalta la lluvia acumulada crítica relacionada con los periodos de actividad en el movimiento de ladera, y en negrita la lluvia acumulada media

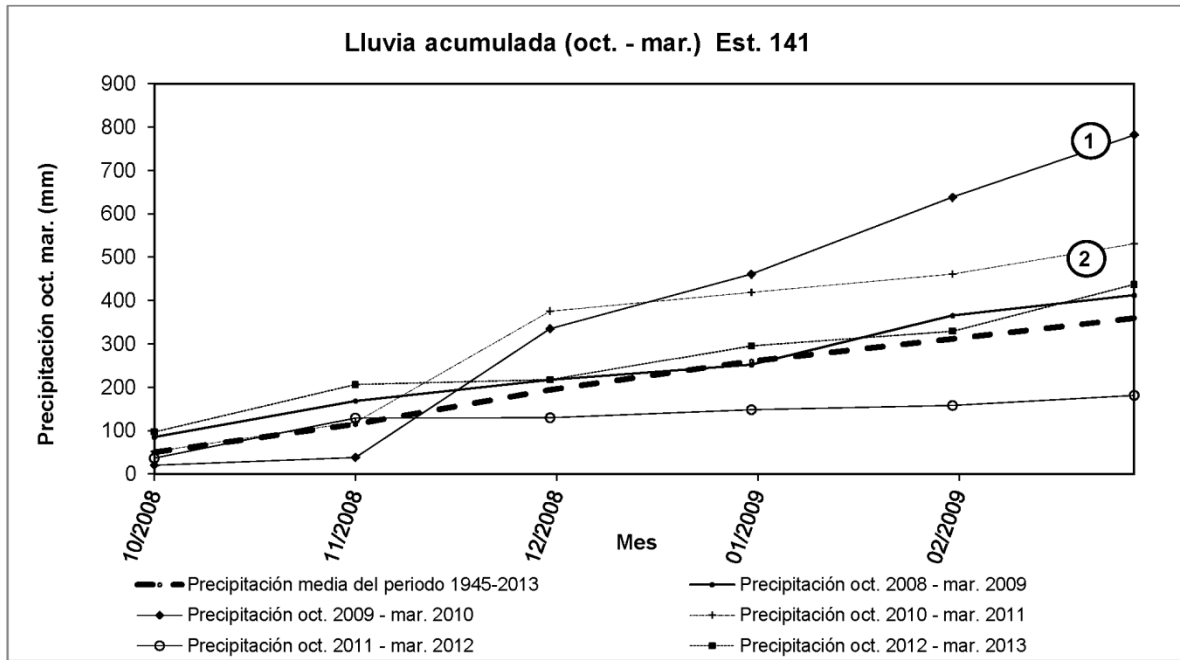


Figura 85 Representación de la precipitación acumulada media para los meses de octubre a diciembre, considerando el intervalo anual 1945 – 2013 del registro hidrológico de la estación pluviométrica 141, cercana al movimiento Borincho; y representación de la precipitación acumulada durante el mismo periodo mensual para los intervalos anuales de 2008 a 2013. Los números 1 y 2 corresponden a periodos comprendidos dentro de las etapas b (2009 a 2010) y c (2010 a 2012) de la Figura 78

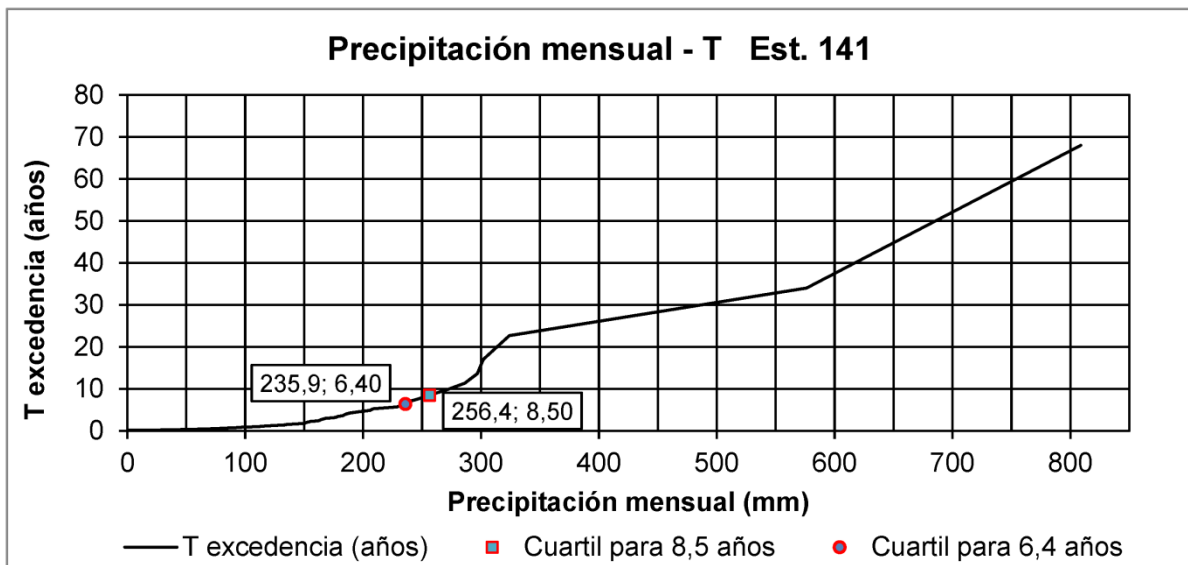


Figura 86 Indicación de los cuartiles de precipitación mensual para un periodo de retorno observado de 8.5 años, y para el mismo periodo con un coeficiente de seguridad del 25% (6.4 años); ambos correspondientes a la estación pluviométrica 141, cercana al deslizamiento Borincho

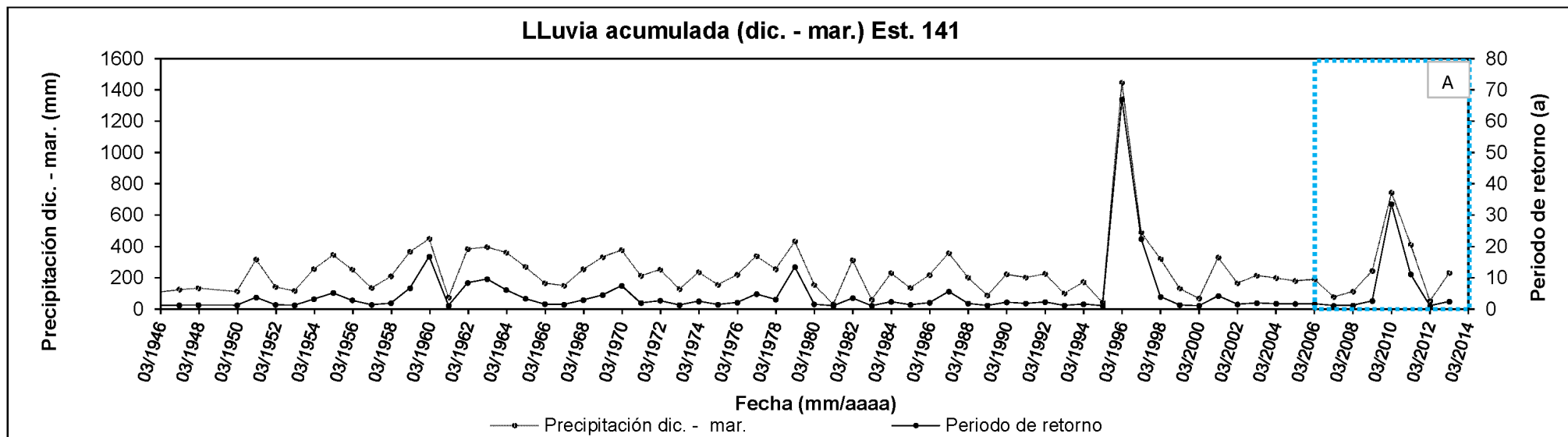


Figura 87 Representación de la lluvia acumulada de diciembre a marzo y periodo de retorno asociado para los diferentes años hidrológicos del registro de la estación pluviométrica 141, cercana al movimiento Borincho

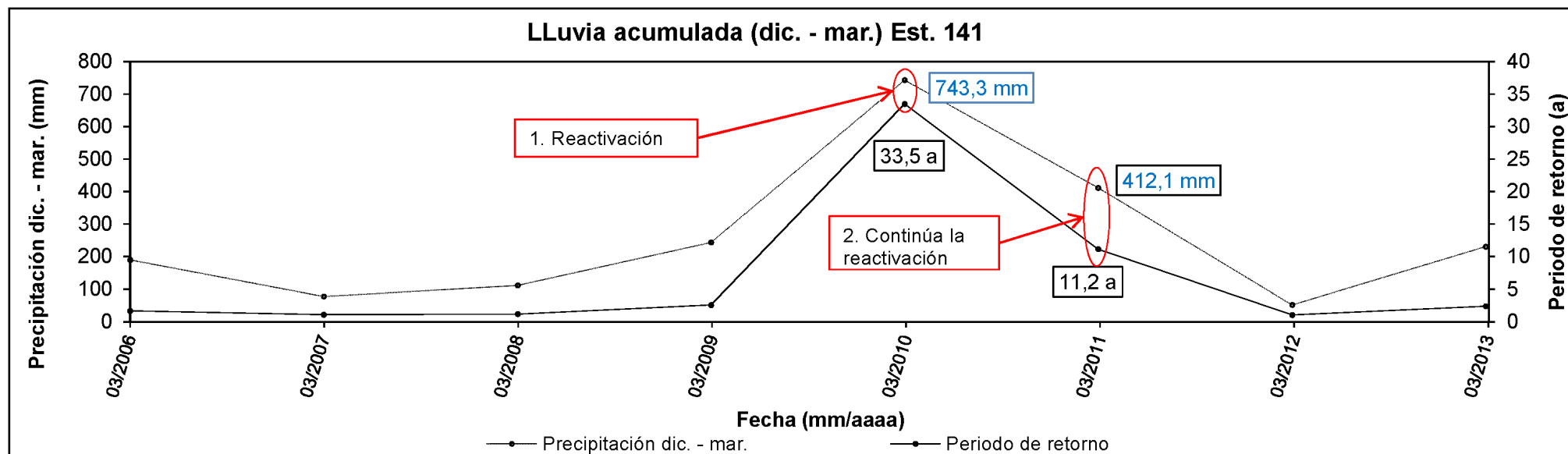


Figura 88 Ampliación del recuadro A de la Figura 87. Los datos para los periodos en lo que se detectaron cambios importantes en la actividad de dicho movimiento aparecen etiquetados

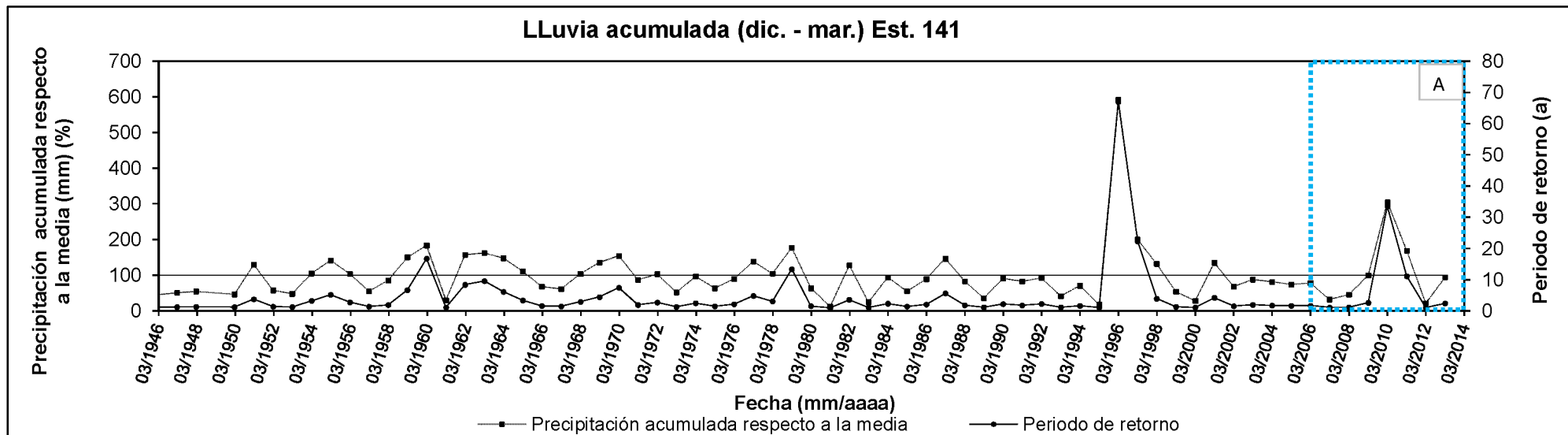


Figura 89 Representación del porcentaje respecto a la media de la lluvia acumulada de diciembre a marzo, y periodo de retorno asociado para los diferentes años hidrológicos del registro de la estación pluviométrica 141, cercana al movimiento Borincho

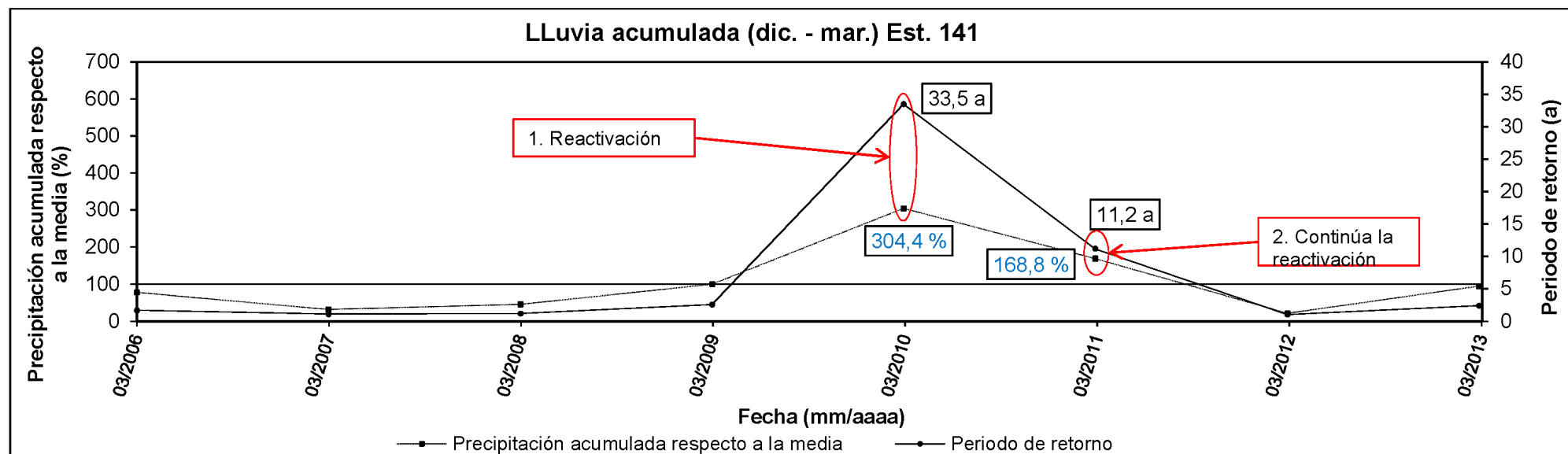


Figura 90 Ampliación del recuadro A de la Figura 88. Los datos para los periodos en lo que se detectaron cambios importantes en la actividad de dicho movimiento aparecen etiquetados

Como resultados y consideraciones finales cabe destacar los siguientes:

- Si se hace referencia al valor medio obtenido en investigaciones anteriores de 18 años para el conjunto de movimientos tanto superficiales como profundos (Jorge 2012) (sección 3.6.5), debe tenerse en cuenta que este dato será de carácter global; es decir, este se obtuvo mediante integración de la revisión de sucesos históricos y de resultados obtenidos de diferentes técnicas de datación y obtención de frecuencia media (sección 3.6). A diferencia, la estimación que aquí se realiza se aplica sobre movimientos de ladera concretos, cuya actividad se monitorizó para una secuencia de intervalos temporales sucesivos (casi anuales) y se correlacionó con la variación pluviométrica observada en registros históricos de 69 y 68 años para los movimientos de Almegíjar y Borincho, respectivamente. De acuerdo con esto, el valor global será más apropiado para un área mayor, teniendo en cuenta un conjunto de fenómenos asociados entre sí por el mismo desencadenante (es decir, inundaciones y movimientos de ladera); mientras los valores derivados del seguimiento llevado a cabo en la presente investigación serán más adecuados para las laderas específicas a las que se ha aplicado. Por otro lado, los resultados presentados anteriormente se han obtenido de forma indirecta, mediante correlación con el desencadenante común de la lluvia (secciones 2.6.2.2.2 y 2.6.3.6); y son aplicables a la evaluación o zonificación de la peligrosidad a específica de sitio (sección 2.7.1).
- Aunque la zona de Almegíjar corresponde a un área más húmeda y con precipitaciones superiores que la zona de Borincho, y la pendiente del primero es mayor que la del último (35° y 23°, respectivamente), el periodo de 2009 a 2010 supuso una reactivación de ambos. De acuerdo con esta observación, es posible que otros umbrales menores de precipitación también activen el primero, afectando a materiales similares al del segundo (calcoesquistos y filitas).
- No obstante, el factor activador de la lluvia puede haberse combinado con otros dos factores indirectos como consecuencia de este. En el caso del movimiento de ladera Almegíjar, el alto caudal del Río Guadalfeo pudo contribuir al importante descalce observado tras las lluvias de dicho periodo, aumentando la pendiente al pie del talud y eliminando una gran carga opuesta al desplazamiento del terreno. Por otro lado, la elevación del nivel del agua del mismo río a la altura del deslizamiento Borincho, pone de manifiesto la interacción de 3 factores. En primer lugar existe un desencadenante principal, constituido por la gran cantidad de precipitación acumulada durante el invierno 2009 - 2010. Por otra parte, el factor antrópico de la construcción de la presa actúa generando fluctuaciones del nivel de agua en contacto con los márgenes del Río Guadalfeo, donde se sitúa este deslizamiento. Y como factor indirecto de la combinación de los dos anteriores, la erosión y descalce provoca la bajada del nivel de base para el reposo de la masa movilizada, lo que podría haber sido la causa última de la reactivación al pie del deslizamiento Borincho.

Capítulo 5. DELIMITACIÓN DE MÚLTIPLES MOVIMIENTOS DE LADERA DESENCADENADOS POR UN MISMO EVENTO (MORLE) MEDIANTE LiDAR AEROTRANSPORTADO (ALS)

De la parte de la investigación relacionada con este capítulo se ha derivado la publicación en la revista "Landslides" con el título: "**Landslide detection and inventory by integrating LiDAR data in a GIS environment**", con DOI: 10.1007/s10346-014-0534-5. Esta ha sido producto del trabajo realizado en colaboración con investigadores de 3 universidades, 2 de ellas españolas y una tercera extranjera. A continuación se enumeran los autores participantes y sus afiliaciones:

Orden	Autor	Afiliación
1	Palenzuela J. A.	Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, España
2	Marsella M.	Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università "La Sapienza", Roma, Italia
3	Nardinocchi C.	Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università "La Sapienza", Roma, Italia
4	Pérez J. L.	Departamento de Cartografía, Geodesia e Ingeniería Fotogramétrica, Universidad de Jaén, España
5	Fernández T.	Departamento de Cartografía, Geodesia e Ingeniería Fotogramétrica, Universidad de Jaén, España
6	Chacón J.	Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, España
7	Irigaray C.	Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, España

5.1 INTRODUCCIÓN

La observación y el análisis espaciotemporal de movimientos de ladera son de primordial importancia en la evaluación y zonificación de la peligrosidad cuantitativa, y como consecuencia, en la predicción de riesgo total. La calidad de la predicción dependerá también del estado de actualización de las bases de datos e información derivada, así como de la fiabilidad de las herramientas de adquisición de estos datos. En este sentido, la detección remota proporciona datos cada vez más detallados, permitiendo la rápida creación de bases de datos geográficas e inventarios para la evaluación de riesgos. Actualmente, el desarrollo de sensores remotos equipados en satélites, plataformas aerotransportados o equipos terrestres facilita la cartografía de movimientos de ladera (Guzzetti et al. 2012) y su seguimiento de corto a largo plazo. Esto ha provocado un interés científico creciente sobre el aprovechamiento de los nuevos avances en la tecnología para elaborar metodologías cada vez más objetivas, reproducibles y científicas (Guzzetti 2002; Guzzetti et al. 2012), dirigidas al inventariado de eventos de movimientos de ladera como primer paso en las directrices para la zonificación de las componentes del riesgo total por movimientos de ladera que

se pueden encontrar en la literatura (Fell et al. 2005; Fell et al. 2008) (ver sección 2.3). A pesar de las dificultades que se encuentran al abordar la estimación de estas componentes, con el rápido aumento de la tecnología en las últimas décadas muchos de los problemas o limitaciones se están superando. En primer lugar hay que señalar los avances en el tratamiento de datos digitales y el uso masivo de Sistema de Información Geográfica (SIG) (Chacón et al. 1994; Carrara et al. 1999; Chacón et al. 2006a), que hacen que la zonificación de las componentes del riesgo sea más factible. En segundo lugar, el gran desarrollo en el campo de los sensores remotos (RS) posibilita la adquisición más rápida y precisa de los datos y su información derivada, incluso extendiéndose a áreas previamente no explotadas (Guzzetti et al. 2012; Roering et al. 2013).

El desarrollo de la cartografía geomorfológica basada en el reconocimiento de las características topográficas se revisa en Roering et al. (2013), mientras que la preparación apropiada del inventario de movimientos de ladera según los diferentes niveles de detalle se encuentra en Fell et al. (2008). El mayor nivel de detalle incluye los resultados de monitorización superficial y sub-superficial obtenidos por inclinómetros, piezómetros y otros sensores (meteorológicas, humedad de suelo, etc.) conectados en redes inalámbricas (Hürlimann Ziegler et al. 2013), así como estudios geofísicos o cualquier otra técnica aplicada que permita modelar la evolución de movimientos de ladera en un entorno integrado. Cuando se pretende estimar la peligrosidad de estos eventos en función de su recurrencia, es necesario disponer de bases de datos o inventarios de activaciones y/o reactivaciones periódicas. Así, las técnicas avanzadas de última generación constituyen una herramienta precisa y eficaz para recopilar cualquiera de los tipos de inventarios geomorfológicos (ver sección 2.3.2 y 2.6.1.1). Por ejemplo, la producción de inventarios por evento con la incorporación de los rasgos geomorfológicos principales de movimientos ocurridos durante y después de un solo evento desencadenante (MORLE), como escarpes principales o delimitación de las zonas de depresión y acumulación proporcionan información valiosa para la evaluación de la susceptibilidad y la peligrosidad; sobre todo si se detecta el mayor número posible de movimientos con la suficiente precisión. Además, esta información permite establecer buenas correlaciones entre los movimientos en masa producidos y los umbrales de las variables del evento desencadenante que los generan (ver sección 2.6.4.2).

El principal problema de los inventarios se encuentra en la dificultad para recoger todas las evidencias de movimientos de ladera al ser eliminadas rápidamente por la erosión, el crecimiento de la vegetación y el uso del suelo (Guzzetti 2002), así como por la imposibilidad de acceso visual o directo a las zonas afectadas (ver sección 2.6.6). Igualmente, los inventarios y catálogos de eventos quedan restringidos por la subjetividad y criterio del experto que realiza los trabajos de campo o de fotointerpretación, o por la calidad y abundancia de las fuentes de datos consultadas (Carrara et al. 1992; Glenn et al. 2006) (ver secciones 2.9.2 y 2.9.3). La cantidad de datos suele ser menor, sobre todo cuando se trata de zonas donde no existen bienes públicos o privados que proporcionen algún beneficio o servicio de interés para la sociedad, donde el nivel de investigación es escaso. Todo esto dificulta la evaluación de la peligrosidad y el riesgo (Carrara et al. 1992; Mantovani et al. 1996; Ardizzone et al. 2002; Van Westen et al. 2008), ya que los inventarios no son lo suficientemente

completos, derivando en el cálculo de valores mínimos de densidad espacial o no detectando la recurrencia temporal de numerosos eventos; lo que puede derivar en estimaciones poco conservadores (valores mínimos de peligrosidad o riesgo). Del mismo modo, el establecimiento de los niveles aceptables de riesgo demasiado conservadores por la falta de datos espaciotemporales completos y precisos, podría llevar a situaciones alarmistas.

Las nuevas técnicas de RS constituyen herramientas fundamentales para la cartografía rápida y precisa de rasgos geomorfométricos en zonas más extensas (Baum et al. 2005; Ardizzone et al. 2007; Guzzetti et al. 2012; Daehne and Corsini 2013; Roering et al. 2013), permitiendo cubrir las áreas inaccesibles cuando se emplean otras técnicas convencionales y la elaboración de inventarios más completos. Actualmente existe un creciente interés por estandarizar metodologías basadas en RS para realizar cartografía de forma sistemática y menos subjetiva, dejando mayor tiempo para su validación y calibración (Guzzetti et al. 2012; Roering et al. 2013). En la literatura pueden encontrarse diversas revisiones y comparaciones sobre técnicas de RS aplicadas a la investigación de movimientos de ladera (Mantovani et al. 1996; Singhroy and Molch 2004; Metternicht et al. 2005; Brideau et al. 2012; Guzzetti et al. 2012; Wang et al. 2013). Algunas de ellas se basan en el análisis en 2D de imágenes de satélite incluyendo la detección de cambios multispectrales (Eyers et al. 1995; Hervás et al. 1996; Hervás et al. 2003; Fernández et al. 2008); otras se dedican al análisis 3D basado en imágenes ópticas satelitales (Haeberlin et al. 2004; Weirich and Blesius 2007), fotogrametría (Walstra et al. 2004; Walstra et al. 2007; Prokešová et al. 2010), o LiDAR (Adams 1981; Glenn et al. 2006); además del análisis de cambios milimétricos a partir de Interferometría Diferencial con Radares de Apertura Sintética o DInSAR (Tarchi et al. 2003; Fernández et al. 2009; Derron and Jaboyedoff 2010).

La altimetría láser basada en LIDAR, aerotransportado o terrestre, ha evolucionado en los últimos 15 años (Haneberg et al. 2009) permitiendo crear Modelos Digitales de Elevación de alta Resolución (HRDEM) (McKean and Roering 2004; Glenn et al. 2006; Kasai et al. 2009). Estos modelos han sido utilizados en la detección de cambios del terreno con mayor precisión, muchas veces integrando DEMs procedentes de otras técnicas (ej., fotogrametría) en las diferentes estrategias de investigación (Dewitte et al. 2008; Corsini et al. 2009; Marsella et al. 2009; Fernández et al. 2011; Jaboyedoff et al. 2012). La principal ventaja de los datos adquiridos con LiDAR reside en su alta resolución, con espaciado típico entre puntos medidos de 1 m, lo que permite generar mapas de contornos de menos de 0,5 m de equidistancia (Prokop and Panholzer 2009), adecuados para la detección de características o cambios de tamaño relativamente pequeño (pequeñas cicatrices en las cabeceras de barrancos, dinámica de canal, zonas deprimidas, lóbulos de derrubios, etc.). Otra característica importante de esta tecnología se encuentra en su capacidad de medición directa de varios objetivos interpuestos a la trayectoria del haz, cuyas reflexiones son registradas separadamente según su orden de llegada o rebote (Haneberg et al. 2009; Guzzetti et al. 2012). Cuando los puntos medidos son bien clasificados, se puede eliminar fácilmente la información sobre vegetación u otros objetos inadecuados para el análisis en cuestión. De esta forma se revelan características desconocidas previamente, como deslizamientos viejos y profundos, o incluso características del origen o área fuente desconocidas hasta que se hacen visibles en el modelo digital del

terreno desnudo (Haugerud et al. 2003; Roering et al. 2013). La cartografía semiautomática de rasgos y evaluación del desarrollo de los movimientos de ladera son dos aspectos interesantes en la investigación de metodologías basadas en LiDAR (Guzzetti et al. 2012; Jaboyedoff et al. 2012); buscando generar de forma ágil productos usados por los expertos desde el primer momento de la investigación, ya sea en fases de planificación o selección de movimientos objetivo o en fases posteriores al trabajo de campo (Roering et al. 2013).

Por tanto, se comprueba como los datos LiDAR posibilitan la preparación de inventarios en grandes áreas. Y en este sentido, la construcción y sustracción de DEMs constituye una estrategia rápida para obtener información sobre el cambio de rasgos superficiales antes y después del desarrollo de eventos desencadenantes de movimientos de ladera. Estos modelos pueden provenir de las medidas directas obtenidas con LiDAR, o de otras técnicas como la fotogrametría de alta resolución (Eyers et al. 1995; Dewitte et al. 2008). Para construir un DEM a partir de datos LiDAR o cualquier nube de puntos densa, existen diferentes enfoques que previamente clasifican los puntos medidos en diferentes objetos (suelo, árboles, edificios, etc.), pudiendo así crear modelos de toda la superficie escaneada, o solamente del terreno desnudo o de capas superiores de información (Kraus and Pfeifer 1998; Axelsson 2001; Wack and Wimmer 2002; Zhang et al. 2003; Sithole and Vosselman 2004; Evans and Hudak 2007; Zingaretti et al. 2007; Meng et al. 2010; Rottensteiner 2012).

En la presente investigación se ha tratado de aprovechar las ventajas de LiDAR aerotransportado (ALS) para detectar e inventariar de forma precisa y rápida características relacionadas con movimientos de ladera; lo que permitirá avanzar en la evaluación cuantitativa de la peligrosidad ante movimientos de ladera en áreas extensas, facilitando las tareas que lo hacen más difícil cuando se aplican técnicas o métodos convencionales (Van Westen et al. 2006), como la generación de inventarios secuenciales sin necesidad de revisar múltiples conjuntos de imágenes aéreas o realizar trabajos geomorfológicos de campo intensivos. Este enfoque, dirigido a la mejora o avance en los medios para realizar actividades esenciales en la evaluación de la peligrosidad, es complementario a la investigación ya iniciada en zonas más pequeñas del área de estudio a través de la técnica de alta precisión de DInSAR (Fernández et al. 2009), o mediante la técnica de alta resolución de TLS en sitios específicos (Fernández et al. 2011; Palenzuela et al. 2013). La principal contribución buscada con esta metodología basada en ALS persigue la generación de inventarios espaciotemporales a escala regional (o extensiones relativamente grandes) de forma ágil, posibilitando la actualización de las bases de datos o inventarios en distintos periodos (ej. tras ciclos estacionales) o tras eventos desencadenantes importantes. Los primeros darían lugar a inventarios estacionales o multitemporales, mientras que los segundos darían lugar a inventarios por evento (MORLE), ambos de gran importancia en la evaluación de la peligrosidad.

La metodología descrita en las siguientes secciones se basa en un procesamiento específico de datos de alta resolución en grandes áreas. Más específicamente, se basa en la creación de Modelos Digitales de Diferencias en la Elevación (DEMoD) entre los Modelos Digitales de Alta Resolución (HRDEM) producidos a partir de datos de ALS. Como en el caso de TLS, este tipo de datos se pueden adquirir de forma secuencial (en distintas fechas) con el fin de detectar cambios sobre el terreno. A

diferencia de este, el ALS permite el inventariado de eventos de movimientos de ladera de modo eficiente, al cubrir áreas extensas o a escala regional, aunque con menor definición de los rasgos geomorfológicos. Mediante esta tecnología se genera una cantidad ingente de datos, que se orientan y posicionan directamente con los sistemas integrados de Real GNSS cinemático con corrección en tiempo real (RTK-GNSS) y Navegación Inercial (INS), respectivamente, mientras la plataforma aérea se desplaza sobre una trayectoria. Este sistema rápido de posicionamiento suele presentar errores de desalineación entre distintas pasadas del sensor aerotransportado, como bien puede comprobarse en la propia comparación de datos secuenciales. Por otro lado, también se encuentran errores en la fase de clasificación de puntos escaneados. Debido a la presencia de estos errores, pero también a la oportunidad que estos datos presentan para inventariar y delimitar los movimientos de ladera con la ayuda de sistemas informáticos de ingeniería inversa, así como de los sistemas de información geográfica (GISs), en esta investigación se presenta una metodología que incorpora la corrección semiautomática de la desalineación y la delimitación de áreas fuentes y depósitos de movimientos de ladera. Esta última tarea se apoya en el encadenamiento automático de herramientas geoestadísticas simples; tras lo que las áreas afectadas son resaltadas de modo que sus partes pueden cartografiarse de forma supervisada, evitando la inclusión de cambios no correspondientes al objeto de estudio (procesos de movimientos de ladera).

La metodología desarrollada se ha llevado a cabo en un área de 253 km², haciendo uso en gran parte del procesamiento basado en herramientas de ArcGis, posibilitando la obtención de Modelos Digitales de Diferencias de Elevación (DEMoD) (Schwab et al. 2008; Daehne and Corsini 2013), sobre los que se aplican otros procesos para resaltar los rasgos relativos a los movimientos de ladera de forma sencilla y rápida. Por otro lado, se ha realizado un primer contraste o evaluación de la correspondencia entre la distribución espacial de este nuevo inventario, generado tras un episodio atípico de lluvia, y las clases del mapa de susceptibilidad existente; con las consideraciones y restricciones necesarias sobre la interpretación de resultados.

5.2 MATERIALES Y DATOS

Esta parte de la investigación, similarmente a la anterior, también se basa en la utilización de escáner de láser; por lo que las bases teóricas de la anterior técnica son aplicables a esta (sección 4.2.1), con las diferencias principales de que el LiDAR aerotransportado se encuentra en movimiento y a una altura determinada. Básicamente, estos dos factores influyen en la resolución espacial y calidad de los datos adquiridos.

Las dos bases de datos LiDAR utilizadas en esta investigación fueron capturadas mediante vuelos realizados en dos fechas: agosto - noviembre de 2008 y Julio de 2010. Es importante señalar que durante el intervalo transcurrido entre ambas fechas tuvo lugar un evento crítico de lluvias continuas e intensas durante el invierno de 2009 a 2010, superando incluso el 50 % de la precipitación acumulada promedio para un año hidrológico (250 l/m²) (AEMET 2010) en el territorio español. En el área de estudio la lluvia acumulada superó incluso el triple de la media para los meses de diciembre a marzo de ese intervalo (ver sección 4.6.2.3). Esta precipitación actuó como un factor

desencadenante de las numerosas inundaciones, movimientos de ladera y fuerte erosión; provocando daños sobre propiedades privadas e infraestructuras civiles.

De cada base de datos se seleccionaron 75 partes (tiles) comunes (150 en total) de 2 km x 2 km, y se calculó la densidad media de los datos que dio valores de 0,31 y 0,34 puntos/m², para el primer y segundo vuelo respectivamente. El espaciado medio entre puntos es de 1,20 m para el primer vuelo y de 1,08 para el segundo. De acuerdo con estos parámetros, el número de puntos medio para cada parte del primer vuelo llega a 2.721.214 millones de puntos, y a 3.318.737 millones en el caso del último vuelo.

Los datos fueron adquiridos con el sistema de ALS 50 II (Leica 2006) desde una altura media de 2.000 m, lo que resulta en errores predichos de mediciones en distancia inferiores a 0,30 m, y una huella iluminada (footprint) de 0,32 m² (Leica 2006). Se trata de errores aceptables para el alcance de los trabajos en geomorfología (Tarolli et al. 2012), a un nivel de detalle donde se requiere la detección y cuantificación de morfologías del terreno (Singhroy and Molch 2004). Con esta tecnología se producen HRDEMs (DEMs de alta resolución) a partir de los cuales se puede elaborar cartografía precisa; salvando limitaciones como el acceso físico o visual a la zona de estudio, o evitando algunos errores típicos de la subjetividad en la cartografía geomorfológica realizada a visu en el campo (ver sección 2.6.6). Estos productos permiten cartografiar los límites más importantes de la masa de materiales deformados, del área fuente o de los depósitos generados, de forma objetiva y semiautomática con la ayuda de herramientas informáticas específicas.

El funcionamiento del LiDAR aerotransportado es similar al de LiDAR terrestre, si bien este se diferencia en que es capaz de discriminar varias reflexiones o rebotes por tiempo de llegada para el mismo pulso emitido (hasta 4 rebotes en el equipo utilizado), lo que permite realizar una clasificación preliminar directa entre objetos de diferente altura encontrados en el camino del láser. Por otra parte, en ALS, los datos se georreferencian a través de un sistema de posicionamiento geográfico RTK y la orientación (giros sobre los 3 ejes X, Y, Z) mediante el sistema de navegación inercial (INS), los cuales inducen sus propios errores en la precisión de las coordenadas globales o los ángulos de orientación. Esto provoca un error centimétrico en el posicionamiento de los puntos medidos en el plano XY, siendo mayor en la coordenada de elevación (Z) (alrededor de 5 cm). Sin embargo, en áreas de pendientes pronunciadas y forestales, la dispersión del haz y la huella iluminada multiplican por decenas a cientos de veces esos valores, haciendo variar el valor de la coordenada Z con el error de la posición en el plano XY. Por lo que el error de la posición de los datos puede alcanzar algunos metros en las zonas más desfavorables, aunque este error puede ser menor que los obtenidos con algunas metodologías convencionales de fotogrametría (Haugerud et al. 2003; McKean and Roering 2004; Baum et al. 2005).

Todos estos errores resultan en traslaciones y rotaciones de los conjuntos de puntos respecto a su posición y orientación correcta; y en consecuencia, en el desajuste entre las pasadas del sensor LiDAR visible en las zonas de costura o solape, conocido como efecto "slide-lap" (Ardizzone et al. 2007). Este es uno de los principales problemas encontrados en los datos adquiridos, lo cual se expresa en una pérdida de coherencia lateral en los datos e información generada; de modo que parte de la presente

metodología se dedica a la corrección de este desalineamiento. Otra fuente de incertidumbre que afecta a la información extraída se refiere a los errores no sistemáticos resultantes de la clasificación errónea de los puntos medidos en diferentes objetos (generalmente, entre vegetación, elementos artificiales y terreno).

Respecto al equipo informático utilizado, para este trabajo se utilizaron los siguientes componentes:

- Procesador Intel® Core™ i7-3820 CPU @ 3.60 GHz,
- 24 GB de memoria RAM,
- Tarjeta de procesamiento gráfico GeForce GTX 285 (1 GB DDR)
- Sistema operativo de 64 bits.

5.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología representada esquemáticamente en el diagrama de flujo de la Figura 91 se puede dividir en los siguientes pasos, en los que se generan tanto el modelo digital del terreno desnudo (DTM) como el modelo digital de la superficie (DSM), este último incluyendo otros elementos sobre el terreno subyacente:

- Clasificación de los datos LiDAR
- Interpolación de datos LiDAR
- Comparación de DTMs y ajuste del alineamiento entre datos crudos
- Comparación de DTMs creados a partir de los datos ajustados
- Comparación de DSMs, obtención DEMoD combinado y digitalización de rasgos

Cabe resaltar que muchos de los procesos se aplicaron directamente en un SIG ([ArcGIS 2013a](#)); con el objetivo de incorporar las capas de información y resultados georreferenciados en el sistema de información geográfica, lo que facilitará su uso en investigaciones geomorfológicas u otros estudios futuros. Además se crearon algunos scripts (secuencias de comandos) y modelos para la automatización de estos y otras herramientas del GIS, con lo que se agilizan las tareas iterativas que consumen mayor tiempo de trabajo (alineación de múltiples tiles, conversión de datos por bloques, aplicación de herramientas estadísticas para el realce de morfologías, etc.).

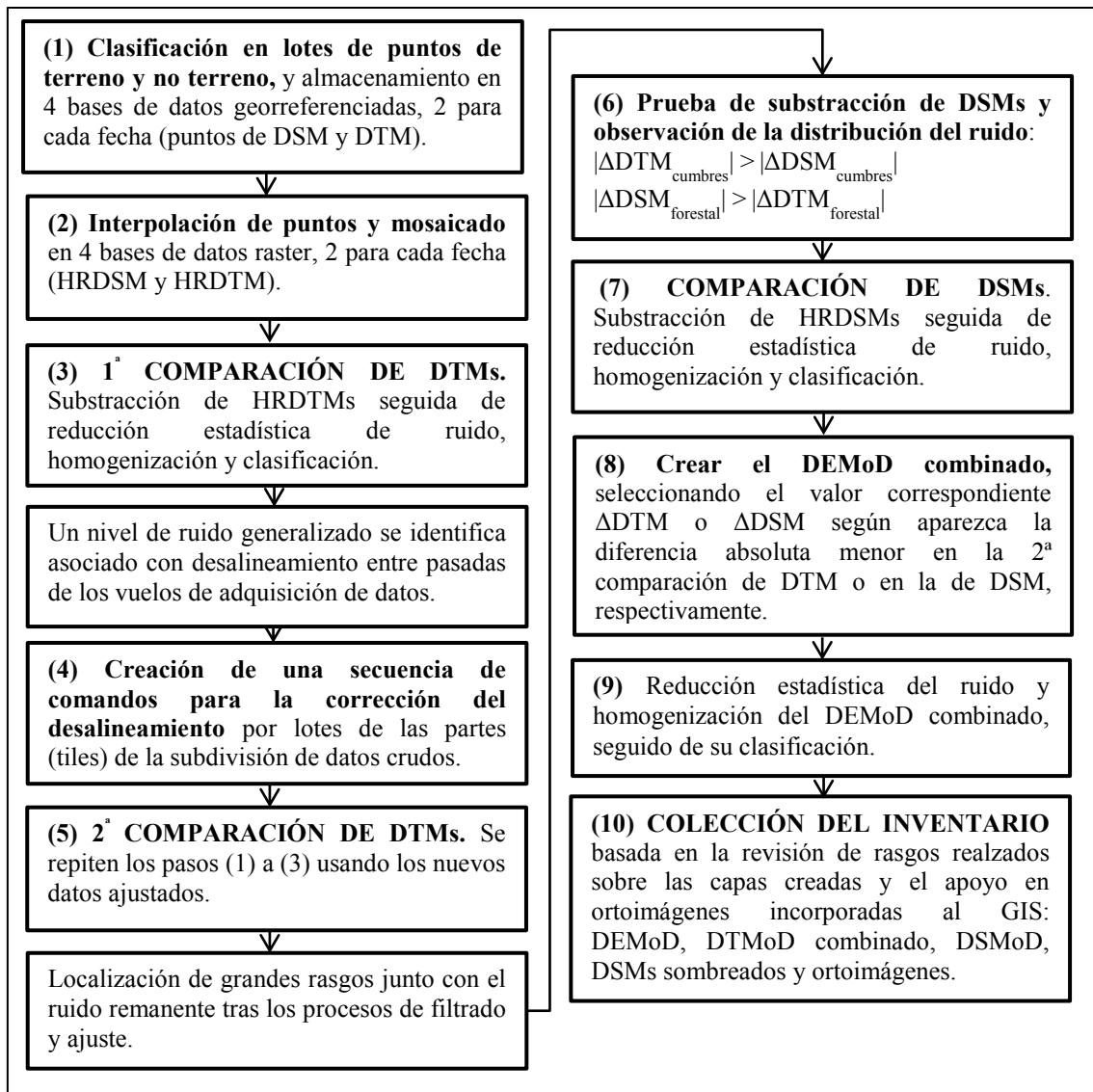


Figura 91 Diagrama de flujo de la metodología para la delimitación e inventariado de movimientos de ladera basada en datos ALS

5.3.1 Clasificación LiDAR

A pesar de que los datos LiDAR permiten realizar una asignación preliminar de los puntos a diferentes tipos de objetos (terreno, vegetación baja, árboles, edificios, etc.) haciendo uso del orden de retornos del haz reflejado, lo que supone una ventaja en zonas forestales, no siempre se alcanza una correcta clasificación. Por ejemplo, en zonas con dosel denso y urbanizado es común que todos los rebotes procedan de partes más altas que el terreno subyacente, por lo que el último rebote que se asigna al terreno estaría mal clasificado en estos casos. Por eso es recomendable utilizar filtrados matemáticos adicionales que mejoran esta clasificación. De este modo, en esta primera etapa (1 Figura 91) se clasificaron los datos mediante un filtro comúnmente utilizado de tipo densificación progresiva (Axelsson 2000), el cual se encuentra implementado en la librería de LAsTools (Isenburg 2013) y es aplicable a cualquier tipo de superficie (desde zonas montañosas y forestales a zonas urbanas) (Korzeniowska et al. 2013). Sin embargo, este filtrado termina biselando algunas zonas abruptas y crestas del terreno que hay que tener en cuenta al analizar los

resultados en sucesivas etapas del procesamiento. Actualmente, la mejora de los algoritmos de filtrado para evitar este problema sigue siendo un reto en las estrategias de clasificación de datos LiDAR (Zhang et al. 2003; Evans and Hudak 2007); y mientras no se perfeccionen, su aplicación puede causar la omisión de zonas de análisis donde los errores causados son significativos.

5.3.2 Interpolación

Una vez clasificados los puntos medidos, se realizaron algunas pruebas para optimizar la fase de interpolación después del proceso de importación de archivos LAS a las bases de datos georreferenciadas del GIS (2 Figura 91). En primer lugar se utilizaron diferentes tamaños de celda para encontrar el más adecuado para los productos creados a partir de los datos originales. Para ello se utilizó la conversión de puntos a raster, asignando el valor "No Data" a las celdas cuando no hay ningún punto que se proyecte sobre el dominio del pixel correspondiente, y se tuvieron en cuenta los valores promedio de densidad (≈ 1 puntos por 3 m^2) y espaciado ($\approx 1,1 \text{ m}$) de los puntos medidos.

En la Figura 92 se muestran tres raster (DEMs) obtenidos al aplicar tres tamaños diferentes de celdas. En la primera prueba, el tamaño de 1 m, valor cercano al del espaciado, produjo un mayor número de valores "NoData" que se muestran como una trama de píxeles blancos y representan zonas de datos insuficientes. En el caso del raster de tamaño de pixel de 2 m el número de celdas "NoData" es casi el mismo que para el primer caso. Finalmente, al utilizar un tamaño de celda de 2,5 m, el número de píxeles NoData disminuyó considerablemente, aunque la resolución o distribución de datos de elevación es menor en el raster (1 valor por cada 6 m^2) que en la nube de puntos original (1 valor por cada 3 m^2). Por lo tanto, este tamaño de celda unidad se seleccionó para producir los DEMs, ya que puede representar los valores interpolados (predichos) con una resolución que se aproxima mejor a la de la nube de puntos medidos; es decir, con la mínima pérdida de resolución original en términos de densidad, pero sin sobreexplotar las áreas sin datos.

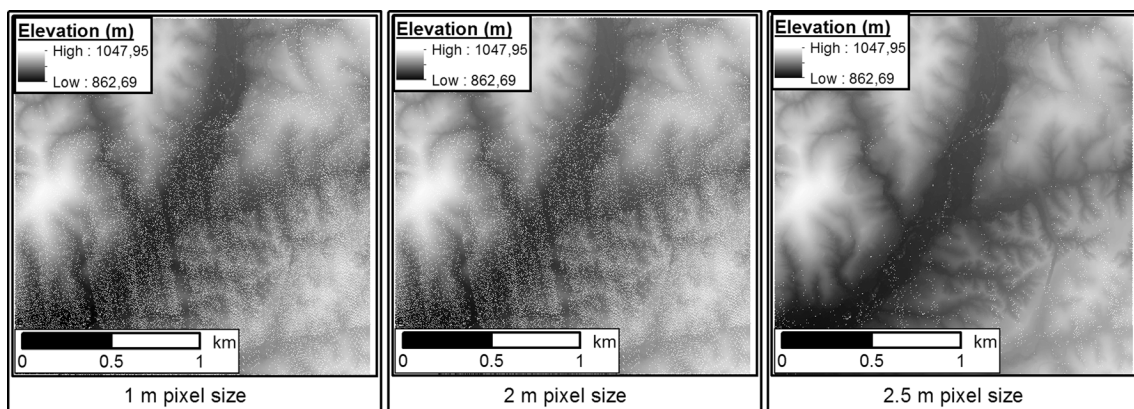


Figura 92 Distribución de los píxeles sin datos (No Data) al convertir los puntos a raster DSM para diferentes tamaños de pixel

Por otro lado, diferentes métodos de interpolación fueron probados para seleccionar alguno más rápido y eficiente, y que este sea aplicable a todas las partes de la división de los conjuntos de datos escaneados. Aunque la definición detallada de los modelos

matemáticos de cada procedimiento individual trasciende el propósito de este trabajo, a continuación se hace una breve descripción de los 4 interpoladores diferentes (implementados en ArcGIS) aplicados a una misma zona de prueba:

- Conversión de puntos a raster y reclasificación geoestadística. En primer lugar, cada píxel adquiere el primer valor encontrado en la base de datos correspondiente a su dominio y, en una segunda etapa, se aplica un cálculo geoestadístico que determina los valores medios de cada píxel a partir del conjunto de sus vecinos más próximos. El proceso geoestadístico se aplica de forma secuencial, aumentando la distancia a estos píxeles vecinos en cada repetición hasta que todos los "agujeros" del modelo se cierran. Para aplicar esta operación se añadieron los valores vecinos más cercanos por medio de una matriz de 3 m x 3 m, siendo necesaria sólo la primera iteración para cerrar todos los "agujeros" del raster con tamaño de celda de 2.5 m.
- Kriging. Se aplicaron dos tipos de interpolador geoestadístico de tipo kriging, kriging simple y kriging ordinario, utilizando sus parámetros por defecto. Este método es flexible, ya que incluye la correlación espacial de datos para estimar el modelo final; pero el resultado debe ser supervisado fijando sus parámetros con detalle, con el fin de alcanzar la mejor función para generar el modelo de salida, requiriendo una gran cantidad de toma de decisiones basadas en la experiencia del experto. Por otro lado, el kriging asume que los datos provienen de un proceso estocástico estacionario, y algunas variantes pueden asumir los datos distribuidos normalmente ([ArcGIS 2013b](#)). Sin embargo, esto puede no suceder en una superficie muy irregular como la del terreno natural, a diferencia de otras variables (cambios de temperatura, de humedad, etc.) que se pueden aproximar mejor por estos métodos.
- Distancia Inversa Ponderada (IDW). El IDW es un tipo de interpolación determinista y simple, que asume que cada punto medido tiene una influencia local que disminuye con la distancia. Basado en este supuesto, los pesos asignados a los puntos más cercanos a la ubicación de predicción serán mayores que para aquellos más lejanos. Para aplicar este método, el número de vecinos a ser utilizados en la predicción de cada píxel se estableció en 15; valor considerado como un número suficiente pero no excesivo, para evitar expandir el radio de búsqueda hasta distancias demasiado grandes que contendrían valores muy diferentes de lo esperado o real.

Para evaluar los resultados de los métodos de interpolación se aplicaron dos enfoques diferentes: la validación cruzada a través de una herramienta integrada en el paquete del SIG, y los residuos o variación de altura del punto respecto del modelo raster interpolado. El primer enfoque evalúa las diferencias entre todo el conjunto de datos utilizados para generar el modelo, comparando los valores predichos con los originales. El último se ha automatizado en un modelo de herramientas SIG, y permite la selección de una muestra aleatoria de la nube de puntos original, así como su posterior comparación directa mediante el cálculo de los residuos, tomando como base el raster interpolado. Este modelo calcula nuevas columnas con los residuos verticales (ΔZ) y sus valores absolutos, introduciéndolos en la misma base de datos que contiene el conjunto de prueba. Opcionalmente, la herramienta ofrece la posibilidad de

representar directamente los valores residuales en un mapa con escala de color, incluyendo cualquier modelo de interpolación de los incluidos en ArcMap. Se llevaron a cabo todas las estrategias de interpolación para el mismo conjunto de datos de entrenamiento, con un número de 2.000 puntos seleccionados aleatoriamente, separados a una distancia mínima de 20 m entre ellos.

Los resultados se resumieron estadísticamente para ser comparados entre sí. La media y la desviación estándar (S.D.) del valor absoluto de los residuos se registraron en la Tabla 24, donde se muestra que el interpolador IDW ofrece la mejor aproximación. Este hecho sugiere que el modelo kriging no representa tan bien los datos distribuidos con patrones de cierta irregularidad, haciendo difícil el ajuste de los parámetros de la función a esta tendencia. Sin embargo, IDW es un interpolador rápido que se puede aplicar a las bases de datos de una manera determinista, comprensible y fácilmente reproducible a través de todas las partes interpoladas. En consecuencia, el interpolador IDW se aplicó a todas las partes de los dos conjuntos de datos capturados en cada fecha, las cuales se unieron más tarde para generar cada mosaico de los DEMs producidos.

INTERPOLADOR	Residuos del raster		Validación cruzada	
	MEDIA (m)	S.D. (m)	MEDIA (m)	S.D. (m)
Reclasificación geoestadística	1.16	1.56	----	----
Kriging ordinario	1.14	1.62	0.91	1.52
Kriging simple	1.18	1.53	1.84	1.93
IDW	1.11	1.68	0.87	1.53

Tabla 24 Error del interpolador expresado como la media y desviación estándar (S.D.) de los valores absolutos de los residuos. IDW nota el interpolador de la distancia inversa ponderada (Inverse Distance Weighted)

5.3.3 1ª Comparación de DTMs y ajuste de alineación

Esta fase consiste en la sustracción del primer DTM de la secuencia de adquisición (año 2008) al último (año 2010). Una vez realizado este paso, el ruido de los resultados se reduce para aislar los cambios del terreno. Para ello se usó el redondeo de los valores del DEMoD a su entero más cercano; y a continuación se aplicó un filtro estadístico con una ventana de 3 píxeles x 3 píxeles para extraer el valor discreto más frecuente que se asigna a cada píxel. De este modo resulta una clasificación preliminar en escala de valores discretos que puede ser supervisada visualmente de modo más fácil (3 Figura 91), permitiendo delimitar los rasgos resaltados.

En esta primera comparación, el DEMoD resultante (o más específicamente, DTMoD) revela algunos de los errores comunes de la adquisición y procesamiento de datos LiDAR: por un lado la desalineación o desajuste entre las pasadas secuenciales del sensor de medición en zonas de costuras y en terreno de pendientes pronunciadas; y por otro, la clasificación errónea de los datos en zonas agrestes y urbanizadas, y en menor medida, en sectores forestales donde se eliminó correctamente gran parte de la vegetación (Figura 93).

El error sistemático de falta de alineación se puede corregir parcialmente a través de un ajuste de los datos originales. En este caso concreto, no se disponía de una base de datos de Puntos de Control Terrestres (GCPs), lo que obligaría a medir esos puntos sobre el terreno (mediante GNSS) con el consiguiente aumento significativo de tiempo; y sólo serían útiles si se reconocen bien algunas partes de la superficie tanto en la imagen de puntos como en el terreno (ej. esquinas reconocibles sobre edificios de gran tamaño). A esto se añade el consumo de tiempo significativamente alto cuando se trata de registrar de modo manual tal volumen de datos respecto a los medidos con otras técnicas (por ejemplo: la estación total, DGPs, incluso TLS). Para superar estas limitaciones se ha aplicado el siguiente procedimiento semiautomático; el cual ha permitido corregir de forma sistemática cada una de las partes (tiles) escaneadas, cuyo error principal se produce en elevación.

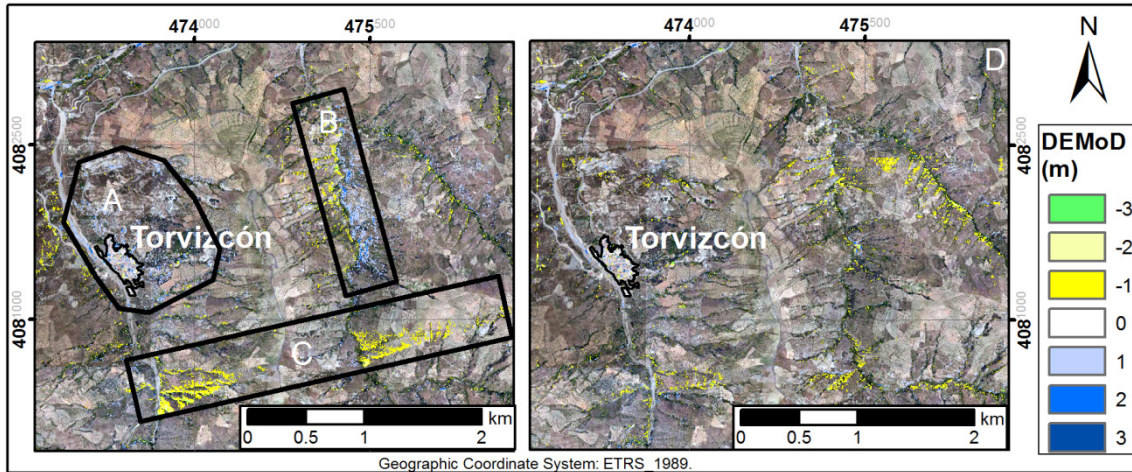


Figura 93 A la izquierda, errores en la clasificación debido a la inclusión de diferencias por la desalineación. A (zona urbana), B (ladera pendiente) y C (costuras o zonas de solape entre pasadas). Los errores se revelan sobre el primer DEMoD (DTMoD). A la derecha se muestra la misma zona con una mejora en la alineación, minimizando las diferencias entre los datos adquiridos en distintas fechas; aunque permanecen algunas diferencias (ruido residual) en las partes abruptas cercanas a las crestas del terreno

Inicialmente se comprobó el error de alineación individual para un único año; encontrando un desajuste importante entre las bandas de puntos escaneados dentro de tres partes adyacentes (6 km x 2 km) de datos pertenecientes al vuelo 2008, con un error medio de -0,53 m y una S.D. de 1,07 m (Figura 94a). Por el contrario, la misma zona en los datos de 2010 presenta un menor error, con media -0,034 m y S.D. 0,58 m; lo que podría ser atribuido al propio error de medición. Estableciendo el vuelo 2010 como el modelo de referencia, se decidió ajustar las partes correspondientes al vuelo 2008 a través del algoritmo del Punto más Cercano Iterativo, ICP ([Besl and McKay 1992](#)) con un software específico. Para ello, primero se subdividieron las partes de 2 km x 2 km en función de las pasadas de escaneado (Figura 94b-c). Sin embargo, para abordar la corrección de un gran número de partes desalineadas, se crearon secuencias de comandos de automatización (scripts) con el objetivo de realizar el ajuste de cada una de estas partes de forma secuencial y automática (4 Figura 91). El procedimiento automático realiza el ajuste de cada tile respecto a su modelo de referencia (malla poligonal de 2 km x 2 km del vuelo de 2010), y posteriormente la vuelve a integrar en la parte de 2 km x 2 km de la que procedía. Con este procedimiento, para el área de una muestra que comprende 3 pasadas solapadas del sensor, se comprobó que la orientación exterior del vuelo fue mejorada (Figura 94d). Esto se demuestra por la disminución del error promedio de -0,53 m de -0,002 m, y una S.D. que pasa de 1,07 m a 0,55 m. Obviamente, también mejoró el ajuste entre los vuelos de 2008 y 2010, tanto en error medio (de 0,179 m a -0,022 m) como en S.D. (de 0,87 m a 0,173 m).

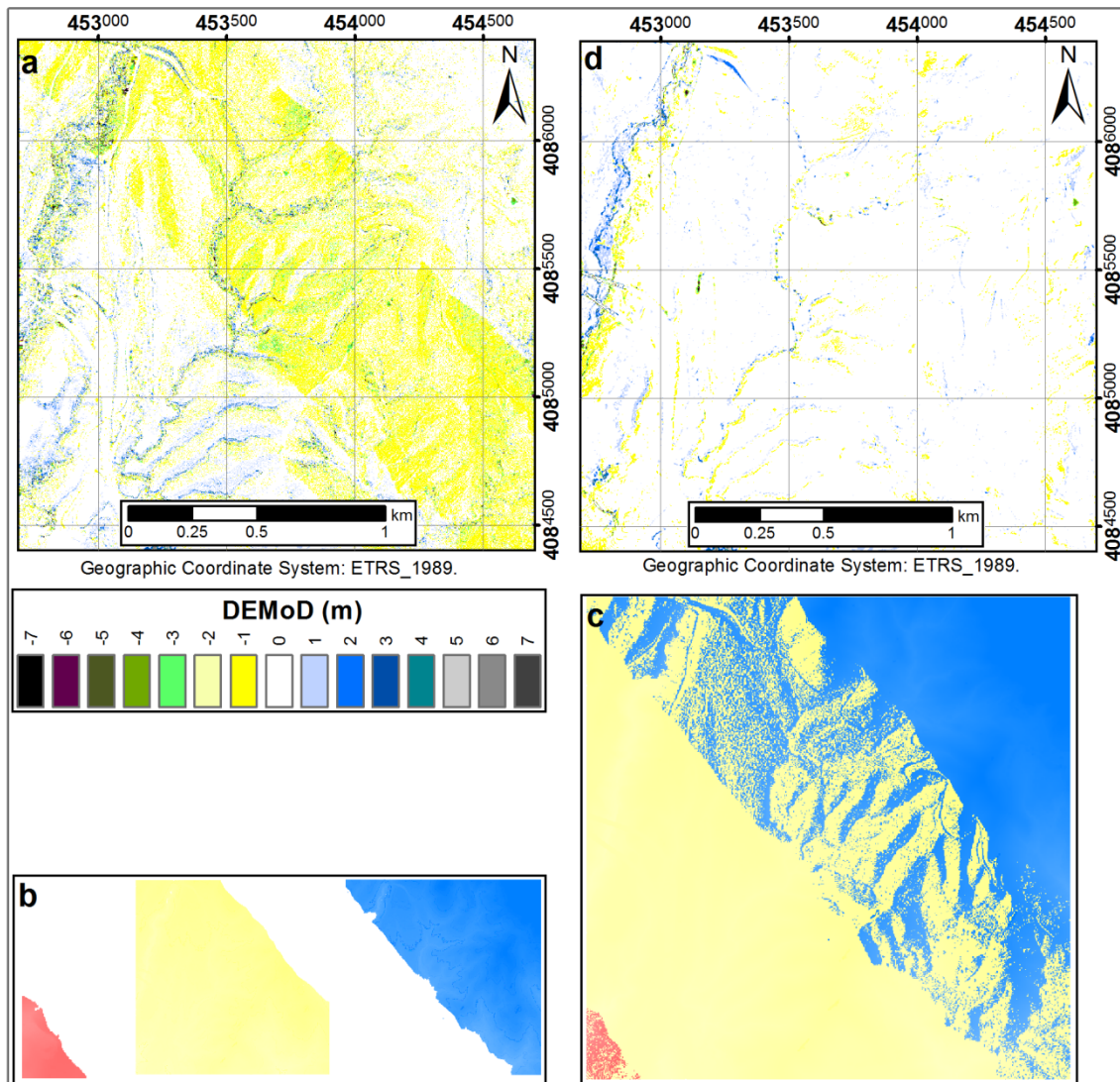


Figura 94 En a se presenta la muestra de una parte (tile) del DTMoD con errores del desalineamiento inicial, el cual coincide con las trayectorias o pasadas del vuelo que se han separado en b y c. En el mapa a la derecha de a se muestra la misma parte corregida

5.3.4 2ª Comparación DTM

El proceso para comparar los nuevos rasters de DTM (5 Figura 91) se repitió calculando otro DTMoD al que se le redujo el ruido tras la clasificación de sus valores. Esto permite realizar una revisión de los objetos detectados y otros artefactos. Además de la mejora en la orientación del vuelo de 2008, los errores observados en las zonas de superposición de bandas escaneadas disminuyeron drásticamente (Figura 94d). No obstante, el mayor nivel de ruido permanece en zonas abruptas, y en menor medida, en zonas con vegetación densa. Esto está relacionado con el problema típico ya mencionado anteriormente, el cual supone el principal reto en la investigación de datos LiDAR cuando se trata de extraer los puntos pertenecientes al terreno. Los errores en la extracción o clasificación de puntos se manifiestan de dos modos: en puntos clasificados como suelo cuando esto es falso (*error de comisión* de datos), o en la clasificación de terreno en un objeto diferente cuando no lo era (*error de omisión*); provocando un exceso o deficiencia de puntos medidos en algunas zonas aisladas del DTM.

5.3.5 Comparación de DSMs, generación del DEMoD combinado y delineación de los rasgos detectados

A la vista de los errores en la clasificación de los puntos de terreno, se probó a repetir el proceso en una parte (tile) de los datos, esta vez para generar el Modelo Digital de la Superficie escaneada (DSM), para lo que se utilizaron directamente los puntos del primer retorno del haz. De esta forma se observó que, mientras las diferencias de DSMs entre ambas fechas presentan un error generalizado mayor que el de diferencias de DTM en las zonas forestales, lo contrario ocurre en zonas de topografía más abrupta (crestas o cumbres montañosas, afloramientos rocosos abruptos, edificios, puentes, etc.) (6 Figura 91).

Sobre la base de esta consideración, se aplicaron los mismos procedimientos a los puntos procedentes de los primeros retornos que a los puntos clasificados como terreno en el SIG, resultando en la representación raster de la superficie más alta sobre el suelo (DSM) para los datos de cada fecha. Y de igual modo se calculó un segundo DEMoD (en este caso, DSMoD) (7 Figura 91). Con estos nuevos resultados, un nuevo DEMoD combinado se extrajo de forma automática, seleccionando el valor de la diferencia correspondiente al menor valor absoluto encontrado entre ambos mapas diferenciales (diferencias de DSMs o DTMs) (8 Figura 91). De esta forma se minimizó el error por clasificación del mapa de diferencias o DEMoD (Figura 93 y Figura 94); ya que en áreas forestales se adoptaron los valores del DTMoD, mientras que en las áreas abruptas se asignan los valores del DSMoD, considerando la observación anterior.

Después de minimizar el ruido con el mismo filtro geoestadístico empleado en los casos anteriores (9 Figura 91), diferentes cambios morfológicos del terreno quedan realizados mediante zonaciones de color aisladas por los procesos de clasificación-filtrado geoestadístico. Por lo que la fase final consiste en la revisión visual de estos resultados dentro del área de estudio para identificar y delimitar los rasgos relacionados con los fenómenos de movimientos de ladera, según sus características morfológicas (10 Figura 91), de entre otros destacados (modificaciones por trabajos o movimientos del terreno artificiales). En esta inspección visual se utilizaron los 3 mapas de diferencias. El último DEMoD combinado se usó como mejor solución global; el DTMoD fue más satisfactorio en las zonas con mayor vegetación, y el DSMoD lo fue para distinguir los rasgos en lugares de topografía angulosa o abrupta con menor vegetación. Para comprobar el objeto y tipo de desplazamiento detectado, los DEMoDs se superpusieron a dos capas de ortofotografías digitales existente para ambos años estudiados mediante su vinculación al GIS desde el Servidor de Mapas público regional REDIAM (BOJA 2007), cuya dimensión del píxel sobre el terreno (Ground Sampling Distance o GSD) es de 0.5 m. Esta información, utilizada para controlar (confirmar) y cartografiar los rasgos encontrados, funcionó adecuadamente en la mayor parte de la zona de estudio; sin embargo, la resolución de los DEMoDs presenta limitaciones en áreas estrechas y pequeñas tales como laderas escarpadas o crestas, donde se hace más difícil el reconocimiento de los procesos de movimientos de ladera. Este factor dificulta también en la distinción entre un error de cota en escarpes pronunciados o un verdadero cambio topográfico de tamaño pequeño, como retroceso del escarpe o caída de fragmentos de roca al pie del escarpe. Excepto en estas zonas, y en las que presentan errores de clasificación (omisión o comisión),

omitidas en el inventario, la ortofotografía sirvió de apoyo para resolver la incertidumbre entre la asignación de verdaderos cambios naturales del terreno, cambios antrópicos o la existencia de los errores de clasificación. Por el contrario, el reconocimiento de movimientos de ladera frente a otros cambios en el terreno (erosión, transporte fluvial, alteraciones antrópicas o artefactos derivados de los errores de clasificación) se facilita cuando el área de agotamiento y el depósito de derrubios coalescente están muy cerca uno del otro. Teniendo en cuenta que la diferenciación entre zonas de agotamiento (descenso de elevación) y zonas de acumulación (incremento de la elevación), correspondientes con los rasgos de movimientos de ladera delimitados, estas zonas se remuestrearon en las clases binarias negativa y positiva, respectivamente. Esto permite calcular su área y volumen.

Por otra parte, se realizaron campañas de campo para comprobar algunos de los movimientos (Figura 95a); además de utilizar vistas de Google Street View de localizaciones seleccionadas sobre Google Earth, donde fue difícil el acceso físico o visual de campo (Foto 1 y Foto 2 en la Figura 97).

De esta manera, cuando los rasgos geomorfológicos pudieron cartografiarse digitalmente, de acuerdo a las consideraciones anteriores (limitaciones cerca de escarpes pronunciados, acumulación separada de su área de origen, etc.), los tipos de movimientos de ladera fueron simplificados como sigue: movimientos de ladera incipientes, flujos de derrubios, flujos de tierra, movimientos de ladera complejos y deslizamientos traslacionales. Para la interpretación del reconocimiento visual se aplicaron los criterios conocidos de [Hutchinson \(1988\)](#), [Varnes 1978](#) y [Wieczorek \(1984\)](#) como se describe a continuación:

- En primer lugar, cuando aparece la duda sobre si un cambio detectado es de tipo natural o artificial (antrópico), se procede con la comprobación sobre la ortofoto correspondiente para distinguir entre ambos.
- Si la clasificación es de un solo color, correspondiendo a los valores más bajos (valores entre -1 y 1), y el relieve sombreado tampoco pone en relevancia un cambio nítido de la morfología, las ortofotos de ambos años se pueden revisar para determinar si en la ortofoto más reciente se observa una zona fresca, erosionada o deprimida.
- Para el caso de deslizamientos traslacionales, la morfología común consta de un desplazamiento de la masa más o menos confinado, con una ligera rotación en la cabecera y rodeada por una fractura más o menos discreta.
- Los flujos de derrubios (debris flow) se muestran como una masa deformada que se extiende longitudinalmente y se observa fácilmente; en la mayoría de los casos desconectada y localizada en una zona externa a la de su área fuente. Este tipo de movimiento se asocia con arroyos pendientes donde la masa se acumula al final de los mismos en forma de abanico.
- Los flujos de tierra se encuentran en áreas de menor pendiente, con una ligera cicatriz y asentamiento en su cabecera, y una zona afectada más elongada o desplazada que la de deslizamientos traslacionales, pero con poca deformación.

- Los movimientos de ladera complejos se asignan cuando una combinación, o más bien, una transformación de un tipo de movimiento en otro se puede deducir. Por ejemplo, cuando se aprecia un escarpe ancho y profundo, pero la masa desplazada se elonga y desconecta de su área fuente, no siendo fácil de distinguir entre debris slide o debris flow.
- Cuando sólo se observan zonas con morfologías características de una rotura del terreno (ej. semielípticas o semicirculares), pero sólo se obtuvieron valores negativos en la clasificación (depresiones) que delimitasen una zona de escarpe bien marcado, o sin la aparición de un área de acumulación, estas zonas se designaron como movimientos de ladera incipientes.

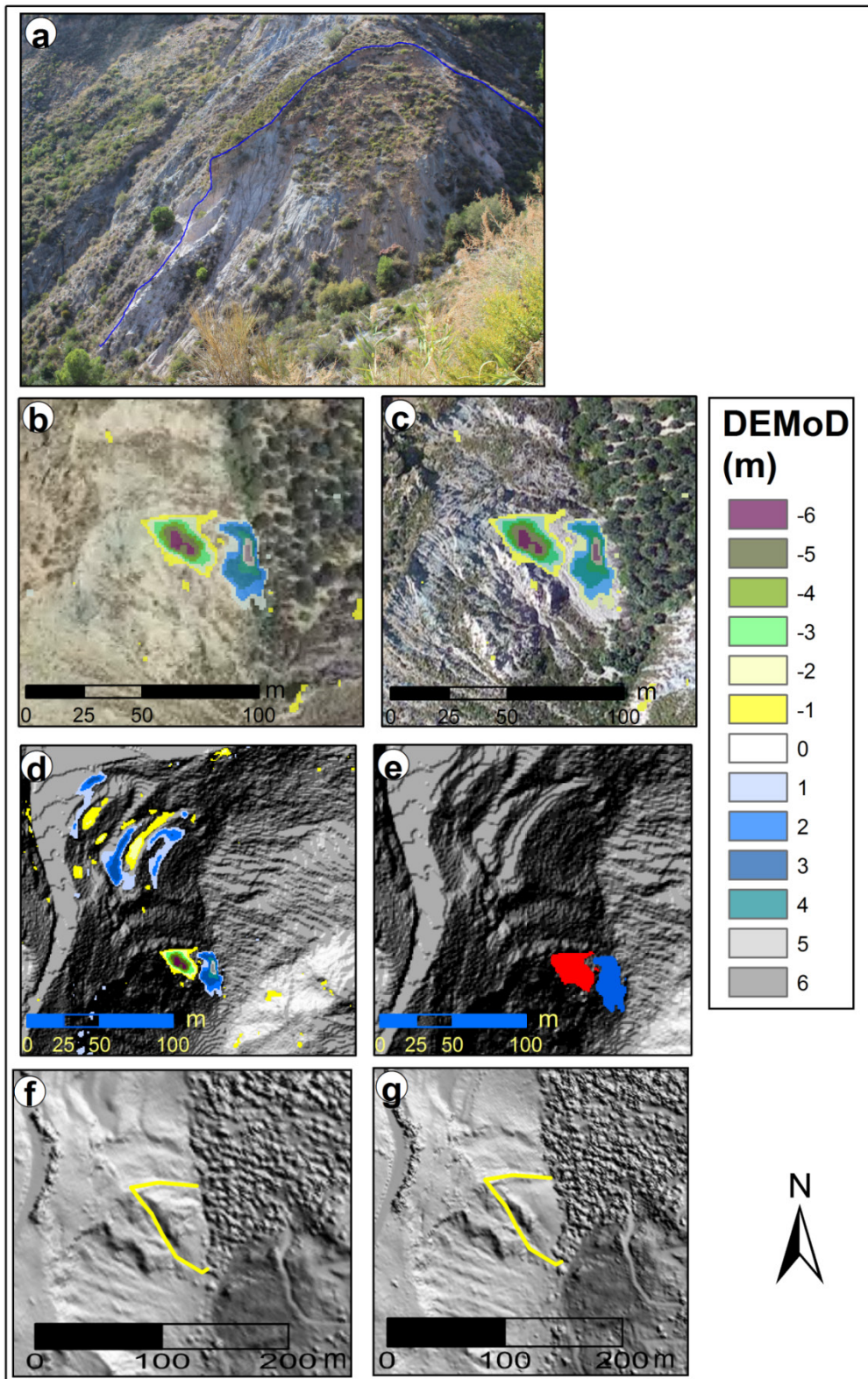


Figura 95 Deslizamiento traslacional etiquetado en la Figura 96. *a*: fotografía de campo del movimiento de ladera. *b* y *c* muestran el DEMoD combinado superpuesto a las ortofotos de los años 2007 y 2010, respectivamente. En *d*, el DEMoD se superpone sobre el relieve sombreado (DTM del año 2010) mostrando los resultados artificiales de movimiento de tierras; además del propio movimiento de ladera, cuyo asentamiento en la cabecera (rojo) y masa (azul) se distinguen en *e*. En *f* y *g* se muestran los relieves sombreados calculados sobre los DEMs de 2008 y 2010, respectivamente, así como la delimitación del área afectada por el movimiento de ladera antes y después de la rotura

5.4 LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

Tanto en relación con la resolución espacial de los datos como con la temporal existen algunas limitaciones que se discuten a continuación.

Teniendo en cuenta las incertidumbres de los instrumentos de captura de datos y el procesamiento aplicado, el desplazamiento mínimo absoluto considerado en la detección fue de 0,5 m (clasificado como 1 m o -1 m en la escala de color de valores discretos).

Respecto a la datación de eventos inventariados, esta vendrá acotada por el tiempo transcurrido entre las adquisiciones de datos, y sólo podrán establecerse periodos relacionados con la duración de los eventos desencadenantes probables. Por lo tanto, contrariamente a las técnicas de monitorización en tiempo real o en periodos cortos (diarios), usadas más bien en estudios de sitio, la frecuencia con la que se adquieren datos aéreos no suele permitir conocer las fechas de inicio y parada, o cambios importantes en la velocidad de desplazamiento (surge) con suficiente precisión. En la presente investigación, los movimientos de ladera podrían relacionarse con las lluvias de los meses entre diciembre de 2009 a marzo de 2010, según el registro hidrológico y la metodología basada en TLS empleada en periodos de tiempo más cortos (casi anual) sobre zonas comunes (Irigaray and Palenzuela 2013; Palenzuela et al. 2013) (ver sección 4.6.2.3). En cualquier caso, el límite de velocidad mínimo de los desplazamientos vendrá dado por la ventana temporal considerada y el cambio de elevación mínimo detectado (0,5 m en este caso).

Por otro lado, como se explica en la sección 5.3.5, los errores debidos a la resolución de los productos generados (2,5 m en este caso) y a los fallos en la clasificación de datos aumentan en las crestas de las montañas o donde predomina la topografía abrupta con grandes paredes de roca; lo que hace difícil la distinción entre verdaderos cambios geomorfológicos y estos errores. Por lo tanto, cuando se cartografían los rasgos del terreno en función de sus características dimensionales o morfológicas (cicatrices estrechas de erosión o depósito, acumulación desligada de su área de origen, etc.) los tipos de movimientos de ladera reconocibles se simplifican. Por ejemplo, sin incluir las caídas de rocas relacionadas con estas zonas abruptas. La resolución espacial, también limitará la detección de rasgos de menor tamaño que suelen analizarse a escala local o en estudios específicos de sitio (pequeñas deformaciones y grietas de tensión, pequeños retrocesos de escarpes, etc.); sobre todo si se producen cambios en la dimensión horizontal (vuelcos, retrocesos de escarpe, caídas de rocas) cuyo desplazamiento es menor que la dimensión del píxel, por lo que la asignación de elevaciones para esa unidad de terreno permanecerá idéntica. Para estos estudios de mayor detalle son más apropiadas técnicas de monitorización terrestres, como el TLS (ver Capítulo 4) o la GB-DInSAR (Interferometría de Radar de Apertura Sintética Terrestre).

5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer producto derivado de esta metodología consistió en un nuevo inventario multitemporal, al transcurrir más de un año entre las dos fechas (Noviembre de 2008 y Julio de 2010) de datos registrados (Guzzetti et al. 2012). Este inventario detallado,

obtenido a partir de la comparación de HRDEMs, se ha registrado en una base de datos georreferenciada (Figura 95, Figura 96 y Figura 97). Teniendo en cuenta la resolución del de los productos, el inventario se puede consultar y representar en diferentes escalas de interés; si bien la unidad de terreno utilizada (2,5 m en este caso) no permitirá mostrar resultados de detalle sobre desplazamientos diferenciales en movimientos singulares, como se hizo mediante la técnica de TLS expuesta en el capítulo anterior en partes menores de la zona inventariada (253 km²).

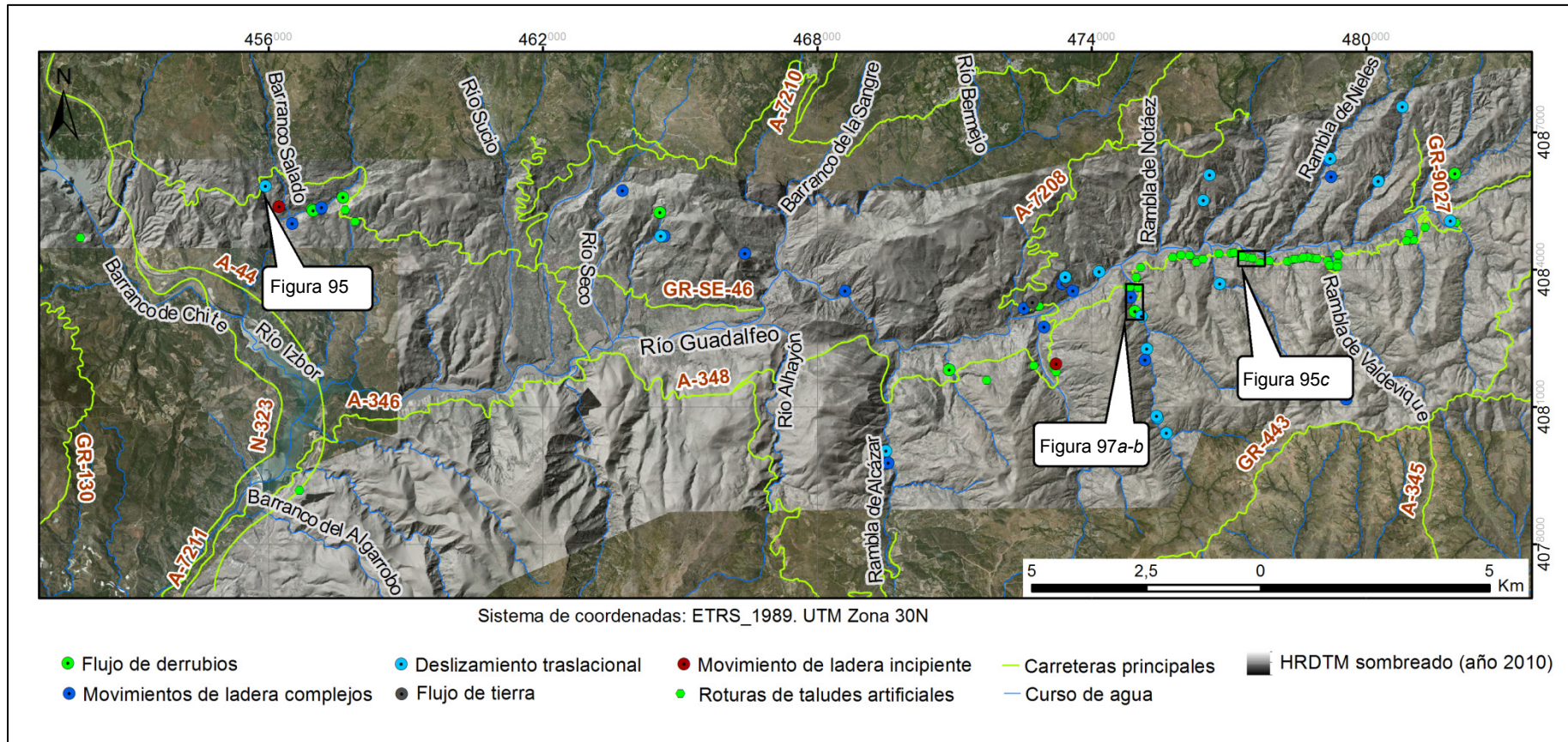


Figura 96 Mapa de inventario con los tipos de movimientos de ladera simbolizados. Las etiquetas indican la localización de las zonas mostradas a mayor escala en la Figura 95 y la Figura 97

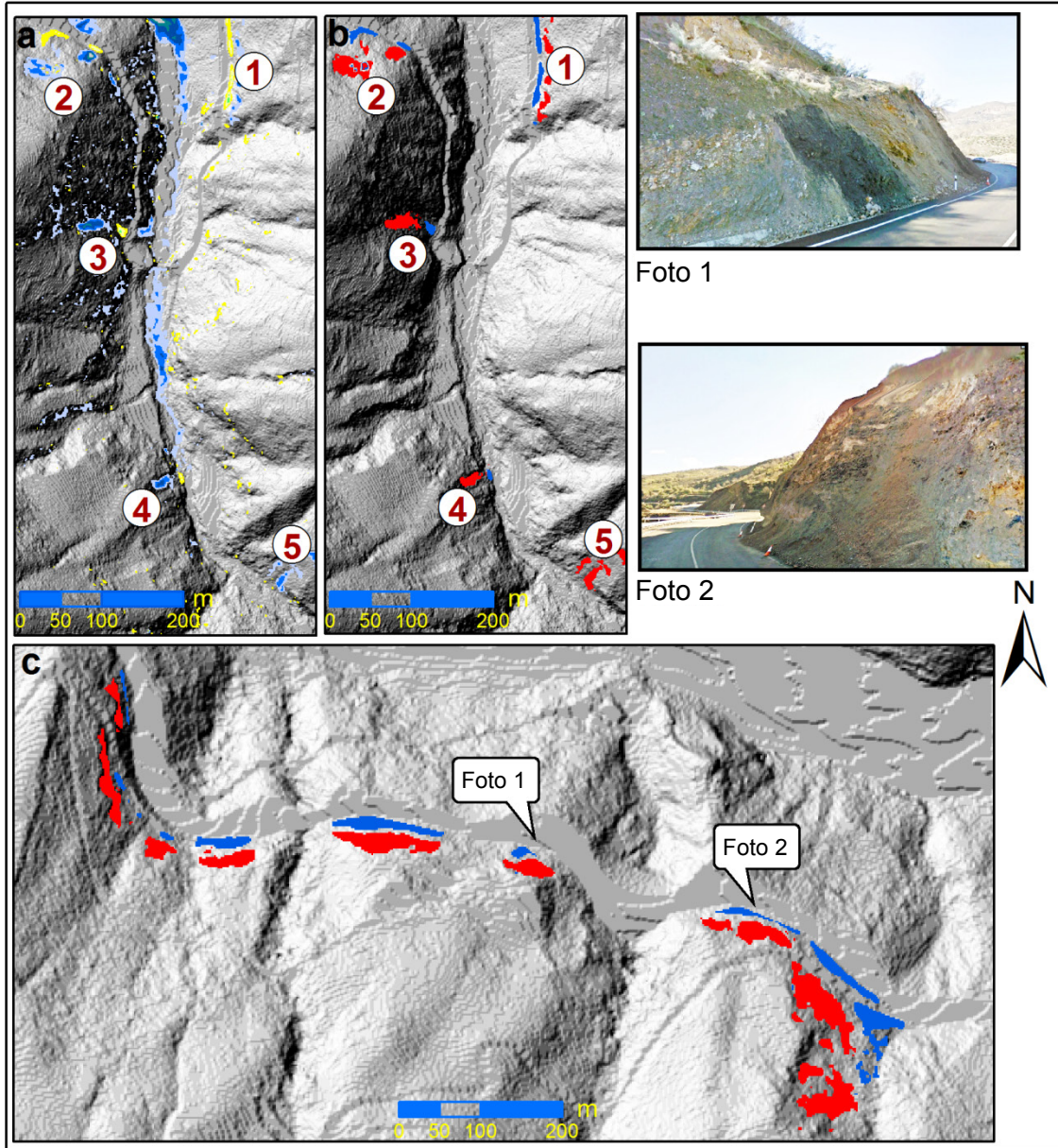


Figura 97 Ampliación de las zonas localizadas en la Figura 96. En a se muestran el relieve sombreado para el año 2010, con la superposición del DEMoD combinado; donde se delimitaron algunos movimientos de ladera sobre las zonas resaltadas con zonaciones cerradas de color. Estos movimientos se resaltan en b, diferenciando entre zonas de agotamiento (rojo) y acumulación (azul). Los números 1 y 2 se refieren a roturas de taludes próximos a una carretera; mientras 3-5 se refieren a movimientos de ladera naturales. De la misma manera, c muestra un ejemplo de roturas de taludes a lo largo de un tramo de la carretera. Como comprobación de la evidencia real de estos eventos, las fotografías 1 y 2 muestran 2 de las roturas de taludes presentadas en c

La aplicación total de la metodología sobre los datos ya adquiridos, se pudo desarrollar en un tiempo aproximado de 5 días (si bien no se midió el tiempo exacto en cada proceso) en toda el área de estudio. El reconocimiento visual y digitalización de los movimientos de ladera es la tarea a la que más tiempo se le dedicó, ocupando unos 4 días para revisar los diferentes cuadrantes o partes escaneadas. No obstante, si en la primera comparación se observara una buena correspondencia (ajuste) entre las diferentes pasadas de escaneo, se podrían ahorrar varias horas de trabajo, en función de las capacidades de los equipos informáticos disponibles. Así, comparando esta

metodología con los métodos revisados en [Guzzetti et al. \(2012\)](#), ésta proporciona una alternativa eficaz.

El mapa de inventario final consiste en dos capas separadas (Figura 96) registradas en una geodatabase, una con 47 movimientos de ladera naturales y otra que contiene 50 roturas en taludes artificiales. Aunque la fecha exacta no se conoce, la consecuencia más probable se debería a las lluvias excepcionales desde diciembre de 2009 hasta marzo de 2010 que también reactivaron algunos de los movimientos de ladera monitorizados mediante TLS (ver sección 4.6.2.3). Los movimientos de ladera naturales se clasificaron en 25 deslizamientos de derrubios, 17 deslizamientos complejos, 3 flujos de tierra y 2 deslizamientos incipientes; mientras que en el caso de las roturas en taludes artificiales, todos presentaron características típicas de deslizamientos de traslación con escasa deformación longitudinal.

Una vez completado el inventario, se determinaron las áreas afectadas por los movimientos de ladera. También se analizó el número de intersecciones espaciales entre cada movimiento o sus posiciones representativas (centroides) y las capas de susceptibilidad y litología ([DIPGRA and IGME 2007](#)), utilizando para ello diferentes herramientas SIG. Esto permitió analizar la distribución espacial del nuevo inventario con respecto a la litología y la zonificación de susceptibilidad existente en la zona; pero este análisis no trata de validar la susceptibilidad a partir de este mapa de inventario, ya que el mapa de susceptibilidad se ha evaluado usando un inventario con movimientos de diferentes edades (histórico), mientras que el nuevo inventario sólo incluye eventos ocurridos dentro de un periodo menor de 2 años (multitemporal). Por otra parte, aunque, precisamente, esta metodología intenta evitar la inspección intensiva de campo de eventos relacionados con movimientos de ladera, se llevaron a cabo campañas de trabajo de campo que permitieron confirmar algunos de los movimientos accesible o visibles desde áreas practicables (Figura 95a y fotografías de la Figura 97).

El primer resultado relevante que se deriva del nuevo inventario muestra una mayor área afectada por deslizamientos traslacionales en filitas con rocas calcáreas intercaladas (69,81 %), seguida por cuarcitas y esquistos cuarcíticos (15,16 %); mientras que el conglomerado, costra calcárea y travertino casi no son afectados por los distintos tipos de movimientos (Tabla 25, Tabla 26 y Figura 98). No obstante, si se tiene en cuenta la frecuencia de los movimientos detectados a partir de sus localizaciones puntuales representativas (centroides), el número de movimientos de ladera relacionados con la filita, cuarcita y esquisto cuarcíticos alcanzan casi la misma cifra (40 %), seguido por las rocas calcáreas (calizas, dolomías y calco-esquistos) con el 17 % de las roturas (Tabla 25). En general, el área cubierta por filitas es la zona más afectada. Esto puede atribuirse más bien al mayor tamaño de los deslizamientos traslacionales desarrollados sobre esta litología; ya que también la frecuencia de otros tipos de movimientos (deslizamientos complejos) (Tabla 25) resultó muy similar (17 deslizamientos frente a 18 deslizamientos complejos) y, sin embargo, se observa que la proporción de área afectada por los primeros es mucho mayor (71,88 % frente a 15,01 %). Por el contrario, en otras litologías, como cuarcitas y esquistos cuarcíticos, los deslizamientos ocupan una menor área (Figura 98). Los depósitos aluviales y derrubios se ven menos afectados por este tipo de fenómeno, aunque podrían estar más afectados por la erosión (más allá de los objetivos de esta investigación). La

menor zona afectada en las rocas donde el mecanismo de rotura predominante fue el deslizamiento traslacional (caliza conglomerado, dolomía, corteza calcárea y travertinos), se puede atribuir a la mayor calidad y resistencia de estas rocas competentes (estructura con menos discontinuidades, bloques y laminaciones).

Litología	Área afectada (%)	Puntos representativos (%)
Costras calcáreas y travertinos	0,08	----
Conglomerado	2,43	4,26
Depósitos aluviales y derrubios	3,73	----
Caliza, dolomía y calco-esquistos	8,78	17,02
Cuarcita y esquistos cuarcíticos	15,16	38,30
Filita con rocas calcáreas intercaladas	69,81	40,43
Total	100,00	100,00

Tabla 25 Área afectada por movimientos de ladera (área fuente + acumulación) y frecuencia relativa de puntos representativos según los tipos de litología

	Frecuencia	Área afectada (%)	Área afectada (x 100 m ²)
Incipiente	2	1,73	18,07
Flujo de derrubios	7	4,81	50,22
Flujo de tierra	3	6,56	68,45
Deslizamientos complejos	18	15,01	156,64
Deslizamiento traslacional	17	71,88	749,92
Total	47	100,00	1043,29

Tabla 26 Frecuencia absoluta de los puntos representativos y área afectada por movimientos de ladera (área fuente + acumulación) según los tipos de movimientos

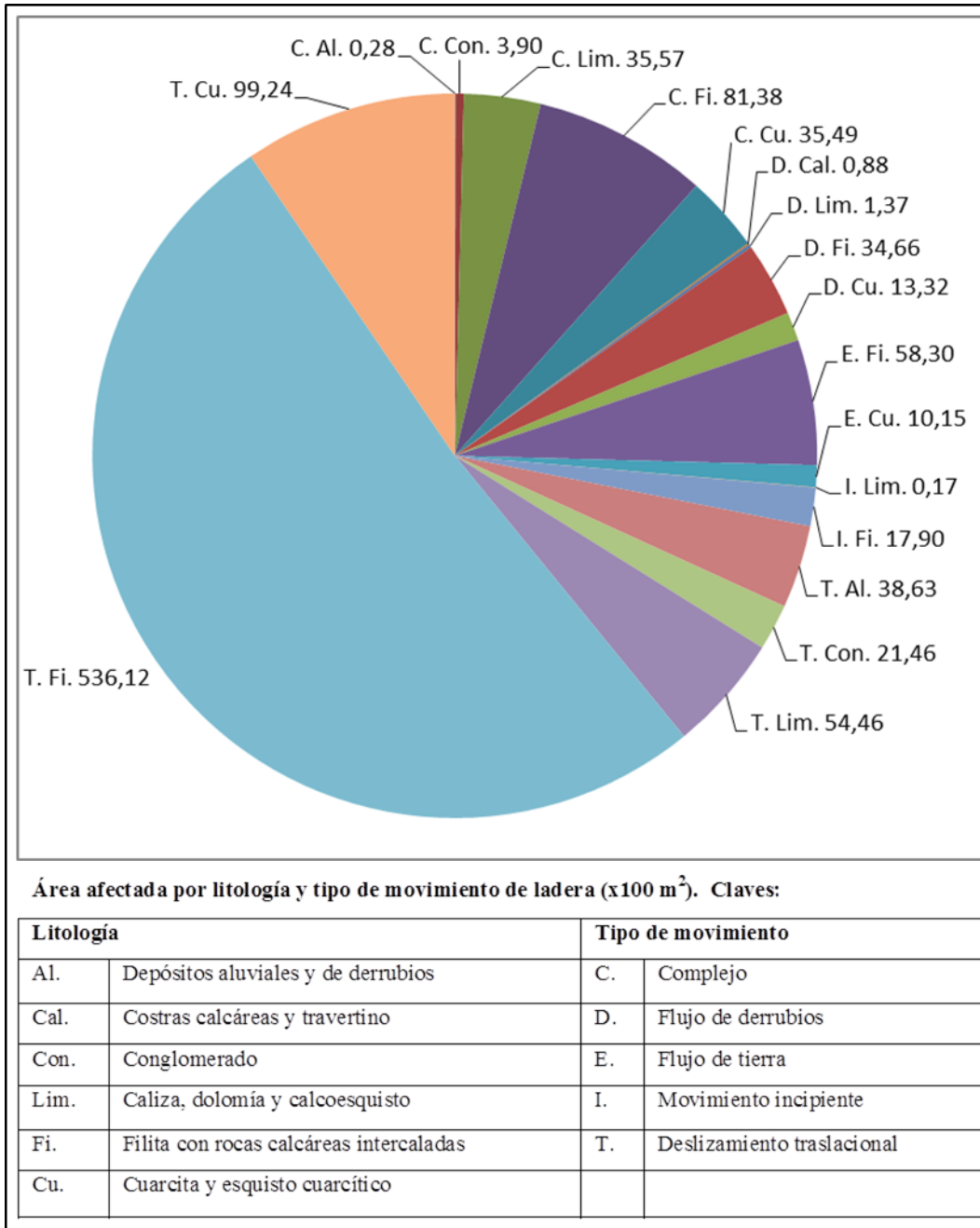


Figura 98 Área afectada por tipo de movimiento de ladera y litología

Entre otras características fácilmente reconocibles por esta metodología (modificación de márgenes de cauces fluviales, modificaciones antrópicas, etc.), las roturas de taludes también son procesos importantes que afectan directamente a las carreteras u otras infraestructuras y propiedades privadas; aunque éstas son controladas más bien por la calidad del diseño y de su construcción que por factores naturales. De esta manera, las áreas ligadas a 50 roturas con un comportamiento traslacional, y sus zonas de acumulación y de degradación, se inventariaron en una segunda base de datos georreferenciada. Este tipo de proceso, a diferencia de los fenómenos de movimientos de ladera naturales, mostró ser más frecuente en cuarcitas y esquistos cuarcíticos. Esto puede explicarse por la construcción y modificaciones de un largo tramo de carretera en la parte oriental con taludes de altas pendientes, donde

predominan el esquisto cuarcítico y una alta susceptibilidad al movimiento de ladera (Tabla 27 y Tabla 28).

Como se mencionó en la sección 3.5, existen mapas de susceptibilidad producidos en investigaciones previas para la zona de estudio (Figura 99); lo que permite cruzar los eventos del nuevo inventario con la capa de susceptibilidad, para comparar la distribución de los movimientos delimitados con las clases de susceptibilidad. Al llevar a cabo dicho contraste, en primer lugar se observó que las áreas de susceptibilidad de clase moderada se vieron afectadas en más del doble (69766 m²) respecto a las encontradas dentro de la clase de alta susceptibilidad (32544 m²) (Tabla 27 y Figura 100). No obstante, esta diferencia se minimiza al comparar el porcentaje de movimientos englobados en cada clase de susceptibilidad (57.47% versus 42.55 % teniendo en cuenta la frecuencia de los puntos representativos para las clases de susceptibilidad moderada y alta, respectivamente). En segundo lugar, el mecanismo de deslizamiento traslacional se encuentra en cada clase de susceptibilidad, incluso en la de menor grado. Respecto a las roturas producidas en taludes de carretera, la Tabla 28 muestra una mayor área cubierta por estos en zonas de susceptibilidad moderada (66,43 %), mientras que sus puntos representativos son más frecuentes en la clase de alta susceptibilidad (58 %).

El inventario cubre el periodo húmedo crítico (de lluvias especialmente duraderas e intensas) acontecido entre Octubre de 2009 y Marzo de 2010. Según los pluviómetros de las estaciones meteorológicas de Torvizcón y Órgiva, cercanos al área de estudio, la precipitación acumulada en tal periodo fue del 247 % (485 mm) y 221 % (782 mm) respecto a la media para dichos meses, respectivamente (Irigaray and Palenzuela 2013). De modo que el inventario puede coincidir con la ocurrencia múltiple, más o menos contemporánea, de eventos de movimientos de ladera como consecuencia de un evento desencadenante o MORLE.

Clase de susceptibilidad	Área afectada (%)	Área afectada (x 100 m ²)	Puntos representativos (%)
Baja	0,79	8,28	----
Muy baja	1,14	11,91	----
Alta	31,19	325,44	42,55
Moderada	66,87	697,66	57,45
Total	100,00	1043,29	100,00

Tabla 27 Área afectada por movimientos de ladera (área fuente + acumulación) y frecuencia relativa de puntos representativos según las clases de susceptibilidad

Litología	Área afectada (%)	Puntos representativos (%)
Conglomerado	----	----
Filita con rocas calcáreas intercaladas	7,31	16,33
Caliza, dolomía y calcoesquistos	7,88	4,08
Cuarcita y esquistos cuarcíticos	84,80	79,59
Total	100,00	100,00

Tabla 28 Área afectada por roturas en taludes artificiales (área fuente + acumulación) y frecuencia relativa de puntos representativos según los tipos de litología

Clase de susceptibilidad	Área afectada	Puntos representativos (%)
Moderado	66,43%	42,00%
Alto	33,57%	58,00%
Total	100,00%	100,00%

Tabla 29 Área afectada por roturas en taludes artificiales (área fuente + acumulación) y frecuencia relativa de puntos representativos según las clases de susceptibilidad

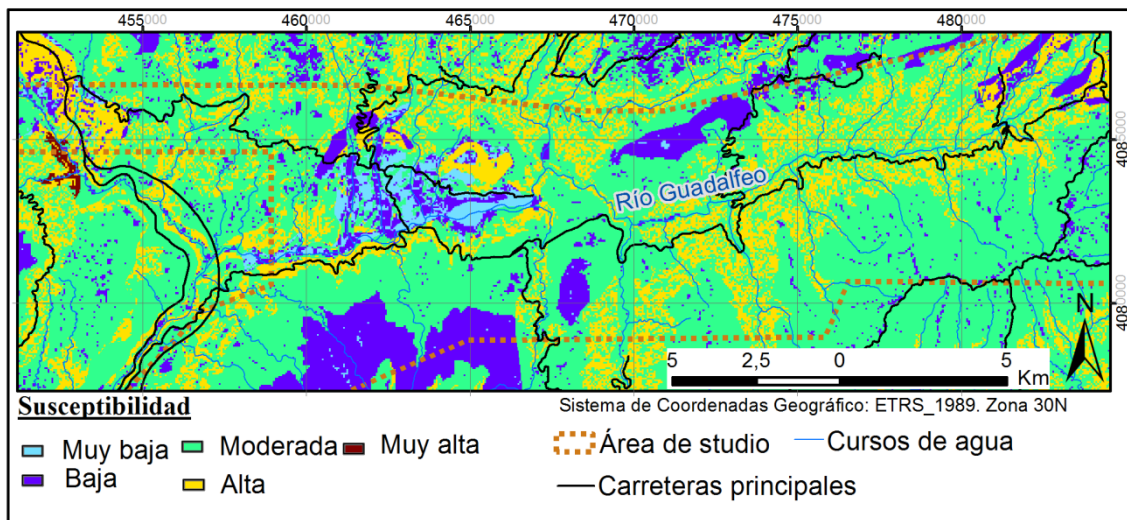


Figura 99 Zonación de la susceptibilidad sobre el área de estudio

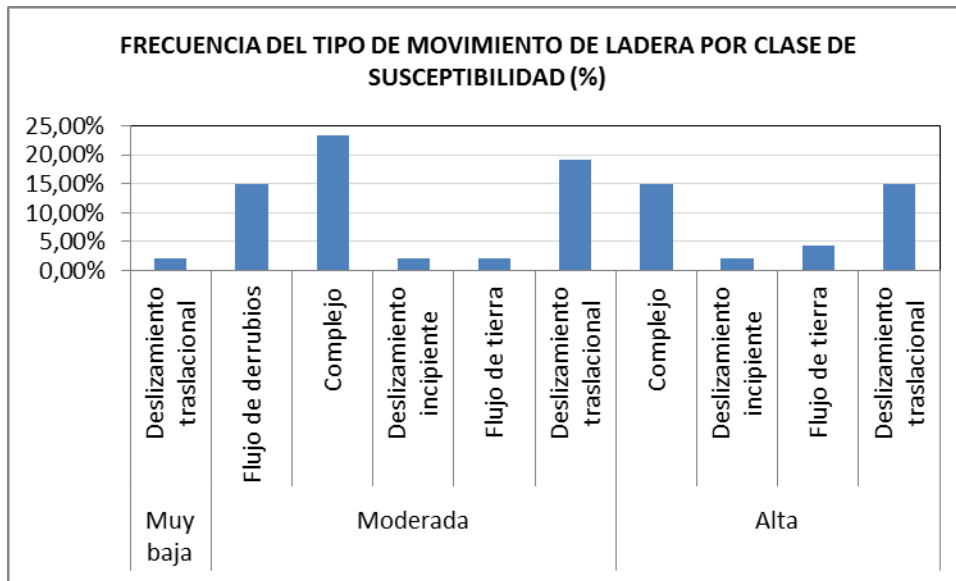


Figura 100 Frecuencia relativa de los diferentes tipos de movimientos de ladera según las clases de susceptibilidad

Capítulo 6. ESTIMACIÓN DE LA RECURRENCIA DE MULTIPLES MOVIMIENTOS DE LADERA DESENCADENADOS POR EVENTOS COMUNES (MORLE) MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SERIES DE DURACIÓN PARCIAL

6.1 INTRODUCCIÓN

Como se ha comentado en capítulos anteriores (ver secciones 2.4 o 2.6), para evaluar la peligrosidad o desarrollar sistemas de alerta, es importante que las bases de datos de inventarios o los catálogos de movimientos de ladera incorporen información sobre la fecha de ocurrencia y características del evento activador (sección 2.6.1.1), además de las características descriptivas del propio movimiento de ladera (tipo, tamaño). Sin embargo, aunque en muchas regiones amenazadas por dicho fenómeno existen inventarios de movimientos de ladera, estos raramente contienen información sobre la hora o el día de ocurrencia de los mismos; así mismo, tampoco se encuentran catálogos históricos lo suficientemente completos como para mostrar esa información (ver sección 2.6.6). La principal importancia del conocimiento de la fecha de ocurrencia de eventos de movimientos de ladera se encuentra en la posibilidad de correlacionar esto con diferentes umbrales ligados a su factor desencadenante (2.6.2.2.2, 2.6.3.6 y 2.6.4.2); sobre todo, si el número de movimientos inventariados no es suficiente como para calcular su frecuencia de ocurrencia directamente (2.6.3.1).

Tomando conciencia tanto de la importancia de las bases de datos de eventos de movimientos de ladera como de las dificultades y la variedad de metodologías para la colección de atributos, sobre todo de la fecha de iniciación o de sucesivas reactivaciones, hasta la actualidad se han dedicado esfuerzos dirigidos a la armonización de conocimientos y gestión relacionados con los movimientos de ladera en un marco internacional. Por ejemplo, en Europa la investigación llevada a cabo dentro del Programa Europeo sobre Climatología y Peligros Naturales (EPOCH) se centró en la ocurrencia temporal de movimientos de ladera en la Unión Europea (Panizza 1996), teniendo en cuenta la significativa evolución de la tecnología SIG (Casale et al. 1994; Dikau et al. 1996; Chacón et al. 2006a). Más tarde, la Directiva Europea de marzo de 2007 estableció el marco legal para el establecimiento de la INSPIRE (Infraestructura de Información Espacial en la Comisión Europea) (European Community 2007). De acuerdo con la citada Directiva, el Proyecto SafeLand (2009-2012) se centró en una nueva evaluación sobre el estado de las bases de datos regionales y nacionales de movimientos de ladera (Van Den Eeckhaut and Hervás 2012), sobre el número de movimientos inventariados; la completitud de las bases de datos (ej., en cuanto a información espacial, temporal y de las características de las roturas), el nivel de desarrollo de la evaluación del riesgo; el grado de conocimiento y de aplicación de los SIGs; consecuencias derivadas de tal fenómeno, y número de víctimas mortales. Los resultados de estos estudios muestran la falta de información histórica (datación de la iniciación y/o reactivaciones), necesaria cuando se trata de la evaluación cuantitativa de la peligrosidad. Esto se debe en parte a las dificultades

conocidas para reunir datos; pero también a que las instituciones oficiales son más propensas a analizar sólo los fenómenos que afectan directamente a la sociedad, incluso si no son la causa directa del daño, o sólo se trata del factor desencadenante (Aleotti and Chowdhury 1999; Guzzetti et al. 1999; Van Den Eeckhaut and Hervás 2012). Especial consideración se debe dar a las regiones asociadas con la orogenia alpina, por la que han emergido los relieves más jóvenes y altos, como es el caso de la Cordillera Bética. Este orógeno muestra altas tasas de remoción en masa debido a los movimientos de ladera (Chacón 2003; El Hamdouni et al. 2008; Jiménez-Perálvarez et al. 2011); donde la evaluación directa de la frecuencia temporal de movimientos de ladera está fuertemente obstaculizada por la inexistencia de catálogos o inventarios que incluyan las fechas de la ocurrencia de eventos o la cronología de su evolución. En estas circunstancias, el análisis de frecuencia indirecta o evaluación intermedia de la peligrosidad (Corominas and Moya 2008; Fell et al. 2008), relacionando umbrales de precipitación con eventos de movimientos de ladera, puede revelar nueva información de interés y utilidad para la planificación de usos del suelo o el desarrollo de sistemas de alerta.

En los movimientos de ladera inducidos por el factor común de la lluvia, los umbrales se pueden referir a la precipitación acumulada, humedad del suelo u otras condiciones hidrológicas. Cuando estos umbrales son igualados o superados, estas variables alcanzan la capacidad para desencadenar movimientos de ladera (Endo 1969; White et al. 1996; Reichenbach et al. 1998; Corominas 2000; Aleotti 2004; Wieczorek and Glade 2005; Guzzetti et al. 2007; Guzzetti et al. 2008; Vennari et al. 2014). Los umbrales se han aplicado a nivel global (Caine 1980b; Innes 1983; Jibson 1989; Crosta and Frattini 2001; Cannon and Gartner 2005; Guzzetti et al. 2008), regional (varios miles de km²), y local (hasta cientos de km²). Los modelos dedicados a la relación entre umbrales hidrológicos y movimientos de ladera se pueden regir por la física (modelos basados en procesos o modelos conceptuales) o por el establecimiento de umbrales empíricos (Aleotti 2004; Guzzetti et al. 2007; Guzzetti et al. 2008; Vennari et al. 2014). Los primeros tratan explícitamente los factores dinámicos que controlan la activación o reactivación de movimientos de ladera (Crosta and Frattini 2003); para lo cual se sirven de una información detallada que rara vez está disponible, limitando su desarrollo y aplicación (Aleotti 2004), aunque existen ejemplos en la literatura (Borga et al. 1998; Aleotti et al. 2003; Crosta et al. 2003; Li et al. 2011; Ma et al. 2014). Los últimos derivan en otra subclasificación, en función de si se utilizan directamente las medidas sobre el evento de lluvia que probablemente provocó el movimiento de ladera, o si se combinaron las condiciones antecedentes como el nivel freático, la humedad del suelo o la precipitación antecedente; esta última como parámetro empírico sustituto de la humedad del suelo (Terlien 1998; Guzzetti et al. 2007; Guzzetti et al. 2008). En la literatura pueden encontrarse numerosos ejemplos de investigaciones que usan las condiciones antecedentes ((Wieczorek and Glade 2005) y en las referencias dentro de este, (Lumb 1975; Crozier and Eyles 1980; Heerdegen 1989; Kim et al. 1991; Terlien 1996). Estos modelos empíricos son más adecuados en zonas con una falta de información sobre los sucesos de movimientos de ladera, mediante los que se correlaciona la ocurrencia de cambios en las precipitaciones y las variables climáticas (resumidas en Guzzetti et al. (2007) y Guzzetti et al. (2008)) con la de movimientos de ladera. De este modo, la frecuencia o período de retorno de esos umbrales son asignados directamente a los movimientos

de ladera (Corominas and Moya 2008) (sección 2.6.3.6). Aunque la fiabilidad de los resultados obtenidos dependerá de la calidad y la integridad de la base de datos (Glade et al. 2000), estos modelos son más factibles y ampliamente extendidos en la literatura (Borga et al. 2002; D'Odorico and Fagherazzi 2003; Guzzetti et al. 2004; Dykes et al. 2008; Hromadka and Phillips 2010). La mayor parte de la literatura relacionada con los movimientos de ladera desencadenados por la lluvia se centran en movimientos superficiales, ya que se inician directamente por influencias climáticas primarias tales como tormentas cortas e intensas; mientras que los movimientos de ladera más profundos dependen de variaciones en la precipitación anual a largo plazo (varios años) (Bonnard and Noverraz 2001; Aleotti 2004; Wieczorek and Glade 2005). A modo de ejemplo, los primeros umbrales globales que resultan en movimientos de ladera superficiales se llevaron a cabo por Caine (1980b); siendo estos actualizados en 2008 por Guzzetti et al. (2008), utilizando una base de datos de 2.626 eventos de lluvia relacionados con movimientos de ladera. Además, una revisión de los métodos aplicados sobre 124 umbrales empíricos vinculados al inicio de movimientos de ladera en todo el mundo se presenta en Guzzetti et al. (2007). De los umbrales referenciados dentro de esta revisión, 62 son de tipo regional y 53 locales. De los eventos de ladera recopilados, la fecha de ocurrencia se encontró para 112 de ellos.

En esta investigación, se ha desarrollado una metodología que integra las variables pluviométricas en un análisis de frecuencias sobre Series de Duración Parcial; haciendo posible la exploración de la evolución de la precipitación y la selección de anomalías significantes junto con su periodo de retorno observado. La dispersión de un pequeño número de movimientos de ladera en un área regional hace necesario el procesamiento y análisis de múltiples pluviómetros y largos registros de lluvia, lo que se agiliza mediante el uso de macros de automatización simples. Por otro lado, esta metodología permite seleccionar de forma interactiva diferentes eventos de lluvia, teniendo en cuenta la magnitud de diversas variables pluviométricas para diferentes periodos antecedentes hasta la fecha de ocurrencia de cada movimiento de ladera catalogado. Esto se lleva a cabo a partir de la selección interactiva del inicio y final del evento pluviométrico sobre las salidas gráficas del análisis de frecuencia, y basándose en criterios para mantener el evento de lluvia más adecuado sin sobreestimar o subestimar el periodo de retorno. La selección de tales límites se apoya en el espectro del periodo de retorno representado sobre los mismos gráficos; ya que ha mostrado ser un índice adecuado para la diferenciación de picos comunes sobre la lluvia acumulada de aquellos que producen verdaderas anomalías.

Teniendo en cuenta la importancia y la utilidad del análisis tanto de umbrales de eventos de lluvia como de su recurrencia temporal en la evaluación de la peligrosidad de movimientos de ladera, además de la ausencia de catálogos históricos con datación de eventos para el área de estudio, esta parte de la investigación se centra en la compilación documental de dichos eventos; así como en el desarrollo de una metodología basada en el análisis estadístico de la frecuencia de variables pluviométricas para ampliar la información disponible respecto al área de estudio. Esto permitirá la detección de diferentes anomalías sobre variables pluviométricas y el cálculo de su periodo de retorno relacionado con la ocurrencia de los movimientos de ladera. Esta metodología se aplica y discute sobre movimientos catalogados a escala regional (2.370 km²), coincidentes con dos episodios de lluvias importantes que

tuvieron lugar durante las estaciones húmeda de los años hidrológicos 1996 - 1997 y 2009 - 2010. Debido a la concentración, o estrecha relación temporal de los movimientos de ladera que pudieron ser catalogados, cada uno de esos periodos podría considerarse como un MORLE. Y como se menciona en las partes anteriores de la presente investigación, estos eventos son interesantes desde el punto de vista de la información que puede extraerse en relación con los procesos naturales que desencadenan.

6.2 MATERIALES Y DATOS

Generalmente, la investigación sobre las características de eventos de lluvia que desencadenan movimientos de ladera y su recurrencia temporal, comienza con la búsqueda de información necesaria sobre eventos de movimientos de ladera y las variables de lluvia asociadas.

Debido a la ausencia de un catálogo o base de datos de movimientos de ladera, esta parte de la investigación, en primer lugar, implica la búsqueda de información documentada sobre eventos de movimientos de ladera para el área de estudio, la cual se restringido por dificultades comunes bien conocidas ([Ibsen and Brunsden 1996](#)) (ver sección 2.6.6). Por un lado, esta actividad no sólo se obstaculiza por la falta de información disponible al respecto en las instituciones oficiales, sino también por los procesos burocráticos necesarios para obtener directamente los datos o para acceder a los informes o proyectos específicos. Por otro lado, la información proporcionada por las fuentes seleccionadas normalmente está incompleta, y más bien tratan sobre los daños y la alteración social que sobre las características del fenómeno natural que los causa. Entre otras fuentes de información, el medio más factible encontrado fue el del diario provincial, IDEAL. Comenzando por la ecualización de las series pluviométricas más largas, se seleccionaron algunas estaciones húmedas con el objeto de buscar información relacionada con movimientos de ladera en el periódico. El origen del diario IDEAL data del 8 de mayo de 1932 ([IDEAL 2014](#)), mientras que la mayoría de los registros de lluvia del área de estudio comienza a mediados de los 40. Por lo tanto, el periodo disponible para la búsqueda y catalogación de información es de unos 70 años. La búsqueda de los eventos de movimientos de ladera continúa con una lectura somera sobre los títulos, sumarios en las portadas e incluso en páginas interiores publicadas en fechas cercanas a las de las estaciones húmedas seleccionadas. Seguidamente se imprimieron y escanearon las páginas con contenidos relacionados con movimientos de ladera (del archivo editorial escaneado) o se guardaron en formato digital (páginas descargadas desde la hemeroteca digital que comienza en junio de 2006), y a continuación se revisaron con más detalle para separar eventos de ladera o relacionar diferentes noticias sobre el mismo evento. De estas revisiones se obtuvo una base de datos preliminar con 166 noticias relacionadas con movimientos de ladera, aparte de otras sobre fenómenos coalescentes (ej. inundaciones importantes). No obstante, de la información recopilada para el área de estudio, y añadiendo algunos eventos más a partir de trabajos de investigación anteriores sobre el área ([Irigaray et al. 2000](#)), sólo se mantuvieron un total de 20 eventos con información más precisa sobre su fecha y localización (Tabla 30 y Figura 101), cubriendo las estaciones húmedas de 1996-1997 y 2009-2010. Las tablas resumen de estos eventos, así como los extractos del diario e imágenes para determinar la fecha y

cotejar la localización de aquellos encontrados en el diario IDEAL se han incorporado al Anexo III. Otra información acerca del tamaño, tipo u cualquiera relacionada con las lluvias que desencadenaron los movimientos de ladera fue difícil de conseguir, o sencillamente inexistente. El lenguaje usado por los testigos o periodistas no suele ser científico, y con frecuencia los términos empleados son de carácter cualitativo y ambiguo (colapso, desprendimiento de rocas, movimiento de tierras, la tierra echó a andar, etc.). Sin embargo, los tipos de movimientos más probables (taludes contruidos por la mano del hombre y laderas naturales) se asignaron mediante la interpretación de las descripciones de la literatura y fotografías que la acompañan (hundimiento de tramos de carreteras, rotura de puentes, etc.) (Ver Tabla 30). De igual modo se simplificaron los tipos de movimientos de ladera (deslizamiento, caída de rocas o complejos). Cuando esta interpretación no fue posible, se insertó el tipo de clase “desconocido”. Además, la fecha se pudo deducir de la información localizada en la literatura (ayer un movimiento de ladera, la pasada “fecha” un desprendimiento, etc.). También fue posible extraer la localización exacta para 12 de los movimientos de ladera a partir de las fotografías, y mediante el cotejamiento con imágenes recientes del visualizador Google Earth®; mientras que las demás fueron centradas de forma aproximada dando con un error radiar, teniendo en cuenta el área más lejos de la que la descripción o la localización sobre las imágenes no tienen sentido.

Para asignar la litología se extendió el mapa geológico al área total que se muestra en la Figura 101; para lo que se integraron de las capas digitales de 9 mapas originales de escala 1:50.000 en un GIS. Del mismo modo se modelizó la topografía a partir de bases de datos de LiDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (IGN 2008-2012), lo cual permitió el análisis espacial del gradiente de la pendiente del terreno que se añadió a la Tabla 30.

Debido a la dispersión de los eventos de movimientos de ladera y los pluviómetros, el método para seleccionar estos pluviómetros se basó en su proximidad a la localización de los movimientos de ladera y la longitud del registro de cada pluviómetro. Para analizar estas características, inicialmente, la localización de los datos pertenecientes a 64 pluviómetros proporcionados por la Red de Información Ambiental de la Agencia Regional del Agua y el Instituto Nacional de Meteorología (AEMET 2014; Agencia de Medio Ambiente y Agua 2014), se proyectaron en una capa geográfica digital. De estos pluviómetros, los que se proyectaron dentro de 3 km de distancia desde la localización del movimiento de ladera se seleccionaron por medio de una operación buffer. Cuando se encontró más de un pluviómetro dentro de esa distancia, el que presentó mejor relación proximidad-longitud del registro se asoció con el evento de movimiento de ladera para ser usado en el cálculo de variables pluviométricas y el análisis de frecuencia (secciones 6.3.1 a 6.3.3). Así, finalmente se seleccionaron un total de 12 estaciones pluviométricas (Tabla 30).

ID EVENTO MOV. DE LADERA	ID PLUVIÓMETRO	FECHA DE EVENTO	TIPO DE LADERA*	INCLINACIÓN MEDIO (°)	LITOLOGÍA **	TIPO DE MOVIMIENTO DE LADERA***	Elevación (m)
31	183	03/02/1996	S	23,53	CR, SC, P	RF	779
39	225	31/01/1997	X	24,12	P	SL	60
42	225	25/12/1996	S	27,43	SC	SL	131
44	100	04/01/1997	N	27,87	SC	SL	358
45	153	06/01/1997	N	34,03	MS	COM (SL-RF)	881
45	153	30/01/2010	N	34,03	MS	COM (SL-RF)	906
49	8	02/01/1997	N	17,31	NQ	SL	303
50	22	08/01/1997	X	23,46	SC	COM (SL-RF)	973
60	225	27/01/1997	X	27,43	SC	COM (SL-RF)	973
72	220	06/02/2009	X	37,18	SC	COM (SL-RF)	1215
74	154	30/01/2009	N	31,47	SC	SL	33
78	22	26/12/2009	S	35,56	SC	RF	577
89	447	07/01/2010	N	28,08	CR, SC	RF	955
94	141	05/03/2009	N	29,29	CR	COM (SL-RF)	370
101	102	20/12/1996	X	21,38	CR, SC, P	RF	335
102	141	20/12/1996	X	25,36	CR, P	RF	370
110	392	12/11/1996	X	14,79	NQ	COM (SL-RF)	370
114	153	12/11/1996	X	25,19	MC	RF	328
153	225	01/01/1997	S	23,8275	SC, P, CR	COM (SL-RF)	559
155	225	08/01/1997	S	27,43	SC	RF	317

Tabla 30 Referencia o ID del evento de movimiento de ladera, referencia de la estación pluviométrica más cercana, fecha y características del movimiento de ladera. *TIPO DE LADERA: N (Natural), S (rotura de talud), X (varios tipos o desconocido). **LITOLOGÍA: CR (Rocas calcáreas, calizas, dolomías, mármoles y calcoesquistos), P (Filita), SC (Esquistos), MS (Micaesquistos), NQ (Detritus indiferenciado del Neógeno y Cuaternario). ***TIPO DE MOVIMIENTO DE LADERA SIMPLIFICADO: RF (Caída de rocas), SL (Deslizamiento), COM (Complejo)

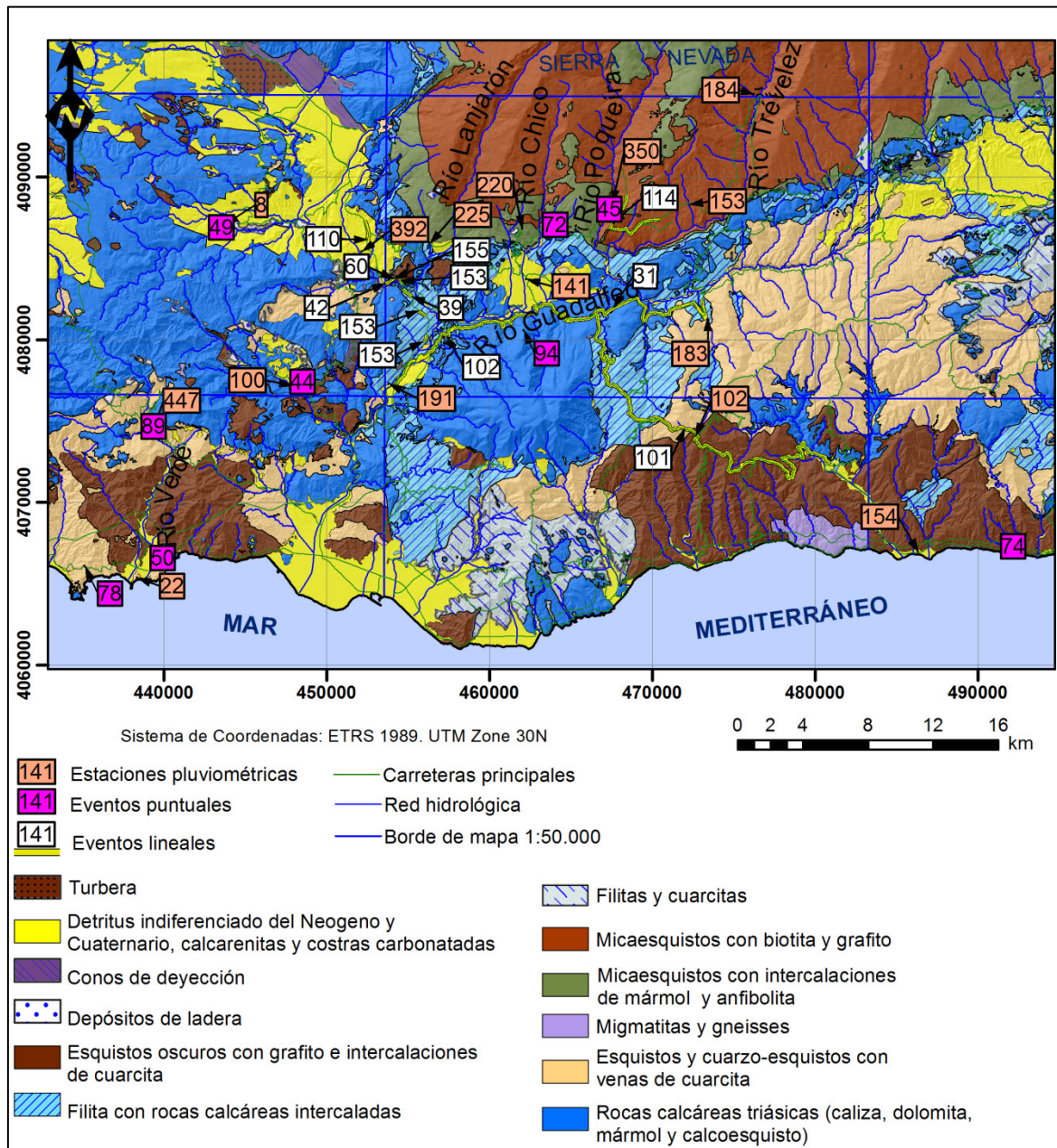


Figura 101 Proyecciones de los eventos de ladera y estaciones pluviométricas sobre el área de estudio

6.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Cuando se trata la estimación de peligrosidad a través de la evaluación de umbrales de lluvia aparecen dos cuestiones principales:

1. ¿Cuál, o cuáles son los valores más probables de una variable pluviométrica o una combinación de ellas para desencadenar movimientos de ladera?

Esto es, el umbral experimental basado en variables pluviométricas.

2. ¿dentro de qué periodo se espera que un movimiento de ladera se repita en las mismas condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas?

Lo que se refiere al periodo de retorno.

Para responder a la primera cuestión, y asumiendo que la investigación parte del desconocimiento de la duración, la intensidad o la lluvia acumulada asociada al desencadenamiento de cualquier proceso de movimiento de ladera, es necesario analizar las series pluviométricas para obtener dicha información. De esto deriva que deba de evaluarse un amplio periodo de lluvia acumulada para diferentes duraciones en lugar de un conjunto menor; y más amplio para el caso de movimientos profundos que para el de los superficiales (ver sección 2.6.3.6). Seguidamente es posible supervisar, analizar e interpretar la información generada sobre diferentes variables. De estas, aquellos valores que muestran anomalías o magnitudes atípicas identificarán la rareza o singularidad de los umbrales.

Una vez fijado el umbral, la segunda cuestión se puede responder mediante un análisis de frecuencia de eventos pluviométricos del pasado, en los que las mismas variables alcanzaron o sobrepasaron ese límite.

Para hacer frente a estas cuestiones se llevó a cabo una metodología específica, como se describe a través de los pasos descritos en las siguientes secciones.

6.3.1 Generación de variables pluviométricas

En la literatura se usan variables comunes para el análisis de la lluvia relacionada con los movimientos de ladera. La Tabla 31 muestra los términos usados en este documento, junto con sus unidades y referencias; algunos de ellos ya recogidos en [Guzzetti et al. \(2007\)](#) y [Guzzetti et al. \(2008\)](#).

Teniendo en cuenta la doble acción de la precipitación, como factor condicionante y como factor desencadenante, en primer lugar se calcula la cantidad total de lluvia acumulada (E) durante diferentes eventos pluviométricos, desde una fecha inicial (t_0) hasta la de la del día en que se dató el movimiento de ladera (LD). Sin embargo, para obtener la frecuencia diaria con la que se da cada valor de E , no basta con calcular únicamente el valor para el día LD , sino también para cada fecha del registro completo de la serie de lluvia diaria. Además, es necesario conocer la frecuencia de los valores de E para las diferentes duraciones y los diferentes pluviómetros seleccionados. Por lo que finalmente se calculan todos los valores de E resultantes para cada fecha de los registros de lluvia de cada pluviómetro (G) y para distintas duraciones (D), notado como E_{DG} . Como se puede intuir, el número de cálculos para cada serie pluviométrica se incrementa considerablemente en proporción directa al número de días (longitud de la serie temporal) y el número de las diferentes duraciones analizadas; por lo que para abordar estos cálculos se crearon macros de tipo VBA (Visual Basic Application), y se acumularon las lluvias para distintos valores de t_0 , desde la fecha del movimiento de ladera hasta el 89avo día anterior. De este modo, este proceso maximiza la información relacionada con la lluvia al extender el rango de duración hasta un máximo de 90 días ($t_0 = \{LD, LD-1, LD-2, \dots, LD-89\}$). En los pasos siguientes (sección 6.3.2), la obtención del periodo de retorno asociado con E_{DG} permite la exploración de anomalías y el análisis de frecuencia sobre las condiciones de la lluvia que probablemente vuelva a desencadenar movimientos de ladera en el futuro, dentro de las mismas características geomorfológicas.

En el Anexo IV se ha incluido un manual con los procedimientos para la utilización de hojas de cálculo y macros creadas para llevar a cabo esta y las siguientes fases de la metodología. En el apartado A del Anexo V se muestra una tabla ejemplo con extractos de filas con los valores calculados para diferentes duraciones referidos a una estación pluviométrica. Este ejemplo ilustra de forma equivalente todos los demás resultados sin la necesidad de incorporar las numerosas filas (millones) que se generan en los múltiples archivos correspondientes a todos los pluviómetros.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	REFERENCIA
LD	Fecha del movimiento de ladera o día en que ocurrió. Corresponde con el día del evento de lluvia con la mínima duración (D=1)	dd/mm/aaaa	Este documento
D	Duración del evento de lluvia en consideración para cualquier variable	d	(Caine 1980b)
E	Lluvia acumulada del evento desde el comienzo del evento de lluvia (t_0) hasta el día de la rotura. También conocido como lluvia de la tormenta	mm	(Innes 1983)
R	Lluvia diaria	mm	(Crozier and Eyles 1980)
I	Intensidad media. Razón de precipitación sobre el periodo considerado (duración). En el presente trabajo el término intensidad siempre se refiere a la intensidad media sobre la duración del evento considerado (precipitación / duración)	mm/d	(Caine 1980b)
A	Lluvia antecedente. El total (acumulado) de precipitación medida durante el evento de lluvia que precede al desencadenamiento del movimiento de ladera	mm	(Govi and Sorzana 1980)
SL	Fecha de inicio del evento de lluvia o tormenta dentro de la que ocurrió el movimiento de ladera	dd/mm/aaaa	Este documento
SA	Fecha del comienzo de la lluvia antecedente	dd/mm/aaaa	Este documento
EA	Fecha del final de la lluvia antecedente	dd/mm/aaaa	Este documento
E_{DG1}	Lluvia acumulada desde SL a LD, incluyendo un máximo de 5 días de duración del evento de lluvia	mm	Este documento
E_{DG2}	Lluvia acumulada desde SA a LD	mm	Este documento
E_{DG3}	Lluvia acumulada desde EA a LD	mm	Este documento
A_{DG1}	Lluvia acumulada desde el comienzo de la lluvia antecedente hasta el final de la última anomalía previa a E_{DG1}	mm	Este documento
A_{DG2}	Lluvia acumulada desde SA al día previo a SL	mm	Este documento
F_A	Frecuencia anual acumulada	Adimensional	Este documento
F_{AEX}	Frecuencia anual de excedencia	Adimensional	Este documento
T	Periodo de retorno	y	---
T_{ME}	T medio para una anomalía de A_{DG}	y	---
T_U	Límite superior de confianza para T o T_{ME} al nivel de confianza del 90%	y	(Oosterbaan 1988)
T_L	Límite inferior de confianza para T o T_{ME} al nivel de confianza del 90%	y	(Oosterbaan 1988)
FC	Lluvia acumulada hacia adelante (en el tiempo) desde el día 89 antes del evento de movimiento de ladera (LD)	mm	Este documento

Tabla 31 Lista de variables y unidades usadas en el presente trabajo, añadiendo la cita del primer trabajo que introdujo parámetros básicos importantes. El sufijo DG indica una duración y pluviómetro específicos

6.3.2 Análisis de frecuencia y periodo de retorno

Por cada pluviómetro no hay muchos eventos de ladera; en cambio, existen muchas combinaciones de variables, cada una dando una serie temporal. Debido a la gran cantidad de cálculos que se pueden derivar según lo anterior, y puesto que el objetivo no trata de la estimación de cuartiles, más común en predicción de inundaciones, no se pretende aquí calcular valores predichos por el ajuste de curvas (tarea tediosa sin la suficiente automatización). Por el contrario, se calculan la frecuencia y el periodo de retorno experimentales (observados). El procedimiento general del análisis de frecuencia consiste en los siguientes pasos:

- Evaluar las Funciones de Distribución Acumulativa (CDFs) de la lluvia acumulada para cada duración (D) y cada pluviómetro (G), aplicando el método de ordenamiento de Weibull (Weibull 1939; Gumbel 1968; Barnett 1975; Helsel and Hirsch 2002; Duggal and Soni 2005; Makkonen and Pajari 2014), ampliamente aceptado (Ec. 24). Esto genera un gran número de series temporales diarias (90 duraciones x 12 pluviómetros en total), en las que se contiene la correspondiente frecuencia diaria, bien sea en términos de probabilidad acumulativa (F_D) o probabilidad de excedencia (F_{EX}). La primera representa la probabilidad de no sobrepasar un valor x que pertenece a la variable X , y la segunda representa la probabilidad de que ese valor x sea sobrepasado (es decir, $F_{EX} = 1 - F_{DG}$). En esta investigación, en la que se tiene por objetivo el desarrollo de técnicas para la estimación de la peligrosidad de movimientos de ladera, se consideran más adecuadas las Series de Duración Parcial (PDS) (Cunnane 1973). Esto se justifica en el hecho de que más de un pico diario de lluvia, o más bien, un periodo más largo de percolación del agua en el terreno, puede ser necesario para desencadenar o reactivar roturas al incrementar la presión del agua de los poros (Iverson 2000). De este modo, se pueden analizar las variables pluviométricas sobre un rango amplio de datos, mayor que la longitud de la serie en años; a diferencia de la práctica común en el análisis de frecuencia de inundaciones que analizan Series de Máximos Anuales (AMS) o Inundaciones Máximas Anuales (MAF) (Cunnane 1973; Mkhani et al. 2005; Mohssen 2009).

$$\text{Ec. 24} \quad F_D = i / (N + 1)$$

donde i es la posición ordenada de los datos y N es el número total de registros de lluvia extraídos de la serie de lluvia

- Las PDS anteriores se transforman en series anuales por medio de la Ec. 25, que introduce la razón de ocurrencia k (Cunnane 1973; Mohssen 2009).

$$\text{Ec. 25} \quad F_A = F_D \cdot k$$

donde F_A es la frecuencia acumulativa anual

Si un fenómeno aleatorio tiene un número N de posibilidades de ocurrir (“repeticiones o realizaciones de un experimento”), e i es el número observado de ocurrencias de este fenómeno (Duggal and Soni 2005), entonces al aplicar el coeficiente k a F_D las posibilidades de ocurrencia anual pueden aumentar, permanecer invariables o disminuir. Esta variación depende de la razón resultante ($k > 1$, $k = 1$ o $k < 1$)

respectivamente), dependiente de la relación entre el número de registros usados en el análisis respecto a la longitud total de la serie en años - Y - (Ec. 26).

$$\text{Ec. 26} \quad F_A = k \cdot \frac{i}{N+1} = \frac{\text{No. días} + 1}{\text{No. años}} \cdot \frac{\text{No. ocurrencias de } X \leq x}{\text{No días} + 1} = \frac{N+1}{Y} \cdot \frac{i}{N+1} = \frac{i}{Y}$$

- Finalmente, el periodo de retorno (T) junto con sus bandas de confianza se evalúan para cada valor de la variable. El periodo de retorno es inversamente proporcional a la frecuencia de excedencia anual, $F_{AEX} = K*(1 - F_D)$. Las bandas de confianza (T_L y T_U) representan el error para el nivel de confianza del 90%, usando e implementando el método de Oosterbaan (1988) en las hojas de cálculo. Este se basa en la distribución de tipo binomial, y también se puede encontrar disponible en el software específico para ajustes de distribuciones CumFreq (CumFreq 2014).

En la Tabla 32 se muestra un ejemplo de los cálculos básicos del análisis de frecuencias. En este ejemplo se aprecian la lógica y resultados comunes de un análisis de PDS. Cuanto mayor es el valor x mayores son el orden y la frecuencia acumulativa. También se incrementa T con el orden hasta que alcanza el máximo para el mayor valor de x una vez para toda la serie de datos, esto es, cuando T se iguala a Y. Así, en el ejemplo de la Tabla 32 se observa que la frecuencia acumulada para eventos con x muy bajos es muy alta y se sobrepasan fácilmente todos los días del año ($F_{AEX} \sim 365$); por tanto, con periodos de retorno de aproximadamente de 1 día ($T = 0,003$ a). Por el contrario, según las observaciones, se espera que el valor máximo se sobrepase una vez en 66,2 años ($T = 66,205$ a).

Longitud de la serie		x ordenada	Núm. Ocurrencias de [X ≤ x]	F _D	F _A	F _{AEX}	T (a)
N	Y						
Días	Años	mm	Rank, i				
24165	66,21	0,0	1	0,00004	0,02	365,00	0,003
<i>k</i>		0,0	2	0,00008	0,03	364,98	0,003
365,02		0,0	3	0,00012	0,05	364,97	0,003
		0,5	4	0,00017	0,06	364,95	0,003
	
		85,0	24150	0,99934	364,77	0,24	4,138
	
		350,0	24160	0,99975	364,92	0,09	11,034
		410,0	24164	0,99992	364,98	0,03	33,103
		520,0	24165	0,99996	365,00	0,02	66,205

Tabla 32 Ejemplo sobre resultados básicos tabulados del análisis de frecuencias basado en PDS diarias, transformadas a series anuales

En el apartado B del Anexo V se muestra una tabla ejemplo con extractos de filas con los valores calculados para diferentes duraciones referidos a una estación pluviométrica.

6.3.3 Determinación de umbrales mediante la selección de la lluvia antecedente acumulada asociada a la ocurrencia de movimientos de ladera

Para cada una de las 90 series de datos completas, con los valores de las variables y frecuencias calculadas para las diferentes duraciones establecidas, una nueva macro busca automáticamente los valores correspondientes a la fecha del movimiento en

cuestión. El proceso se repite para cada movimiento de ladera catalogado, guardando los resultados en hojas de cálculo separadas. Por último, las 20 hojas resultantes se exportan a un nuevo libro de cálculo donde serán sometidos a un análisis común. Los resultados de estas nuevas hojas se pueden visualizar en los apartados C-D del Anexo V.

La Figura 102 muestra un ejemplo de resultados gráficos del evento de movimiento de ladera 49, usando las series de lluvia diarias de la estación pluviométrica 8. El eje horizontal muestra la variable duración (D) en días (d). Sobre este eje, el valor $D=1$ corresponde a LD (02/01/1997), mientras que $D=90$ corresponde con el t_0 más antiguo (05/10/1996) o el 89avo día anterior a LD. Las lecturas del periodo de retorno se dan sobre el eje vertical derecho en años (a), mientras que la lluvia diaria y acumulada se leen en el eje izquierdo. La curva de T está limitada por las bandas de T_L y T_U . Este gráfico muestra 3 marcadores verticales, el comienzo de la última tormenta (SL), el comienzo (SA) y final (EA) de la lluvia antecedente (A_{DG}), esta última pudiendo generar una o más anomalías en T. Conviene destacar que el conjunto de curvas y, especialmente, el espectro de T constituyen un soporte en la identificación de valores “raros” o anomalías, previos o durante la misma tormenta en la que se desarrolla el movimiento de ladera. Como se aprecia en la Figura 102, existen diferentes picos posteriores a EA ($D < 17$ d) anteriores a SA ($D > 26$ d); pero sólo un conjunto (desde $D = 17$ d a $D = 26$ d) produce una anomalía respecto a su periodo de retorno. En otras palabras, estas anomalías corresponden a valores de lluvias acumuladas inusuales, mientras que otros valores de D dan una lluvia acumulada con valores de T caracterizados por una tendencia general más suavizada.

En el libro de cálculo generado con todos los valores de variables tabulados y graficados para cada uno de los eventos de movimientos de ladera, en hojas de cálculo separadas, los 20 gráficos resultantes como el de la Figura 102 se supervisaron de forma individualizada con el fin de establecer interactivamente los 3 marcadores usando barras de desplazamiento (ver gráficos en el Apartado E del Anexo V). Seguidamente, otra macro recopila automáticamente los valores correspondientes para cada evento y estación pluviométrica en una nueva hoja de cálculo sumaria. De estos valores se crean nuevas tablas con la intensidad media (I), considerando la lluvia diaria (R) durante la duración de A_{DG} , su duración y periodo de retorno medio (T_{ME}) para cada evento de movimiento de ladera. Finalmente, se lleva a cabo un enfoque flexible, permitiendo la evaluación y comparación de múltiples umbrales; en lugar de limitar la evaluación a un conjunto de duraciones, el último evento de lluvia relacionado con la fecha del movimiento de ladera o la lluvia antecedente para un intervalo singular (es decir, para un único valor de duración). En este caso se revisan interactivamente los gráficos de salida con el fin de establecer los marcadores que dividen en tramos de diferentes duraciones las curvas correspondientes a cada variable. Debido a que la información queda diversificada después de dividirla gráficamente en diferentes eventos de lluvia de menor duración, y teniendo en cuenta tres tipos básicos de gráficos (Figura 102 y Figura 103a-b), se consideran y discuten los siguientes criterios para limitar los eventos de lluvia:

- El inicio del último evento de lluvia (SL en la Figura 102 y Figura 103a-b) se establece en el pico positivo o punto que produce el primer cambio distintivo (pendiente pronunciada) del periodo de retorno, cercano a la fecha del evento

de movimiento de ladera ($D=1$). Este pico o cambio coincide normalmente con la última tormenta después o dentro de la que el movimiento se desencadenó. Considerando que los movimientos superficiales se pueden activar por una simple tormenta, se ha permitido una duración máxima de 5 días. Si no se registró lluvia alguna durante esos días, SL se establece en la fecha del movimiento de ladera que coincide con $D=1$ en cada gráfico (LD en Figura 102).

- Independientemente de otros picos de lluvia diaria, el inicio de la lluvia antecedente (SA en la Figura 102 y Figura 103b) se establece en el primer pico de lluvia diaria que coincide con el primer pico de T bien diferenciado en la primera anomalía encontrada (el más lejano de LD). De otro modo, se selecciona el punto desde el que un incremento en la duración produce un decaimiento en la pendiente de T hacia la tendencia general (hacia atrás en el tiempo). Este punto representa el comienzo del incremento en la lluvia acumulada extrema (o anómala) anterior a la fecha del movimiento de ladera.
- Para el final de la lluvia antecedente (EA en Figura 102 y Figura 103b), el marcador se establece sobre el final de la última, o de la única, anomalía encontrada. Este es el último punto de las anomalías de T anteriores a la última tormenta, y se sitúa sobre el punto a partir del cual T se incrementa de modo distintivo hacia atrás en el tiempo.
- Cuando se encuentra un único pico distinguible (o valor atípico) en las proximidades de LD, los dos marcadores SA y EA se sitúan sobre este (Figura 103a), lo que significa que no se detectó lluvia antecedente significativa.

Una vez aplicado el análisis de frecuencia y obtenidos todos los resultados gráficos para cada movimiento de ladera, como se ha afirmado anteriormente, la información proporcionada por variables de precipitación acumulada queda segmentada en relación a la fecha del momento en que se produjo cada movimiento (LD). De ahí que estos segmentos de lluvia acumulada, con sus características de duración e intensidad, puedan considerarse indicativos de umbrales que se alcanzaron o superaron para activar nuevas roturas (o reactivar movimientos antiguos). Estos segmentos de información sobre las variables pluviométricas de lluvia acumulada se defienden como sigue a continuación (ver Figura 102):

- E_{DG1} : cubre la lluvia acumulada en la última tormenta desde SL hasta LD.
- E_{DG2} : cubre la lluvia acumulada desde SA hasta LD.
- E_{DG3} : cubre la lluvia acumulada desde EA hasta LD. Esto corresponde con la variable que omite anomalías previas; de lo que se desprende que, cuando el único evento de lluvia coincide con la última tormenta, E_{DG3} mostrará valores similares a E_{DG1} ; ya que este es menos sensible a los demás valores más bajos.
- A_{DG1} : cubre la lluvia acumulada desde SA hasta EA.

- A_{DG2} : cubre la lluvia acumulada desde SA hasta el día previo a SL, aunque su magnitud será altamente sensible a A_{DG1} , puesto que esta constituye la anomalía de lluvia antecedente contenida dentro de esta variable.

Una vez que todas estas nuevas variables, o posibles umbrales, son extraídas de la información gráfica proporcionada a partir del análisis de frecuencia, estas se tabulan junto con sus parámetros de interés en el establecimiento de umbrales; estos son, la intensidad (I), duración (D) y periodo de retorno con los intervalos de confianza (T , T_L y T_U).

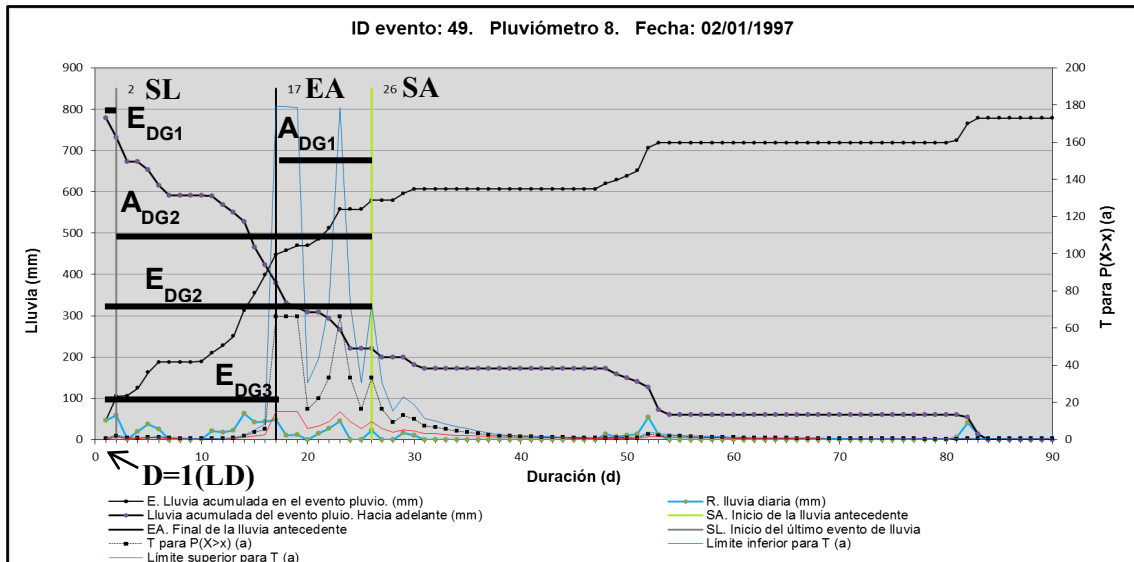


Figura 102 Resultados gráficos para el evento de movimiento de ladera 49 y la estación pluviométrica 8, mostrando los 3 marcadores (SL, EA and SA) que dividen los eventos de lluvia según las anomalías presentes en las variables pluviométricas (ver Tabla 31 para la descripción de ítems)

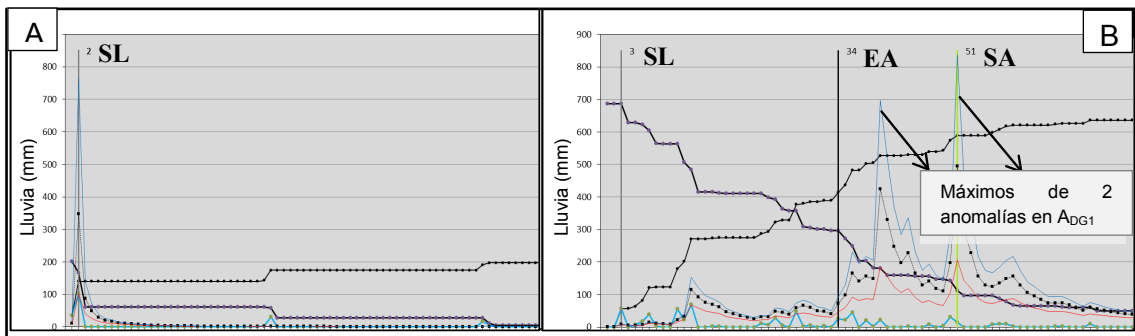


Figura 103 Tipos diferentes de evolución de la lluvia hacia LD. En a sólo se detectó una tormenta inusual durante el periodo máximo de 90 días al inicio de la última tormenta marcada con SL. En b los 3 marcadores EA y SA se han fijado para contener dos eventos raros de la lluvia antecedente; mientras que SL se sitúa al inicio de la última tormenta que ocurrió tras esas anomalías (ver la Tabla 2 para descripción de los ítems)

6.4 LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

El análisis sobre la recurrencia de eventos pluviométricos observados se emplea para asignar su frecuencia a la de los eventos de movimientos de ladera asociados (ver sección 2.6.3.6), suponiendo que se trata de sucesos aleatorios independientes e idénticos (i. i. d.), lo cual puede no cumplirse a largo plazo, sobre todo debido a la dinámica espaciotemporal a que los fenómenos meteorológicos están sometidos como consecuencia del cambio climático. No obstante, indirectamente, este hecho podría afectar también a la frecuencia directa a partir de inventarios de movimientos de ladera.

Otro aspecto a considerar sobre los catálogos con escasez de eventos coleccionados se debe a la existencia prácticamente nula de repeticiones de movimientos de ladera dentro de la ventana temporal de estudio (solamente se encontró un evento repetido en el mismo lugar), lo que dificulta la validación de los resultados obtenidos. Para llevar a cabo esta comprobación se debería prolongar la aplicación de la metodología sobre un plazo de tiempo mayor, aumentando el muestreo espaciotemporal de los eventos catalogados. Así, los umbrales establecidos en función de la cantidad de lluvia antecedente acumulada, como un factor condicionante de la subsecuente activación o reactivación de roturas, así como la de la última tormenta durante la que se generaron movimientos de ladera, deben considerarse umbrales preliminares. El aumento de la muestra de movimientos catalogados también permitiría aumentar la fiabilidad de estos valores críticos según los diferentes tipos de movimientos.

Otra influencia importante que incorpora incertidumbre en los datos se encuentra en la distancia o ubicación del pluviómetro seleccionado respecto a cada movimiento de ladera. Esto puede producir grandes diferencias, al alza o a la baja, sobre la magnitud de los umbrales definidos. Por lo que la medición debería hacerse en las zonas más próximas a las áreas potenciales de generación de movimientos de ladera. Igualmente, la monitorización integrada sobre movimientos de ladera o de zonas potencialmente inestables, ayudaría a identificar la variación de la presión de poro, relacionándola con la lluvia neta (sin considerar las pérdidas) y la deformación del terreno. De este modo, las relaciones causa-efecto podrían establecerse con mayor precisión.

6.5 RESULTADOS

La metodología desarrollada en las secciones anteriores consiste en la estimación de la probabilidad temporal de movimientos de ladera mediante la asignación de la frecuencia observada en eventos pluviométricos. Sin embargo, dado que los resultados obtenidos ofrecen diferentes variables significativas extraídas de la información derivada para tal finalidad, el umbral de activación para cada movimiento catalogado debe atribuirse considerando los siguientes criterios para seleccionar el más apropiado:

- A) E_{DG1} (Tabla 33). Su valor es nulo si no se registró lluvia durante los últimos 5 días, inclusive LD. Como se muestra en la Figura 104a, se puede determinar una relación lineal, por la que cuanto mayor es E_{DG1} menor es la lluvia antecedente, A_{DG1} ; aunque con un bajo coeficiente de correlación (R^2). Los

valores nulos y bajos de la lluvia acumulada durante la última tormenta (E_{DG1}) hacen bajar T , incluso por debajo del periodo normal entre estaciones (1 año). Por lo que los umbrales basados solamente en E_{DG1} conllevarían a la subestimación de la recurrencia de estos, no siendo adecuados para predecir o evaluar la peligrosidad de los movimientos de ladera. Ver la columna “**% respecto a T^* ”, donde el valor medio representa el 16% del periodo de retorno medio para el T de referencia (T^*), calculado sobre A_{DG1} .

- B) A_{DG1} (Tabla 34). Considerando que esta variable incluye solamente los valores dentro de las anomalías de la lluvia antecedente, esta dará probablemente los valores de T más adecuados y las relaciones significantes (ej. relaciones I-D y T-D en Figura 105). Así, esta debe ser analizada con el objeto de determinar los umbrales de lluvia que desencadenan los procesos de movimientos de ladera.
- C) A_{DG2} (Tabla 35). Esta variable considera un periodo (D) más largo que A_{DG1} y E_{DG1} , pero incluye toda la demás lluvia diaria (R) de menor magnitud desde el final de la anomalía principal hasta el día anterior a SL. Este hecho hace disminuir el periodo de retorno medio para la lluvia acumulada o su relación I-D. Esto sucede al alcanzar la tendencia normal a aumentar A_{DG} cuando se extiende D , aunque se encuentren algunos picos de lluvia diaria más altos. En este punto, esto podría derivar en valores demasiado conservadores o alarmantes (falsas alarmas), de igual modo que lo hacía E_{DG1} .
- D) E_{DG2} (Tabla 36). Esta variable tiene en cuenta la lluvia antecedente del evento junto con la lluvia de la última tormenta, lo que equivale a toda la lluvia registrada desde la primera anomalía encontrada. Mientras que A_{DG2} omite la última tormenta, el último evento hace aumentar la magnitud total de esta variable. De este modo, un sistema de alerta o una evaluación de peligrosidad basada en esta variable podría llevar a un máximo T o a una alerta con retraso; de lo que se deriva que esta variable tampoco es conveniente.

De acuerdo con las observaciones anteriores, y considerando A_{DG1} como la variable más adecuada para el conjunto total de movimientos de ladera compilados en la Tabla 34, el T medio esperado resulta en *12.4 años*. Sin embargo, esta medida central representa un valor global sin una clasificación de los resultados por tipo de movimiento de ladera o litología. Del conjunto total, sólo el *25% de los eventos de movimientos de ladera superan* la recurrencia temporal de *24 años*; *25%* están dentro del intervalo de T (3.6, 24.0], y un *50% superan 3.6 años*. Cabe destacar las diferencias significativas cuando se distingue entre roturas de taludes artificiales o de movimientos de ladera, así como al comparar deslizamientos con caídas de rocas (Tabla 37).

Entre todos los eventos, el único que se ha reactivado dentro de los periodos analizados es aquel con ID=45. Como se puede observar en la Tabla 34, la variable A_{DG1} de este movimiento de ladera muestra valores mucho mayores que la última tormenta (E_{DG1}) en ambas fechas. El valor de A_{DG1} de la reactivación en la estación húmeda de 2009-2010 resultó significativamente menor que el de su magnitud registrada en el periodo 1996-1997 (126.5 mm frente a 200 mm). Este hecho podría atribuirse a la reactivación de la superficie pre-existente de rotura que hace descender

la presión de agua en los poros necesaria para desencadenar desplazamientos del terreno; o simplemente, indica un umbral más bajo que se superó ampliamente en el 1996-97.

Lluvia acumulada del evento pluviométrico, E_{DG1}										
Sólo última tormenta										
ID Evento de movimiento de ladera	LD	E_{DG1}	D	I	T inferior	T	T superior	% respecto a T*	** % respecto a T*	
31	03/02/1996	57,0	3	19,0	0,2	0,2	0,2	4,5	3,0	
39	31/01/1997	0,0	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
42	25/12/1996	2,1	1	2,1	0,0	0,0	0,0	5,6	4,8	
44	04/01/1997	55,0	3	18,3	0,1	0,2	0,2	0,5	0,2	
45	06/01/1997	118,0	7	16,9	0,1	0,1	0,1	0,6	0,2	
45	30/01/2010	37,0	5	7,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	
49	02/01/1997	105,0	2	52,5	1,3	2,1	2,8	5,1	2,1	
50	08/01/1997	16,0	1	16,0	0,1	0,1	0,1	4,5	3,1	
60	27/01/1997	29,1	6	4,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	
72	06/02/2009	76,0	3	25,3	0,3	0,4	0,5	38,2	30,3	
74	30/01/2009	3,0	1	3,0	0,0	0,0	0,0	377,6		
78	26/12/2009	4,0	1	4,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	
89	07/01/2010	30,0	2	15,0	0,1	0,1	0,1	1,1	0,4	
94	05/03/2009	14,2	1	14,2	0,1	0,1	0,1	260,3		
101	20/12/1996	83,4	3	27,8	0,6	0,8	0,9	68,2	52,6	
102	20/12/1996	40,0	1	40,0	0,5	0,6	0,7	123,7	106,0	
110	12/11/1996	140,0	2	70,0	4,0	13,5	29,7	100,0	45,4	
114	12/11/1996	200,0	2	100,0	4,9	13,2	24,5	16607,4		
153	01/01/1997	28,3	1	28,3	0,2	0,3	0,3	28,8	22,7	
155	08/01/1997	13,1	2	6,6	0,0	0,0	0,0	1,5	1,1	
Media:		52,6	2,4	23,6	0,6	1,6	3,0	881,4	16,0	
T cuartiles:		25%	50%	75%						
		0,0	0,1	0,5						

Tabla 33 Parámetros de las Variables pluviométricas asociadas con los movimientos de ladera (D, I) relacionadas con E_{DG1} , y T con sus límites de confianza superior e inferior (al nivel 90%). * Valores de referencia de T en la Tabla 34. ** Eliminando los 3 valores más grandes o atípicos de T

Lluvia antecedente A_{DG1}									
Lluvia antecedente acumulada hasta el final de la última anomalía									
ID Evento de movimiento de ladera	LD	E_{DG1}	A_{DG1}	D	I	T medio inferior	T medio (T^*)	T medio superior	
31	03/02/1996	57,0	200,0	18	11,1	2,3	4,4	6,5	
39	31/01/1997	0,0	67,5	2	33,8	9,2	36,6	94,7	
42	25/12/1996	2,1	361,0	40	9,0	0,3	0,4	0,5	
44	04/01/1997	55,0	175,0	2	87,5	7,8	33,2	88,9	
45	06/01/1997	118,0	200,0	2	100,0	5,1	22,0	58,9	
45	30/01/2010	37,0	126,5	9	14,1	3,7	9,6	17,6	
49	02/01/1997	105,0	180,3	10	18,0	10,9	42,0	104,0	
50	08/01/1997	16,0	235,0	36	6,5	1,5	2,7	3,9	
60	27/01/1997	29,1	80,5	3	26,8	8,3	30,0	73,3	
72	06/02/2009	76,0	55,0	1	55,0	0,7	1,1	1,4	
74	30/01/2009	3,0	151,0	64	2,4	0,0	0,0	0,0	
78	26/12/2009	4,0	233,0	6	38,8	10,6	40,4	98,8	
89	07/01/2010	30,0	110,0	4	27,5	2,0	7,8	19,8	
94	05/03/2009	14,2	97,3	4	24,3	0,0	0,0	0,0	
101	20/12/1996	83,4	231,0	2	115,5	0,7	1,1	1,4	
102	20/12/1996	40,0	368,0	40	9,2	0,4	0,5	0,6	
110	12/11/1996	140,0	104,0	1	104,0	4,0	13,5	29,7	
114	12/11/1996	200,0	64,0	1	64,0	0,1	0,1	0,1	
153	01/01/1997	28,3	361,0	40	9,0	0,6	1,0	1,2	
155	08/01/1997	13,1	361,0	40	9,0	1,3	2,4	3,5	
Media:		52,6	188,1	16,3	38,3	3,5	12,4	30,2	
T cuartiles:		25%	50%	75%					
		0,9	3,6	24,0					

Tabla 34 Parámetros de las variables pluviométricas asociadas con los movimientos de ladera (D, I) relacionadas con A_{DG1} , y T con sus límites de confianza superior e inferior (al nivel 90%).* Valores de referencia de T

Lluvia antecedente A_{DG2}									
Lluvia antecedente acumulada hasta el día anterior al inicio de la última tormenta									
ID Evento de movimiento de ladera	LD	E_{DG1}	A_{DG2}	D	I	T medio inferior	T medio	T medio superior	% respecto a T^*
31	03/02/1996	57,0	532,0	48	11,1	1,2	2,2	3,2	50,4
39	31/01/1997	0,0	607,1	81	7,5	0,8	1,9	3,7	5,3
42	25/12/1996	2,1	398,5	44	9,1	0,3	0,4	0,4	91,8
44	04/01/1997	55,0	633,0	52	12,2	1,0	2,3	4,7	7,0
45	06/01/1997	118,0	832,5	54	15,4	0,9	1,9	3,6	8,7
45	30/01/2010	37,0	696,6	44	15,8	0,8	2,0	3,7	21,3
49	02/01/1997	105,0	474,5	24	19,8	5,1	18,4	44,5	43,7
50	08/01/1997	16,0	506,0	57	8,9	1,1	2,0	2,7	72,2
60	27/01/1997	29,1	606,6	77	7,9	1,1	2,5	4,8	8,4
72	06/02/2009	76,0	71,0	3	23,7	0,4	0,6	0,7	51,6
74	30/01/2009	3,0	148,0	63	2,3	0,0	0,0	0,0	95,6
78	26/12/2009	4,0	282,0	7	40,3	9,2	34,7	84,7	85,9
89	07/01/2010	30,0	471,5	19	24,8	0,5	1,8	4,4	23,4
94	05/03/2009	14,2	139,6	31	4,5	0,0	0,0	0,0	99,5
101	20/12/1996	83,4	394,5	37	10,7	0,3	0,3	0,4	31,1
102	20/12/1996	40,0	328,0	39	8,4	0,4	0,5	0,6	99,4
110	12/11/1996	140,0	0,0	1	0,0	1,5	3,4	5,4	25,0
114	12/11/1996	200,0	70,0	29	2,4	0,3	0,4	0,5	525,1
153	01/01/1997	28,3	452,2	51	8,9	0,5	0,8	1,0	82,0
155	08/01/1997	13,1	553,3	57	9,7	1,0	1,8	2,5	73,5
Media:		52,6	409,8	40,9	12,2	1,3	3,9	8,6	75,0
T cuartiles:		25%	50%	75%					
		0,5	1,9	2,3					

Tabla 35 Parámetros de las variables pluviométricas asociadas con los movimientos de ladera (D, I) relacionadas con A_{DG2} , y T con sus límites de confianza superior e inferior (al nivel 90%). * Valores de referencia de T en la Tabla 34

Lluvia acumulada del evento pluviométrico E_{DG2}								
Comienzo al inicio de la primera anomalía de T y termino en el día del movimiento de ladera								
ID Evento de movimiento de ladera	LD	E_{DG2}	D	I	T medio inferior	T	T medio superior	% respecto a T*
31	03/02/1996	589,0	51	11,5	4,6	11,0	18,6	249,5
39	31/01/1997	939,8	82	11,5	15,0	65,9	178,0	180,0
42	25/12/1996	400,6	45	8,9	0,6	0,9	1,1	217,4
44	04/01/1997	688,0	55	12,5	14,9	65,4	176,7	197,3
45	06/01/1997	862,5	57	15,1	9,9	43,4	117,0	197,4
45	30/01/2010	733,6	49	15,0	5,1	15,2	30,2	158,8
49	02/01/1997	579,5	26	22,3	9,7	33,1	72,9	78,9
50	08/01/1997	522,0	58	9,0	4,9	12,3	21,7	453,7
60	27/01/1997	939,3	78	12,0	15,0	65,9	178,1	219,5
72	06/02/2009	147,0	6	24,5	0,7	1,1	1,4	100,0
74	30/01/2009	151,0	64	2,4	0,0	0,0	0,0	278,5
78	26/12/2009	286,0	8	35,8	14,4	63,2	170,7	156,4
89	07/01/2010	501,5	21	23,9	2,5	11,0	29,8	141,1
94	05/03/2009	153,8	32	4,8	0,1	0,1	0,1	154,0
101	20/12/1996	477,9	40	11,9	1,3	2,0	2,7	183,7
102	20/12/1996	368,0	40	9,2	0,4	0,6	0,6	111,5
110	12/11/1996	140,0	3	46,7	4,0	13,5	29,7	100,0
114	12/11/1996	270,0	31	8,7	0,1	0,1	0,1	100,0
153	01/01/1997	480,5	52	9,2	2,5	5,0	7,6	514,6
155	08/01/1997	566,4	59	9,6	2,9	6,2	9,7	251,8
Media:		489,8	42,9	15,2	5,4	20,8	52,3	202,2
T cuartiles:		25%	50%	75%				
		1,1	11,0	35,7				

Tabla 36 Parámetros de las variables pluviométricas asociadas con los movimientos de ladera (D, I) relacionadas con E_{DG2} , y T con sus límites de confianza superior e inferior (al nivel 90%). * Valores de referencia de T en la Tabla 34

A pesar de que el gráfico de $E_{DG1} - A_{DG1}$ muestra más heterogeneidad antes de la ordenada 50 mm, parece haber alguna correlación entre las dos variables a través de una regresión lineal con tendencia decreciente (Figura 104a):

Ec. 27 $A_{DG1} = -0.6617E_{DG1} + 222.83$

Esto tiene sentido, ya que se espera que la lluvia antecedente, o condicionante necesaria para iniciar o reactivar un movimiento de ladera, sea menor con el incremento de la lluvia acumulada durante la última tormenta.

De la misma forma, la relación A_{DG1} con su duración (Figura 104b) muestra una correlación lineal (Ec. 28), cuyo límite inferior puede ser trazado tentativamente de forma paralela a la tendencia general, comenzando bajo el punto más bajo a la izquierda y omitiendo el valor atípico situado sobre el valor 65 d de la ordenada (Ec. 29).

Ec. 28 $A_{DG1} = 3.6034D + 129.5$

Ec. 29 $A_{DG1} = 3.6032D + 46.397$

También pueden analizarse las relaciones I-D y T-D para A_{DG1} . Ambas combinaciones se ajustan a una función potencial (ver Ec. 30 y Ec. 31 respectivamente); pero en el

caso de T-D los datos de partida muestran algunos valores atípicos lejos de la tendencia general (Figura 105a). Cuando se filtran los 5 puntos cercanos al origen (0, 0) se puede ajustar una curva potencial a los puntos de T-D (Ec. 31 y Figura 105b).

Ec. 30 I de $A_{DG1} = 88.005D^{-0.69}$

Ec. 31 T de $A_{DG1} = 62.733D^{-1.245}$

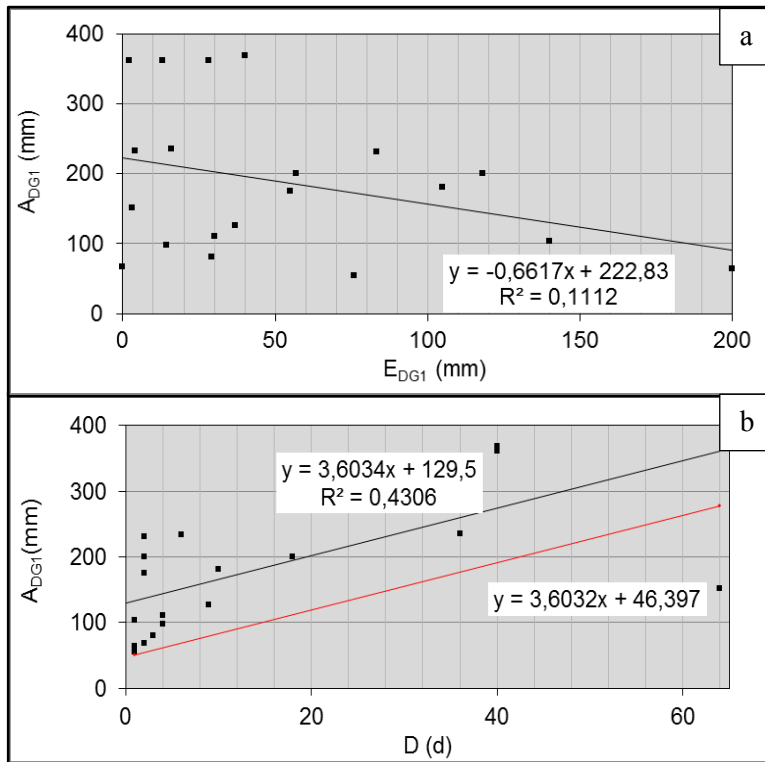


Figura 104 a: Gráfico E_{DG1} - A_{DG1} y línea ajustada. b: Gráfico D - A_{DG1} , línea ajustada y límite inferior (rojo)

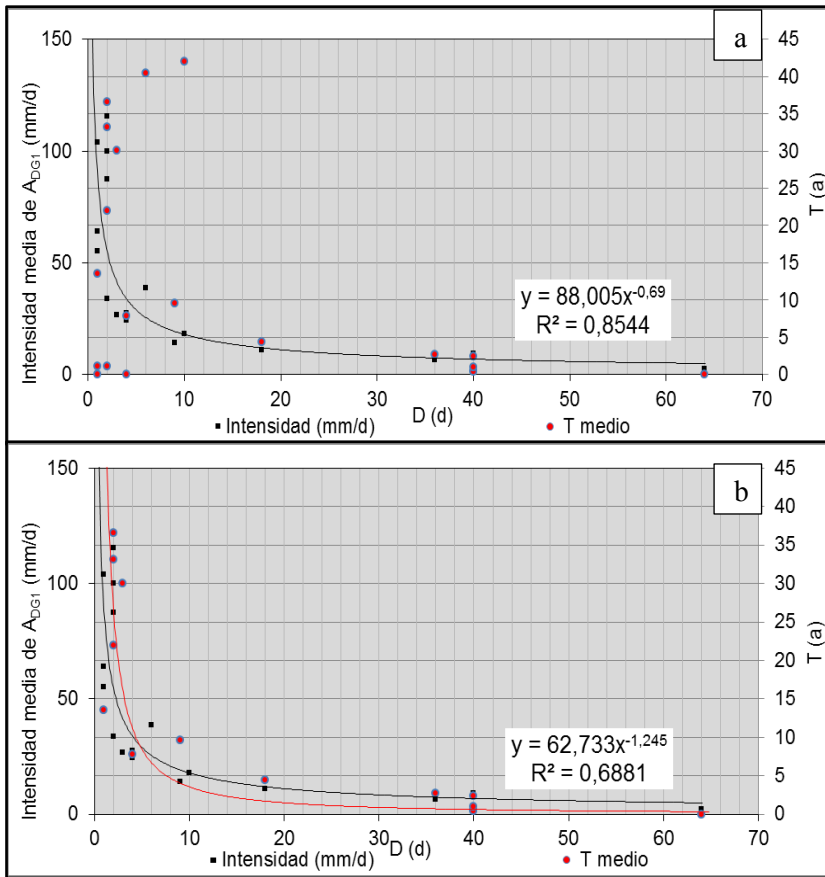


Figura 105 a: Gráficos I-D y T-D para A_{DG1} y curva ajustada I-D. b: Ídem tras eliminar los valores atípicos para T-D, añadiendo su curva ajustada (roja)

La falta de datos hace difícil la correlación entre las clases de las características de los movimientos de ladera (Tabla 30) y las variables pluviométricas a causa de su distribución anárquica. No obstante, algunos resultados que resumen los promedios de I y T para A_{DG1} , considerando los tipos simplificados de la pendiente del terreno (natural o taludes artificiales), así como de los tipos de movimientos de ladera, pudieron ser analizados (Tabla 37). Los resultados muestran que los *movimientos de ladera naturales* (N) tienen *mayor periodo de retorno* que las roturas de *taludes artificiales* (S), con una *diferencia de más de 6.5 años* (16.4 - 9.7); así como la *intensidad menor para los casos de S* que para los de N. Para el caso de los tipos de movimientos de ladera, el menos frecuente es el de tipo deslizamiento (SL), con un periodo de recurrencia medio de 22 años; mientras que las caídas de rocas (RF) y complejos (COM (SL-RF)) responden a periodos de retorno similares (de 8 a 10 años). Revisando la intensidad media de A_{DG1} , los *movimientos de ladera complejos se desencadenan por tormentas de mayor intensidad que las caídas de rocas o los deslizamientos*; sin embargo, la *mayor duración (23.6 d) de los eventos de lluvia unidos a los últimos* aparece como la variable que implica un *incremento importante en su periodo medio de recurrencia*. Por otro lado, entre las posibles correlaciones de la pendiente del terreno con las variables pluviométricas, la única que muestra una distribución más homogénea es la de pendiente media - E_{DG1} (Figura 106), la cual se aproxima a la siguiente función lineal:

Ec. 32 $S = -0.0341E_{DG1} + 28.733$

donde S representa la pendiente en grados ($^{\circ}$).

TIPO DE LADERA	T MEDIO DE A_{DG1} MEDIA (a)	TIPO DE MOVIMIENTO DE LADERA	T MEDIO DE A_{DG1} MEDIA (a)	TIPO DE LADERA	INTENSIDAD A_{DG1} MEDIA (mm/d)	TIPO DE MOVIMIENTO DE LADERA	INTENSIDAD A_{DG1} MEDIA (mm/d)	DURACIÓN MEDIA (d)
S	9,7	RF	8,1	S	15,4	SL	30,1	23,6
X	10,7	COM (SL-RF)	10,0	N	39,1	RF	39,3	15,86
N	16,4	SL	22,4	X	51,9	COM (SL-RF)	42,5	12
Media global:	12,4		12,4		38,3		38,3	16,3

Tabla 37 Resumen de las variables pluviométricas en relación a las características de los movimientos de ladera. *Media global* representa el promedio al incluir cada evento de movimiento de ladera (ver la fila para los valores medios en Tabla 34)

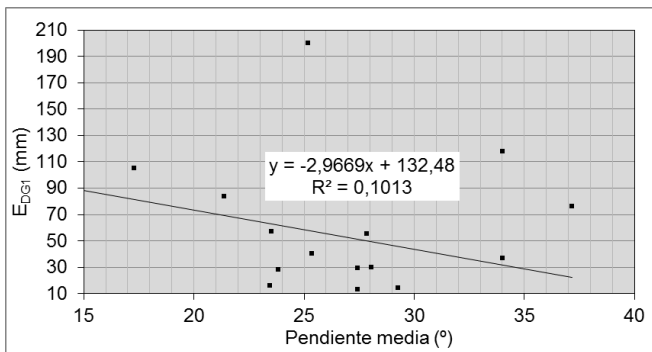


Figura 106 Gráfico para pendiente media del terreno – E_{DG1} y la línea ajustada

Capítulo 7. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

De acuerdo con las tres partes en las que se ha dividido el trabajo de investigación de la presente tesis doctoral para alcanzar los objetivos planteados a través de las metodologías basadas en las diferentes técnicas empleadas, a continuación se resumen los alcances individuales para cada parte, terminando con un apartado que recoge las implicaciones finales sobre el problema común de la evaluación de la peligrosidad asociada a movimientos de ladera.

7.1 CONCLUSIONES PARA CADA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

7.1.1 Seguimiento de la actividad de movimientos de ladera diacrónicos mediante LiDAR terrestre (TLS)

Como se expresa en la introducción del *Capítulo 4*, en los niveles avanzados de la evaluación de la peligrosidad, se requiere el conocimiento tanto de las características de los desplazamientos esperados como de la evolución cronológica de la actividad de los movimientos de ladera. En este sentido, la metodología presentada aquí, fundamentada en la comparación de modelos del terreno a partir de datos obtenidos mediante *la técnica avanzada de medición remota con TLS*, ha derivado en resultados de gran significación para inferir el estilo del desarrollo de movimientos singulares potencialmente inestables. Esto ha sido posible por la capacidad de los productos obtenidos para revelar cambios importantes en la actividad a través de la monitorización secuencial del terreno; interpretados a partir de zonificaciones precisas de los desplazamientos diferenciales calculados sobre modelos del terreno de alta resolución, así como de mediciones sobre perfiles detallados extraídos de dichos productos. Por otro lado, el análisis paralelo del registro histórico de la lluvia, correspondiente a estaciones pluviométricas cercanas a los 2 movimientos de ladera que mayor actividad han experimentado, ha permitido estimar umbrales de precipitación que con mayor probabilidad causó dicha inestabilidad junto con su intervalo de recurrencia.

El fundamento de metodología consiste en comparar DTMs de diferentes fechas, pero requiere de un procedimiento adecuado para minimizar, o evitar limitaciones inherentes (zonas ocultas, buen ajuste de diferentes partes escaneadas minimizando el error acumulado, filtrado de objetos para los objetivos del análisis, clasificación supervisada, etc.). Sin embargo, una vez depurada la metodología, *los sucesivos análisis se pueden realizar de forma sistemática y sencilla*. La precisión de los resultados depende de factores como las características del equipo utilizado (es decir, precisión, exactitud y resolución); la distancia al objeto escaneado (o área de terreno); la presencia de vegetación generalizada; el número de partes escaneadas sobre el mismo objetivo (movimiento de ladera), y en menor medida, el tipo de alineación automática (con uso de targets) o manual. En conjunto, para las distancias a las que se ha trabajado (500 m a 1000 m), el ruido generado por la incertidumbre acumulada alcanza valores cercanos al decímetro; valor que se ha establecido como umbral a partir del cual se han tenido en cuenta resultados relativos a desplazamientos debidos

a los movimientos de ladera. Sin duda, la principal ventaja de esta técnica reside en la *alta resolución* (generalmente centimétrica) del barrido de medidas que se puede realizar en minutos o fracciones de tiempo horarias, comparado con otras técnicas (ej., estación total, DGNSS). Esto permite *revelar cambios del terreno incluso en partes de pequeño tamaño* (ej., menores de 1 m²) del área escaneada, donde se aprecia la coherencia espacial en los resultados; los que de otra manera podrían ser omitidas durante la medición de puntos singulares, o ignorada por la triangulación o mallado con polígonos de mayor tamaño. Por otra parte, los datos son georreferenciados fácilmente con el apoyo en técnicas de posicionamiento global (GNSS).

Vistas las capacidades que proporciona el empleo de la metodología desarrollada, pueden señalarse las siguientes conclusiones referentes a los movimientos de ladera en los que ha sido aplicada:

- Mediante la metodología desarrollada, y aplicada a 7 movimientos de ladera en el área de estudio, se han revelado rasgos y deformaciones de magnitudes relativamente pequeñas durante diferentes episodios de monitorización. Estas características han permitido interpretar cambios importantes en algunos de los movimientos seleccionados que se encontraban anteriormente en estado de actividad suspendido o dormido. La zonación de desplazamientos mostró una *reactivación del conjunto de la masa movilizada* en el deslizamiento Almegíjar; una *reactivación parcial* en la parte baja del deslizamiento Borincho; la aparición de un *deslizamiento de derrubios* dentro la masa movilizada del deslizamiento Puente viejo; así como *reactivaciones de menor importancia* en los deslizamientos Chuca y Budas, a modo de colapsos puntuales al pie de los mismos o en flancos laterales (Chuca).
- El *análisis detallado del deslizamiento de Almegíjar* para las diferentes secuencias de monitorización ha hecho posible diferenciar la *evolución individualizada y continuada de distintas partes del cuerpo principal del movimiento* (zona de hundimiento en cabecera, transición y zona de avance); de modo que se ha podido interpretar también el *estilo y tasas de deformación*. Los desplazamientos diferenciales calculados y clasificados en el deslizamiento Almegíjar, muestran que de *julio de 2008 a marzo 2009* únicamente ha experimentado procesos de erosión y depósito superficiales, propios de la evolución geomorfológica natural del relieve por erosión; por tanto, en ese periodo el movimiento ha permanecido *inactivo*. Sin embargo, *entre marzo 2009 y junio 2010 experimentó una reactivación*; manifestada en una depresión en cabecera y un avance en la mitad inferior del cuerpo del deslizamiento, lo que en conjunto resulta en una deformación arqueada (*strain shortening*), con *acortamiento a lo largo de su eje longitudinal y extensión perpendicular a dicho eje*. Además, al pie del movimiento se produjo un fuerte *socavamiento o colapso*, incrementando la pendiente en su parte baja de 39° hasta 45°. Los desplazamientos máximos en este caso, según las distintas zonas de depresión o avance, alcanzaron valores en torno a 1.8 m y 1.3 m, respectivamente; habiéndose medido también desplazamientos descendentes de 1.6 m en la dirección cercana a la del plano de rotura. Por otro lado, los resultados que se han podido obtener del análisis datos de ALS, disponibles y adquiridos en los meses de agosto de 2008 y mayo de 2010, son equivalentes

en cuanto estilo de deformación y progreso de la actividad; si bien esta equivalencia difiere en la magnitud de los desplazamientos, debido fundamentalmente a las diferencias en precisión y resolución entre ambas técnicas. Esta similitud permite la validación recíproca de resultados obtenidos mediante TLS y ALS. El mismo deslizamiento siguió mostrando *actividad con estilo y magnitudes similares* durante el siguiente intervalo, *desde junio de 2010 a junio de 2011*. A diferencia de los periodos anteriores, el de *junio de 2011 a abril de 2012* mostró una *recesión*, con *desplazamientos* generalizados en las partes más afectadas *de orden decimétrico*. Dentro del año 2012 se obtuvo una segunda adquisición en el mes de noviembre. Al comparar el modelo de esta con la anterior (*abril de 2012*) no se apreciaron cambios relativos a la actividad por movimientos de ladera; sin embargo, al compararla con la siguiente adquisición, realizada en *mayo de 2013*, se aprecian *desplazamientos decimétricos*, en su mayor parte *cercanos al umbral de incertidumbre* fijado (10 cm). En este caso, estos últimos resultados se consideran preliminares desde el punto de vista de la similitud de los desplazamientos con el error relativo en la comparación de modelos del terreno; si bien las partes prácticamente invariantes de escarpes principales del deslizamiento y partes estables, en contraste con las pequeñas acreciones en pequeños lóbulos de depósitos aluviales en la base de arroyos, sugiere la interpretación de esta fase como una *nueva aceleración*. Esto podría deberse a un nuevo aumento en la lluvia acumulada de diciembre a marzo comparada con la del periodo anterior. Estos valores sumaron 200.2 mm de diciembre de 2012 a marzo de 2013, o el 69.5% respecto a la media; en contraste con el valor de precipitación registrado desde diciembre de 2011 a marzo de 2012, de 57 mm (o el 19.8% respecto al valor medio). No obstante, este valor podría ser demasiado conservador si se tienen en cuenta las condiciones hidrológicas (mayor saturación) de un terreno con una saturación inicial alta debido al ciclo especialmente lluvioso de los años anteriores; cuando realmente estos desplazamientos variables aún pueden deberse a la fase de recesión.

- El deslizamiento *Borincho* también mostró una evolución interesante, comenzando la *reactivación parcial de su parte más baja entre marzo de 2009 y junio de 2010*. Estos nuevos desplazamientos, revelados en la fase de clasificación supervisada, son de menor magnitud que los revelados en el deslizamiento Almegíjar. Las *magnitudes* calculadas, *generalmente, son de orden decimétrico*. Respecto a la morfología de la distribución espacial, esta se presenta con *geometrías semielípticas*, correspondiendo a *hundimientos diferenciales*, que si bien en algunas partes pueden identificarse como *pequeños escarpes principales*, en otras sólo se identifican como *subsidiencias en el interior de la masa* de terreno afectada. Es por eso que su estado se identifica en una *fase intermedia entre incipiente e iniciado*. La siguiente y última etapa que mostró la *continuación* de estos desplazamientos corresponde al periodo de monitorización *de junio de 2010 a abril de 2012*, en la que además se pudo observar un importante *progreso lateral* sobre el ancho total del deslizamiento. Aunque en el año de 2011 los datos TLS no pudieron adquirirse por defectos en el instrumento, posiblemente la lluvia del invierno 2010 a 2011 también tuvo la mayor influencia sobre estos desplazamientos.

Por tanto, *la metodología* desarrollada basada en datos adquiridos con la tecnología TLS se muestra como un procedimiento preciso *para detectar pequeñas variaciones* en los rasgos *geomorfológicos* del terreno. Consecuentemente, la técnica proporciona la oportunidad de *adquirir conocimiento importante sobre el comportamiento temporal* de movimientos de ladera, aplicable a la *estimación cuantitativa de la peligrosidad* con el objetivo final de la minimización del riesgo a los movimientos de ladera. En el caso de estudio. Esta metodología, testada en deslizamientos traslaciones de grandes dimensiones de una región semiárida, donde predominan materiales rocosos alterados con comportamiento equivalente al de un suelo sobreconsolidado y, realizando medidas desde distancias de entre 500-1000 metros al objetivo (ladera), empieza a ser efectiva a partir de desplazamientos superiores a 10 cm (incertidumbre relativa acumulada). No obstante, en las condiciones más favorables, como materiales rocosos provistos de planos con alta reflectancia, así como superficies desprovistas de vegetación; el nivel de ruido se reduce.

Por otra parte, el inicio de la *reactivación* del deslizamiento Almegíjar, y las reactivaciones parciales de otros (Borincho, Puente viejo, Chuca o Budas), *coinciden con un periodo de lluvias intensas entre diciembre de 2009 y marzo de 2010*; no habiéndose detectado desplazamiento en el periodo anterior menos lluvioso (2008-2009). Este hecho pone de manifiesto que el agua acumulada en el terreno durante este periodo actuó como factor desencadenante primario de las mismas; aunque otros factores indirectos, como la erosión hídrica en la base de algunos deslizamientos, o el cambio del nivel del río adyacente a los deslizamientos Borincho y Chuca, pudieron afectar también a la estabilidad del terreno. Por la importancia de los resultados revelados respecto a los deslizamientos Almegíjar y Borincho se realizó una evaluación de detalle sobre la precipitación relacionada con estos desplazamientos. En el caso del deslizamiento *Almegíjar*, este fue reactivado como consecuencia de la lluvia acumulada entre octubre de 2009 y marzo de 2010, con valores atípicos concentrados en los últimos 4 meses (de diciembre a marzo). Durante los mismos, la *lluvia acumulada superó en más del triple los valores medios* calculados para el registro completo de 69 años (1945-2014); valores probablemente demasiado extremos como para establecer un umbral mínimo. No obstante, tras confirmar el estado activo en el siguiente periodo (2010 – 2011), se pudo acotar el umbral a los 497 mm; pero considerando el *mes con lluvia acumulada atípica de diciembre de 2010, el umbral se acota hasta este valor más conservador de 284 mm*. Considerando la distribución de lluvia mensual acumulada para todo el registro histórico, a este valor corresponde un *periodo de recurrencia de 7.5 años, con un coeficiente de seguridad del 25%*. Bajo condiciones similares de variación pluviométrica, el deslizamiento *Borincho* también mostró actividad en ambos periodos; en cuyo caso, *el mes de diciembre de 2010 presentó un valor de 256.4 mm*. Considerando la distribución de lluvia mensual acumulada para todo el registro histórico, a este valor corresponde un *periodo de recurrencia de 6.4 años, con un coeficiente de seguridad del 25%*. Por otro lado, la *intensidad media de lluvia mensual de 124.3 mm/mes y 103.0 mm/mes* para los deslizamientos e *Almegíjar y Borincho*, respectivamente, también se presentan como indicativos de la actividad de movimientos de ladera.

En conclusión, *la metodología* desarrollada *proporciona información sobre la evolución temporal de la actividad de deslizamientos diacrónicos relacionados con eventos*

activadores extraordinarios, detectando cambios diferenciales de la topografía que incluso ayudan a *prever la ruptura súbita* de la pendiente sin la necesidad de acceder a la zona inestable. La técnica basada en TLS permite obtener una *alta densidad* (decimétrica) de medidas directas (nube de puntos 3D), lo que *hace posible la discriminación de los rasgos más pequeños* frente a la de otras técnicas (< 10 puntos/m² en ALS; ~5 m en DInSAR). Esto es congruente con el primer objetivo planteado (Objetivo 1) en este trabajo de investigación. No obstante, el seguimiento futuro de los deslizamientos mediante el procesamiento de datos secuenciales según esta metodología, permitiría precisar los resultados y el umbral del factor activador (precipitación), así como minimizar el error, ya pequeño de por sí.

7.1.2 Delimitación de múltiples movimientos de ladera desencadenados por un mismo evento (MORLE) mediante LiDAR aerotransportado (ALS)

La *metodología desarrollada, basada en el tratamiento de datos LiDAR aerotransportado* en un entorno SIG, ha permitido alcanzar el segundo objetivo planteado (Objetivo 2), centrado en la *mejorara y agilización de la colección de eventos de movimientos de ladera* para la generación inventarios *en grandes áreas*; constituyendo estos la base fundamental para calcular la frecuencia media de la actividad para múltiples intervalos temporales, y realizar estimaciones cuantitativas de la peligrosidad más precisas cuánto más inventarios estén disponibles.

Esta metodología se ha aplicado satisfactoriamente a la *cartografía de movimientos* de ladera, así como la *delimitación de sus partes principales* (zonas de agotamiento y depósito), *a partir de la información de alta resolución* generada tras las etapas de un procesamiento específico de los datos proporcionados por la tecnología avanzada del ALS. Tras este procesamiento, los eventos se pudieron recopilar de forma eficiente, superando algunos de los problemas típicos (dificultad en el acceso visual o físico al área de interés, incertidumbre por la subjetividad a la hora de diferenciar rasgos sobre el terreno) que hacen más complicado y tedioso el trabajo para producir cartografía georreferenciada de rasgos del terreno con mayor precisión en áreas extensas. Por lo tanto, esta metodología se presenta como una *vía para mantener las bases de datos actualizadas*, así como para *completar inventarios por evento en el tiempo oportuno* (tras el desarrollo de un evento desencadenante de múltiples movimientos de ladera o MORLE), generando información de interés primario.

Los resultados obtenidos a través de esta metodología proceden del procesamiento de HRDEMs, para el cual se han automatizado algunas tareas mediante scripts y modelos de herramientas GIS de fácil uso en caso necesario, con el fin de identificar y delimitar las áreas inestables a partir de DEMoDs e integrarlas en bases de datos geoespaciales junto con otros atributos. Así, los movimientos de ladera se delimitan en poco tiempo una vez que todo el procesamiento de datos se aplica de un modo semiautomático y supervisado, dando lugar a un inventario que reúne los eventos de movimientos de ladera que ocurren entre las fechas de adquisición. *Estos inventarios se construyen de una manera más objetiva y completa* que al ser llevado a cabo por un grupo de expertos a través de trabajos de campo y oficina convencionales, desarrollados durante varias semanas o meses (cartografía de campo, medición con DGNSS, fotointerpretación, etc.) e introduciendo el efecto del observador o influencia

del criterio de experto al reconocer los rasgos y límites de los movimientos. Los procesos que mayor tiempo consumen en esta metodología son la realineación y el filtrado de los datos LiDAR. En cuanto a la primera, el ajuste entre partes correspondientes de los datos de ambos vuelos, se llevó a cabo de forma secuencial y semiautomática sobre todas ellas, aplicando nuevos scripts creados para tal propósito. No obstante, este ajuste se puede omitir cuando la calidad de los datos obtenidos es mayor; es decir, cuando las bandas de solapamiento entre pasadas de escaneo tienen un mínimo error que puede atribuirse al sistema de medición, como es el caso del vuelo de 2010 utilizado como referencia en esta investigación. En cuanto a la clasificación automática mediante filtrado de datos LIDAR para distinguir entre puntos de terreno y no terreno, el procesamiento se realiza en sólo unas pocas horas, o incluso menos tiempo, dependiendo del equipo informático empleado.

Por otra parte, los productos finales pueden ser integrados en los estudios de diferente nivel de detalle, a escalas regionales o nacionales. *Si la metodología se aplica de modo secuencial* (ej., antes y después de las estaciones húmedas; tras eventos de lluvia o anualmente), se pueden obtener *inventarios estacionales, multitemporales o históricos, importantes en el análisis evolutivos de la actividad de movimientos de ladera y la evaluación de la peligrosidad*. Una vez aplicada esta metodología, la misma constituye un paso previo para establecer algunas zonas de interés, como nuevos movimientos de ladera, para ser monitorizadas a un detalle mayor por medio de técnicas de mayor resolución (TLS, fotogrametría digital de alta resolución o GB-DInSAR). En principio, *esta metodología se recomienda para detectar y hacer seguimiento del cuerpo total de los movimientos de ladera y de sus partes principales* (escarpes principales o secundarios detectables, zonas de agotamiento y de acumulación), y extraer información sobre su tamaño (área y volumen) y tipología; sin embargo, y dependiendo de las características de los datos adquiridos (básicamente, resolución, exactitud y precisión), no se descarta la posibilidad de digitalizar rasgos de menor tamaño (escarpes menores, subsidencias, etc.), o de realizar el seguimiento de la evolución en sitios específicos. En cualquier caso, durante la aplicación de la metodología se deberán tener en cuenta sus fases fundamentales, como la primera comparación entre datos secuenciales, con el objeto de comprobar su grado de ajuste; seleccionar un tamaño de celdilla unidad que se ajuste a la densidad de puntos escaneada, o elegir un método de interpolación con una buena relación entre la efectividad (coincidencia del modelo con la realidad reduciendo el nivel de ruido) y reproducibilidad del modelo (o función) de interpolación.

Una limitación que cabe mencionar al aplicar este tipo de metodología, trata de los efectos comunes de la *omisión and comisión de algunas partes del modelo digital del terreno* por los errores en la clasificación de datos. Este efecto fue contrarrestado en buena parte mediante la *integración de ambos mapas de diferencias (DTMoD y DSMoD) en el DEMoD combinado*. Sin embargo, la presencia remanente de estos errores en zonas más abruptas, sumado a la resolución de la celdilla unidad, impide la diferenciación de procesos de menor tamaño, como caídas de rocas o retrocesos en los escarpes. Así, por un lado, *el menor tamaño de los rasgos identificables dependerá de la resolución espacial* de los datos, directamente relacionada con la *altura de vuelo y las características del equipo* de adquisición. Y por otro lado, dependerá de los

algoritmos matemáticos de *clasificación* aplicados, cuya perfección sigue siendo un reto actualmente, y continúa en investigación.

Cabe destacar, que las capacidades que ofrecen las técnicas basadas en ALS permiten reunir otras características fácilmente, como cambios dinámicos del lecho fluvial, cambios en el uso del suelo, control de construcción de infraestructuras, etc. Dada esta aplicabilidad, también se *inventariaron las roturas de taludes de carreteras* activadas por las fuertes lluvias de la sesión estacional húmeda del año hidrológico 2009-2010, delimitándolas de la misma manera que se hizo para los movimientos naturales inventariados. De este modo, se registraron 2 bases de datos georreferenciadas, una con *47 movimientos de ladera naturales* y otra con *50 roturas en taludes artificiales*. Todos ellos se reconocieron dentro de un área de 245 km².

Por otro lado, se ha llevado a cabo una comparación de los inventarios generados con el mapa de susceptibilidad, cruzando las frecuencias y áreas afectadas de los movimientos inventariados con las zonas clasificadas según el mapa de susceptibilidad existente. Según los resultados obtenidos, el área y número de movimientos encontrados en las zonas de susceptibilidad moderada son mayores que para el caso de susceptibilidad alta. Esta diferencia se cifra en un 35.68 % al considerar el área afectada (66.87 % en zonas de susceptibilidad moderada frente al 31.19 % en las de alta), si bien este porcentaje se reduce al 14.90% al comparar el número de movimientos (57.45% en zonas de susceptibilidad moderada frente al 42.55 % en las de alta). Sin embargo, se advierte que la diferencia de escala temporal entre el nuevo inventario (~ 20 meses) y el utilizado en la zonificación de la susceptibilidad (inventario histórico), pueden influir en esta relación; principalmente por las densidades espaciales de movimientos compilados en uno y otro caso. A esto hay que añadir los cambios en los factores determinantes (climatología, pendiente de la ladera, material disponible, etc.) que han podido tener lugar desde que se produjeran los movimientos de ladera más antiguos (miles de años). De acuerdo a estas causas, esta correlación y cualquier validación del modelo de susceptibilidad a partir de estos nuevos datos, se debe interpretar como una aproximación preliminar. No obstante, las sucesivas incorporaciones de movimientos inventariados, lo más completas posibles, mediante el empleo de esta u otras técnicas de regionalización precisas, arrojarán resultados más fiables al aumentar el número de eventos registrados. Consecuentemente, estos inventarios de mayor rango temporal permitirán confirmar si la distribución espacial de desplazamientos se mantiene, y serán más adecuados para realizar la validación o calibración de modelos iniciales de susceptibilidad. Igualmente, *la continua actualización de las bases de datos proporcionará la oportunidad de realizar evaluaciones o zonificaciones de peligrosidad con un menor grado de incertidumbre espaciotemporal.*

Por último, es importante señalar aquí, que el periodo transcurrido entre las 2 adquisiciones consecutivas de datos ALS incluyen los *meses húmedos de 2009 a 2010* (octubre a marzo), durante los que se midió una lluvia acumulada atípica que llegó a superar el record histórico existente en algunas zonas del área de estudio, como se mencionó en el capítulo anterior ([Capítulo 4](#)) sobre las reactivaciones detectadas con TLS por la misma causa. Por tanto, probablemente, estas lluvias constituirán el *evento activador de la mayoría movimientos de ladera* inventariados, por lo que se considera un caso de *MORLE*. Esto implica que lo que en principio debería

clasificarse como un inventario multitemporal, cubriendo más de un ciclo hidrológico, más bien debería asignarse al *tipo de inventario por evento*.

Es aceptable razonar por otro lado, que la coincidencia de este evento MORLE con el desarrollo de la presente investigación *ha permitido establecer los anteriores resultados* y conclusiones acerca de la metodología aplicada, así como la *recopilación de datos útiles para la evaluación de la peligrosidad*. No obstante, *de igual o mayor transcendencia será la continuidad de la actualización de dichos datos*; la investigación sobre las condiciones geotécnicas; la monitorización en tiempo real de movimientos singulares de mayor interés, o la datación de la ocurrencia de dichos eventos con la máxima exactitud. Este último objetivo tratado también en el Capítulo 6.

7.1.3 Estimación de la recurrencia de múltiples movimientos de ladera desencadenados por eventos comunes (MORLE) mediante el análisis de Series de Duración Parcial (PDS)

La metodología presentada en esta parte de la investigación *permitió añadir las magnitudes de las variables del factor activador (lluvia)* a la información deficiente de un conjunto pequeño de eventos de movimientos de ladera (20 movimientos, de los cuales uno se refiere a una reactivación), catalogados mediante revisión documental y ocurridos dentro de 2 periodos hidrológicos importantes (1996 - 1997 y 2009 - 2010) que pueden ser considerados como MORLEs (Eventos Desencadenantes de Múltiples Movimientos de Ladera). Además, esta metodología, proporciona los periodos de retorno observados para tales magnitudes. Esto ha sido posible *aplicando un análisis de frecuencia basado en la generación de múltiples PDS de la lluvia acumulada para eventos pluviométricos* a través de un *amplio rango de duraciones* (90 días).

Las PDS presentan la ventaja de *no omitir los máximos relativos anuales* comparadas con las AMS. Por otro lado, su aplicación sobre un amplio rango de duraciones de eventos pluviométricos hace posible detectar y seleccionar los umbrales más adecuados sin la limitación impuesta por un conjunto menor de duraciones. Los investigadores suelen emplear la inspección heurística o visual para el reconocimiento de los picos o cambios significativos en la magnitud de la precipitación (Aleotti 2004; Vennari et al. 2014); para lo cual se fijan determinados intervalos temporales (duraciones), previos o hasta el momento en que se genera el movimiento de ladera. Estos métodos pueden funcionar mejor con movimientos de ladera superficiales, ya que se desencadenan por tormentas singulares de lluvia intensa y corta duración. En cambio, al tratar con cada tipo de movimiento de ladera (superficial, semiprofundo o profundo), es necesario estudiar un mayor intervalo temporal. Dentro de estos *intervalos de duración amplios*, pueden aparecer algunos *picos o tormentas diarios* antes de la fecha del movimiento de ladera, *enmascarando el verdadero umbral o la anomalía completa* de lluvia acumulada relacionada con la activación (o reactivación) de los movimientos de ladera. De acuerdo con lo anterior, con esta metodología se aplica un análisis de frecuencia al espectro total de la posible lluvia acumulada que pudo condicionar la activación final de cada movimiento, para lo que se hace variar la duración en un amplio rango de días [1, 90]. Además, a cada registro de las series de frecuencias relativas o probabilidades de excedencia se les añadió su correspondiente

periodo de retorno (T). Esta estrategia sirvió para *realzar las anomalías en la lluvia acumulada, observadas mejor sobre el espectro de T* que sobre los valores de lluvia diaria o acumulada. Esto es debido a que la evolución de la lluvia acumulada respecto a la duración, por sí sola, no expresa la “rareza” o singularidad de esos eventos; sino más bien, la variación relativa de lluvia acumulada o diaria. Para dotar de mayor flexibilidad a esta metodología, se analizaron y compararon *diferentes umbrales o variables pluviométricas significativas*, dependiendo de la lluvia total acumulada para diferentes eventos pluviométricos considerados. Finalmente, para seleccionar *la variable más adecuada para representar la lluvia antecedente (condicionante) y el cálculo del periodo de retorno, A_{DG1}* , de entre las posibilidades ofrecidas por los resultados gráficos, se propusieron criterios basados en las implicaciones de las variables extraídas.

Esta nueva metodología, empleada en el área de estudio por primera vez, supone un *análisis retrospectivo que trata la adquisición de información más detallada sobre el comportamiento de las lluvias como el principal factor activador de movimientos de ladera del pasado*. En este sentido, esta metodología se aplicó a una extensión regional para estimar los umbrales e intervalos de recurrencia de forma indirecta para movimientos de ladera causados por 2 MORLEs. Esto se ha logrado partiendo de la evaluación individualizada para cada movimiento datado, usando las magnitudes de las variables pluviométricas y su periodo de retorno asociado T. De acuerdo con esto, las principales conclusiones, según los resultados obtenidos, se resumen y discuten a continuación:

- Los valores de T para la lluvia acumulada durante la última tormenta (E_{DG1}) se presentan con magnitudes menores que cuando se analizan las anomalías significativas de lluvia antecedente (A_{DG1}); lo que podría derivar en una estimación de intervalos de recurrencia demasiado cortos o una subestimación de la peligrosidad. El promedio de T para E_{DG1} , según los resultados tabulados, representa el 16% del T medio para A_{DG1} . Por el contrario, la lluvia acumulada para el periodo desde el inicio de la anomalía detectada hasta la fecha del movimiento de ladera (E_{DG2}), tiende a sobreestimar el T medio. Esto puede derivar en una estimación de intervalos de recurrencia demasiado largos al considerar este umbral de lluvia acumulada condicionante más la desencadenante próxima al día de generación del movimiento de ladera. En el presente trabajo, los valores de T para E_{DG2} doblan el T medio para A_{DG1} (202 %). De modo que se sugiere seleccionar A_{DG1} para el análisis de sus características de la lluvia antecedente, así como de su periodo de retorno esperado.
- El umbral I-D de A_{DG1} se ajusta a una función potencial de la forma $I = \alpha \cdot D^{-\beta}$, como se afirma en la literatura (Guzzetti et al. 2007); y en este trabajo específico sus parámetros resultaron en $\alpha=88.005$ y $\beta=0.69$.
- Considerando las dos principales variables de lluvia analizadas, correspondientes a la lluvia acumulada antecedente (A_{DG1}) y la desencadenante (E_{DG1}), se observó una *tendencia lineal negativa* que asocia la mayor lluvia antecedente acumulada a la menor lluvia acumulada durante la última tormenta; aunque en algunos casos esta relación se invierte o ambas variables resultan en valores bajos o altos. El caso en que ambas variables son

bajas se puede atribuir a una *subestimación, posiblemente ligada a las medidas de precipitación* del pluviómetro cercano *significativamente menores que las que verdaderamente se dieron en la localización* del movimiento de ladera.

- Uno de los inconvenientes derivados de la *escasez de movimientos* de ladera compilados, se refleja en el *menor número de los diferentes tipos* de movimientos de ladera, lo cual hace *difícil establecer inferencias estadísticas*. A pesar de ello, se han derivado resultados iniciales sobre los distintos tipos simplificados. En primer lugar, considerando la naturaleza de la ladera, la *recurrencia media* para la iniciación (o reactivación) de *movimientos de ladera naturales es del orden de 6.5 años más alta que la de roturas de taludes artificiales (16.4 años frente a 9.7 años, respectivamente)*; además, *los primeros se activaron para valores promedio de la intensidad de A_{DG1} mayores (39.1 mm/d frente a 15.4 mm/d, respectivamente)*. Para el caso de los diferentes tipos de movimientos de ladera, los *deslizamientos se desencadenan con una intensidad media menor (30.1 mm/d) que las caídas de rocas (39.3 mm/d) o los movimientos complejos (42.5 mm/d), aunque corresponden a un periodo de retorno medio mayor (22.4 a) unidos a una duración media de los eventos pluviométricos asociados significativamente mayor (23.6 d para los deslizamientos frente a los 15.86 d para las caídas de rocas, o 12 d para los movimientos complejos)*. Por otro lado, teniendo en cuenta la distribución total de valores, *el 50% de los eventos catalogados han sido asignados con periodos de retorno de hasta 3.6 años, y sólo el 25% de las magnitudes de lluvia antecedente (A_{DG1}) sobrepasan el periodo de recurrencia de 24 años*.
- Finalmente, sólo *un movimiento de ladera (ID=45) se activó o reactivó en el primer periodo (1996-1997), y se reactivó nuevamente en el segundo (2009-2010) con valores menores que los de la primera vez*. Esta evolución se puede atribuir al mayor debilitamiento en la superficie de rotura de la ladera, el cual hace disminuir la presión del agua intersticial del terreno necesaria para vencer su resistencia al corte (Campbell 1975; Wilson 1989; Terlien 1998; Iverson 2000). Sin embargo, este hecho también *puede ser explicado por la existencia de un umbral menor que no se ha sobrepasado* por las variables pluviométricas de ambos periodos.

En general, la metodología desarrollada a través de la presente investigación constituye un *procedimiento capaz de expandir y completar la información sobre las características de la lluvia (causa) que desencadenaron movimientos de ladera en el pasado (efectos o consecuencias)*, sin otros datos medidos (ej., con instrumentación sofisticada) y *partiendo de un catálogo o base de datos pequeña*. Esto se corresponde con el tercer objetivo propuesto para la presente tesis doctoral (Objetivo 3). No obstante, los resultados obtenidos aquí deberían ser tratados como preliminares, mientras que su validación necesitará de una actualización del catálogo a través de la futura investigación. Obviamente, la delimitación de umbrales y periodos de retorno dirigidos a la predicción de procesos de movimientos de ladera, o de la peligrosidad por movimientos de ladera, mejorarán con el mayor número de observaciones usadas en el análisis de frecuencia. De la misma manera, se necesita una base de datos más

extensa para inferir los umbrales o periodos de recurrencia al considerar diferentes tipos de movimientos de ladera, así como diferentes condiciones climáticas, litológicas o geomorfológicas.

7.2 ALCANCES SOBRE EL PROBLEMA PRINCIPAL DE LA PELIGROSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA Y FUTURA INVESTIGACIÓN

Las metodologías desarrolladas, de acuerdo a los objetivos con la finalidad común de mejorar y avanzar en la evaluación cuantitativa de la peligrosidad, muestran las capacidades de la técnica basada en LiDAR aerotransportado para realizar inventarios, minimizando el tiempo en las actividades implicadas y aumentando la objetividad e integridad de los posibles eventos registrados en grandes áreas. Así mismo, a mayor escala, la técnica de LiDAR terrestre ha permitido realizar un seguimiento detallado de la variación de la actividad de 7 movimientos de ladera diacrónicos, y de la distribución de sus desplazamientos diferenciales cuya interpretación se hace posible a partir del realce de zonas con mayor coherencia dentro de la zonificación cuantitativa de alta resolución. Resultados que al ser relacionados con la aparición simultánea de eventos de lluvia atípica ayudan a la restricción de umbrales de activación y de sus intervalos de recurrencia.

Por otro lado, la búsqueda e integración de datos históricos documentados ha hecho posible la localización de las fechas y lugares en que ocurrieron 20 eventos de movimientos de ladera en el pasado; siendo la fecha uno de los datos más difíciles de obtener por otras técnicas (diferentes de las del tipo de monitorización en tiempo real), si bien es la referencia básica sobre la que realizar un análisis más preciso de los umbrales y periodos de retorno sobre el factor desencadenante relacionado con las zonas de terreno afectadas. De este modo, los eventos antiguos de este catálogo se correlacionaron con eventos pluviométricos atípicos. Para ello, la metodología basada en la explotación de Series de Duración Parcial (PDS) sobre un rango continuo de duraciones (de 1 a 90 días), junto con la inspección gráfica del espectro de periodos de retorno, ha permitido diferenciar umbrales pluviométricos y seleccionar aquellos más adecuados (no excesivamente conservadores o alarmistas). Este tipo de metodología retrospectiva supone un medio práctico para adquirir un conocimiento sobre las relaciones de causa – efecto más riguroso que cuando se utilizan inventarios de naturaleza únicamente espacial, o generados sobre intervalos de tiempo determinados.

De lo anterior se infiere que la información revelada a través de la aplicación de las metodologías desarrolladas es necesaria y útil para evaluar la peligrosidad de los movimientos de ladera en el área de estudio o en otras de similares condiciones, así como para las entradas de información requerida por sistemas de alarma, como sugieren las políticas internacionales y guías de información espacial y gestión del riesgo de la última década.

No obstante, es evidente que la estadística implícita en la estimación de la probabilidad espacial y temporal de la ocurrencia de eventos relacionados con movimientos de ladera está fuertemente condicionada por la información disponible

para tal fin. Por lo que se sugieren mayores esfuerzos para la mejora de las aplicaciones de estas u otras metodologías similares; así como de la implantación de normas que regulen su continua aplicación, por el carácter cronológico del análisis de la peligrosidad. Para ello destacan las siguientes propuestas:

- Crear y actualizar continuamente las bases de datos de movimientos de ladera, siguiendo las guías de evaluación de riesgo y políticas más recientes, que buscan una mayor estandarización e implican la compilación de datos importantes como: fecha, tamaño, tipo, pendiente del terreno, litología, profundidad del plano de rotura o medidas secuenciales sobre el factor activador, cada vez que se reconozca o reporte un nuevo evento de movimiento de ladera. En este sentido, la adquisición secuencial de datos mediante técnicas avanzadas con el empleo de sensores remotos, entre las que destaca la medición directa con LiDAR, constituiría una práctica útil para la ampliación de datos necesario en la investigación de la recurrencia media de los movimientos de ladera y sus relaciones causa-efecto, invirtiendo menor tiempo en la colección de datos sobre grandes áreas. Actualmente, aunque más bien a escala local o en sitios específicos, los equipos de investigación de bajo coste, como el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs), también presentan una herramienta útil para realizar seguimientos de la actividad de movimientos de ladera.
- Esta actualización de datos debería realizarse de forma paralela a la investigación sobre técnicas propias de la geomática, dirigidas a la mejora de partes del procesamiento de grandes cantidades de datos espaciales. En este caso, son fundamentales objetivos como la mejora de la coherencia espaciotemporal en la adquisición secuencial de datos (resolución y paralelismo de la geometría de medidas realizadas en diferentes fechas), minimización de errores de clasificación de datos, o la mejora y coherencia de la modelización del terreno a partir de los datos adquiridos. Esto mejoraría la precisión de los modelos permitiendo detectar cambios de menor tamaño.
- Poner a disposición pública los datos adquiridos por las agencias del estado nacional o regional mediante catálogos o bases de datos, ya sea en formato analógico o digital. Esta actitud contribuiría a la agilización en la investigación y desarrollo de estas metodologías, en la medida que se evitan procesos administrativos largos o complicados.
- Finalmente, en los niveles avanzados de evaluación de la peligrosidad, es recomendable la disposición de una red más densa de pluviómetros distribuida sobre aquellas áreas más susceptibles a los movimientos de ladera. Con la misma finalidad de compilar información más precisa, la monitorización de parámetros geotécnicos debería ser llevada a cabo en áreas con mayor susceptibilidad o en lugares específicos de inestabilidad reconocida. Esto permitiría modelar o mejorar el conocimiento de la relación entre la ocurrencia de movimientos de ladera y sus factores desencadenantes (relación causa-efecto). Para las vertientes de los cauces naturales que se encuentran en el área de estudio, es interesante la modelización de la evolución temporal de la

erosión al pie de las laderas, la cual a su vez se puede usar como descriptor indirecto de la frecuencia de movimientos de ladera.

7.3 CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

According to the three parts into which has been divided the research work of this doctoral thesis to accomplish the stated objectives through methodologies based on the different techniques employed, the individual achievements for each part are summarized below, finishing with a section that collects the final implications for the common problem of landslides hazard assessment.

7.4 CONCLUSIONS FOR EVERY RESEARCH PURPOSE OR HYPOTHESIS

7.4.1 Monitoring of the diachronic landslide activity through terrestrial LiDAR (TLS)

As stated in the introduction to *Capítulo 4*, at the advanced levels of hazard assessment, the knowledge of both the characteristics of the expected displacements and the chronological evolution of the landslides activity is required. In this sense, the methodology presented here, based on the comparison of terrain models from data obtained using *the advanced technique of remote measurement with TLS*, has led to *results of great significance to infer the development style of potentially unstable landslides*. This had been made possible by the *capacity of the products obtained to reveal important changes in activity through sequential ground monitoring*; interpreted from precise zoning of the differential displacements calculated on high resolution terrain models, as well as measurements on detailed profiles extracted from such products. On the other hand, the *parallel analysis of the historical rainfall record*, corresponding to meteorological stations close to 2 landslides that have experienced greater activity, *has enabled estimating rainfall thresholds that most likely caused such instability together with their recurrence interval*. The basis of this methodology is to compare DTMs of different dates, but requires a suitable procedure to minimize or avoid inherent limitations (hidden areas, good adjustment of different scanned parts minimizing the accumulated error, filtering of rejected objects for the analysis objectives, supervised classification, etc.). However, once refined the methodology, subsequent analyses can be performed in a systematically and simple manner. The precision of the results depends on factors such as the characteristics of the equipment (ie, precision, accuracy and resolution); the distance to the scanned object (or terrain area); the widespread presence of vegetation; the number of parts scanned on the same target (landslide), and to a lesser extent, the type of automatic (using targets) or manual alignment. Overall, for distances at which work has been performed (500 m to 1000 m), the noise generated by the cumulative uncertainty reaches values close to decimeter; value set as the threshold above which the results for displacements due to landslides are taken into account. Undoubtedly, the main advantage of this technique lies in the high resolution (usually centimetric) of measures that can be done in minutes or hour fractions compared with other techniques (eg, Total Station, DGNS). This enables *revealing changes in terrain even in parts of small size* (eg, less than 1 m²) in the scanned area where the spatial coherence is seen in the results; which might otherwise be omitted when measuring singular points, or ignored by triangulation or

meshing with larger polygons. Moreover, data are easily georeferenced supported by global positioning techniques (GNSS).

In view of the capabilities provided by the employment of the developed methodology, the following conclusions concerning the landslides in which it has been applied can be noted:

- Through the methodology developed and applied to 7 landslides in the study area have been revealed features and deformations of relatively small magnitudes during different episodes of monitoring. These features have enabled interpret important changes in some of the selected landslides which were previously in a suspended or dormant activity state. Displacements zonation showed a *reactivation of the whole mobilized mass* in the Almegíjar slide; a *partial reactivation* in the lower part of the Borincho slide; the occurrence of a *debris slide within the mobilized mass* of the Puente Viejo slide; as well as minor reactivations in the Chuca and Budas slides, as isolated collapses at the toe of the same or lateral flanks (Chuca).
- The *detailed analysis of the Almegíjar* slide for different sequences of monitoring has made it possible to *differentiate the individualized and ongoing development over different parts of the main body of the landslide* (subsidence zone in header, transition and advance zones); so the *strain style and rate* could be also interpreted. The differential displacements calculated and classified for the slide Almegíjar show that from *July 2008 to March 2009* it has only experienced superficial erosion and deposit inherent to the natural geomorphological evolution of the relief due to erosion; therefore, in this period the landslide has remained *inactive*. However, *between March 2009 and June 2010* it experienced a *reactivation*; manifested in a subsidence at the head and an advance in the lower half of the sliding body, which together results in an arched deformation (*strain shortening*) with *shortening along its longitudinal axis and extension perpendicular to such axis*. In addition, at the toe of the landslides a strong undermining or collapse occurred, increasing the slope in the lower part from 39° to 45°. The maximum displacements in this case, according to the different areas of subsidence or advance, reached values around 1.8 m and 1.3 m, respectively; having also measured downward displacements of 1.6 m in the direction close to that of the failure plane. By other side, the results that have been obtained from the analysis of ALS data, available and acquired between August 2008 and May 2010, are equivalent in deformation style and progress of the activity; although this equivalence differs in magnitude of displacement, mainly due to differences in precision and resolution between both techniques. This similarity enables mutual validation of results obtained using TLS and ALS. The same slide kept showing activity with similar style and magnitudes during the next interval, from *June 2010 to June 2011*. Unlike previous periods, from *June 2011 to April 2012* it showed a *recession with generalized displacements* in most affected parts of *decimeter order*. In the year 2012 a second acquisition in the month of November was obtained. By comparing this model with the previous (*April 2012*) no changes concerning landslides activity were appreciated; however, when compared to the next acquisition in *May 2013*, *decimetre displacements are shown, mostly*

close to the uncertainty threshold (10 cm). In this case, the latter are considered preliminary results from the point of view of displacements similarity with the relative error when comparing terrain models; while almost invariant parts of the main escarpments and stable parts, in contrast to the small accretions in alluvial deposits at the base of gullies suggests interpreting this as a *new acceleration phase*. This could be a further increase in the cumulative rainfall from December to March compared to the previous period. These values added 200.2 mm from December 2012 to March 2013, or 69.5% respect to the average; in contrast to the rainfall recorded from December 2011 to March 2012, 57 mm (or 19.8% respect to the average). However, this value might be too conservative when taking into account the hydrological conditions (high saturation) of terrain with high initial saturation due to the especially rainy cycle of previous years; when really these variable displacements may still be caused by the recession.

- Borincho slide also showed an interesting evolution, starting the partial reactivation of its lower part between March 2009 and June 2010. These new displacements, revealed in the phase of supervised classification, are lesser than those shown for the Almegijar slide. The calculated *magnitudes* are *generally of the decimeter order*. Regarding the morphology of the spatial distribution, this is presented with *semi-elliptical geometries*, corresponding to the *differential subsidence* that while in some parts can be identified as small escarpments in other are only identified as *subsidence within the affected terrain mass*. That is why their state is identified at an *intermediate stage between incipient and initiated*. The next and final stage showing the continuation of these displacements corresponds to the monitoring period of June 2010 to April 2012, in which could also be observed a significant lateral progress over the total width of the slide. While in the year 2011 the TLS data could not be acquired by faults in the instrument, possibly the winter rain 2010-2011 also had the greatest influence on these displacements.

Therefore, the *methodology* developed based on data acquired with TLS technology is shown as a procedure *to detect small variations in terrain geomorphology-features*. Consequently, the technique provides the opportunity *to gain important knowledge about the temporal behavior of landslides*, applicable to the *quantitative hazard assessment* with the final objective of minimizing the landslides risk. This methodology, tested on large translational landslides of a semiarid region, where altered rock materials with behavior of overconsolidated soil predominate and taking measurements from distances of 500-1000 meters to the target, begins to be effective for displacements from 10 cm (relative cumulative uncertainty). However, under the most favorable conditions, such as rock materials with high reflectance and areas without vegetation the noise level decreases.

Moreover, the beginning of the reactivation of the Almegijar slide, and partial reactivation of others (Borincho, Puente Viejo, Chuca or Budas), coincide with a period of intense rainfall between December 2009 and March 2010; without detecting displacements in the previous less rainy period (2008-2009). This fact shows the water accumulated in the soil during this period acting as a primary trigger for them; although other indirect factors such as water erosion at the base of some landslides, or change

in the level of the river adjacent to Borincho and Chuca slides could also affect the ground stability. Due to the significance of the results regarding Almegíjar and Borincho slides a detailed assessment on the precipitation relative to these displacements was performed. In the case of the *Almegíjar* slide, this was reactivated as a result of the accumulated rainfall between October 2009 and March 2010, with outliers concentrated in the last four months (December to March). During the same, the *cumulative rainfall exceeded more than three times the mean values* calculated for the complete record of 69 years (1945-2014); probably too extreme values to establish a minimum threshold. However, after confirming the active state in the next period (2010 - 2011), the threshold could be narrowed to 497 mm; but considering *the month with an atypical cumulative rainfall of December 2010, the threshold is bounded to the more conservative value of 284 mm*. Considering the distribution of monthly cumulative rainfall for the entire historical record, this value corresponds to a recurrence *period of 7.5 years, with a safety factor of 25%*. Under similar conditions of rainfall variation, the *Borincho* slide also showed activity in both periods; in which case *the month of December 2010 presented a value of 256.4 mm*. Considering the distribution of monthly cumulative rainfall for the whole historical record, this value corresponds to a *return period of 6.4 years, with a safety factor of 25%*. On the other hand, the mean intensity of monthly rainfall of 124.3 mm/month and 103.0 mm/month for landslides and Almegíjar and Borincho, respectively, are also presented as indicative of the landslides activity.

In conclusion, the methodology developed provides information on the temporal evolution of diachronic landslides activity related to extraordinary triggering events, detecting differential changes in topography that help to prevent even a sudden slope failure without the need of access to the unstable zone. The TLS-based technique enables to obtain a *high density* (decimetric) of direct measurements (3D point cloud), from which *smaller features can be displayed* in relation to other techniques (<10 points/m² for ALS; ~ 5 m for DInSAR). This is consistent with the first objective (**Objetivo 1**) in this research work. However, future monitoring of landslides by processing sequential data using this methodology would refine the results and the threshold for the triggering factor (precipitation), as well as would minimize the error, already small in itself.

7.4.2 Delineation of multiple landslides triggered by the same event (MORLE) using airborne LiDAR (ALS)

The *methodology developed, based on the treatment of airborne LiDAR data* in a GIS environment, has helped to achieve the second objective raised (Objetivo 2), focusing on the *improvement and streamlining in the collection of landslides events* for the generation of inventories *in large areas*; these constituting the fundamental basis for calculating the average frequency of the activity for multiple time intervals, and making quantitative estimation of hazard more accurate the more inventories available.

This methodology has been successfully applied to the mapping of *landslides*, as well as the *delimitation of its main parts* (depletion and accumulation areas), from the *high-resolution information* generated after a specific processing-phases of the data provided by the advanced technology of ALS. After this processing, the events could be collected efficiently, overcoming some of the typical problems (difficulty in visual or

physical access to the area of interest, uncertainty due to the subjectivity in differentiating features in the field) that make it difficult and tedious work to produce georeferenced mapping of terrain features with greater accuracy over large areas. Therefore, this methodology is presented as *a way to keep the databases updated* as well as to *complete event inventories at the right time* (after the development of a multi-event triggering landslides or Morle), generating information primary interest.

The results obtained by this methodology are derived from HRDEMs processing, for which some tasks have been automated using scripts and GIS - tools models of easy use when necessary, in order to identify and define unstable areas from DEMoDs and integrate them into geospatial databases along with other attributes. Thus, landslides are delimited in a short time once all data processing is applied in a semiautomatic and supervised mode, resulting in an inventory of landslides events occurring between acquisition dates. *These inventories are built in a more objective and comprehensive way* that when being carried out by a group of experts through field and office conventional work, performed over several weeks or months (field mapping, measuring DGNS, photo interpretation, etc.) and introducing the observed effect or influence of the expert criterion when recognizing landslides features and boundaries. The most time-consuming processes in this methodology are the realignment and filtering of LiDAR data. Regarding the first, the adjustment between corresponding parts of data from both flights was conducted in a sequentially and semiautomatic way over all of them, applying new scripts created for that purpose. However, this adjustment can be omitted when the quality of the data obtained is greater; ie, when the overlapping bands between scanning strips have minimal error attributable to the measurement system, such as 2010 flight used as a reference in this research. With respect to the automatic classification by filtering LiDAR data to distinguish between terrain and no terrain points, processing takes only a few hours, or even less time, depending on the computer used.

On the other side, the final products can be integrated in studies of different levels of detail, at regional or national scale. *If the methodology is applied sequentially* (eg, before and after the wet seasons, after rainfall events or annually), it can be obtained *seasonal, multi-temporal or historical inventories, important in the analysis of the activity evolution of landslides and hazard assessment*. Once applied this methodology, it constitutes a previous step to establishing some interesting areas such as new landslides, to be monitored in greater detail through techniques of higher resolution (TLS, digital photogrammetry high resolution or GB-DInSAR). At first, this methodology is recommended to detect and track the whole body of one or more landslides or their major parts (main or secondary escarpments, depletion and accumulation areas), and to extract information about their size (area and volume) and type; however, depending on the characteristics of the acquired data (basically, resolution, accuracy and precision), this does not exclude the possibility of digitize smaller features (minor escarpments, subsidence, etc.), or perform the monitoring of the evolution at specific sites. In any case, during the application of the methodology their fundamental phases must to be taken into account, as the first comparison between sequential data in order to ascertain their adjustment degree; selecting the cell size that fits the density of the scanned points, or to choosing an interpolation method with a good balance between

the effectiveness (model close to reality reducing the level of noise) and reproducibility of the interpolation model (or function).

A limitation which worth mentioning when applying this methodology are the common effects of *omission and commission in some parts of the digital terrain model* due to errors in data classification. This effect was largely compensated by *integrating both maps of differences (DTMoD and DSMoD) in the combined DEMoD*. However, the remaining presence of these errors in steeper areas, together with the resolution of the unit cell, prevents the differentiation of smaller processes, such as rockfall or escarpment retreat. So on the one hand, *the smaller of the identifiable features depend on the spatial data-resolution*, directly related to the *flight height and the equipment characteristics*. On the other hand, it depends on the applied mathematical algorithms used in the *classification*, whose improvement currently remains a challenge in continuous research. Worth pointing out that the capabilities provided by the techniques based on ALS enable easily gather other features such as dynamic riverbed changes, changes in land use, control infrastructure building, etc. Given this applicability, also slope-cut failures triggered by the heavy rains of the wet season 2009-2010 were inventoried, delimiting them in the same way as for natural landslides. Thus, 2 georeferenced databases were registered, one with *47 landslides and other with 50 slope-cut failures*. All of them were recognized within an area of 253 km².

On the other hand, a comparison of the inventories generated with the susceptibility map has been carried out by crossing the frequencies and affected areas of the inventoried landslides with the zones classified by the existing susceptibility map. According to the results, the area and number of landslides found in zones of moderate susceptibility are greater than in the case of high susceptibility. This difference is estimated at 35.68%, taking into account the affected area (66.87% in areas of moderate susceptibility versus 31.19% in areas of high class), while this percentage decreases at 14.90% when considering the number of landslides (57.45% in areas of moderate susceptibility versus 42.55% in areas of high class). However, it is noted that the difference in time scale between the new inventory (~ 20 months) and the one used in the susceptibility zoning (historical inventory) can influence this relationship; mainly due to the spatial density of landslides compiled in either case. To this should be added the changes in the determinant factors (climate, steepness of slope, materials available, etc.) that may have occurred since the oldest landslides were produced (thousands of years). According to these causes, this correlation and any susceptibility model validation from these new data should be interpreted as a preliminary approach. However, successive additions of inventoried landslides, as complete as possible, by using this and other techniques for precise regionalization will give more reliable results as the number of recorded events increases. Consequently, these inventories of greater time range enables to confirm whether the spatial distribution of displacements is maintained, and will be more suitable for validation or calibration of initial susceptibility models. Similarly, the *continuous updating of databases provides an opportunity for hazard evaluation and zoning with a lower degree of spatiotemporal uncertainty*.

Finally, it is important to note here that the period between two consecutive acquisitions of ALS data include the *wet months of 2009-2010* (October to March), during which an atypical cumulative rainfall exceeding the historical record was measured in some

zones of the study area, as mentioned in the previous chapter (Capítulo 4) about reactivations detected with TLS by the same cause. Therefore, probably this rainfall constitutes the *trigger event of the most landslides* inventoried, so it is considered as a *MORLE* case. This implies that what at first would be classified as a multitemporal inventory, covering more than a hydrological cycle, rather should be allocated as an *event inventory*.

On the other hand, it is acceptable to reason that the coincidence of this event MORLE with the development of this research has enabled establishing the above results and conclusions about the applied methodology, as well as collecting useful data for hazard assessment. However, *of equal or greater significance is the continued updating of data*, research on geotechnical conditions, real-time monitoring of singular landslides of interest, or the dating of the occurrence of such events with maximum accuracy. The latter objective is also treated in Capítulo 6.

7.4.3 Estimation of the recurrence of multiple landslides triggered by common events (MORLE) by analyzing Partial Duration Series (PDS)

The methodology presented in this part *enabled adding magnitudes of the variables concerning the triggering factor (rainfall)* to the scant information gathered from a small set of landslides events (20 landslides, one of which relates to reactivation), cataloged by literature review and occurred within 2 major hydrological periods (1996-1997 and 2009-2010) that can be considered MORLEs (Triggering Events of Multiple Landslides). In addition it provides the observed return period for those magnitudes. This was achieved by *applying a frequency analysis based on the generation of multiple PDS on the accumulated rainfall for pluviometric events considering a wide range of durations* (90 days).

The PDS has the advantage of not omit annual relative maxima compared with AMS. On the other hand, the application to a wide range of durations of pluviometric events makes it possible to identify and select the most appropriate thresholds without the limitation imposed by a smaller set of durations. Researchers often use heuristics or visual inspection for the recognition of the significant peaks or changes in the magnitude of precipitation (Aleotti 2004; Vennari et al. 2014); for which certain time intervals (duration) are fixed, prior or until the date in which the landslides generates. These methods may work best with superficial landslides, as they are triggered by heavy rain storms of short duration. However, in dealing with each type of landslide (superficial, medium-deep or deep), it is necessary to study a larger time-interval. Within these *wide duration ranges*, some *peaks or daily storms* may occur before the landslide date, *hindering the true threshold or the complete anomaly* of cumulative rainfall related to the activation (or reactivation) of landslides. According to the above, with this methodology a frequency analysis is applied to a broad spectrum of possible cumulative rainfall that could determine the activation of each landslide, for what duration is varied in a wide range of days [1, 90]. In addition, to each series record of relative frequency or exceedance probability were added its corresponding return period (T). This strategy served to *display the cumulative rainfall anomalies, observed better on the T spectrum* than on daily or cumulative rainfall. This is because the

change of cumulative rainfall respect to duration alone does not express the "rareness" or singularity of those events; rather, the relative variation of cumulative or daily rainfall. To provide greater flexibility to this methodology, *were analyzed and compared different thresholds or significant rainfall variables*, depending on the total accumulated rainfall for the different pluviometric events considered. Finally, to select *the most suitable variable for the antecedent (determinant) rainfall and the calculation of the return period, A_{DG1}* , among the possibilities offered by the graphical results, criteria based on the implications (recurrence intervals with too alarmist or delayed values) of the extracted variables were proposed.

This new methodology, applied to the study area for the first time, is a *retrospective analysis that intends to acquire more detailed information on the rainfall behavior as the main trigger factor of past landslides*. In this sense, this methodology *was applied to a regional extent to estimate thresholds and recurrence intervals in an indirect way* for the landslides caused by 2 MORLEs. This has been achieved based on individual assessment for each dated landslide, using the magnitudes of the rainfall variables and their associated return period T . Accordingly, the main conclusions regarding the results are summarized and discussed below:

- *T values for the cumulative rainfall of the last storm (E_{DG1}) are presented with lower magnitudes that when the significant anomalies in the antecedent rainfall (A_{DG1}) are analyzed; which could result in an estimation of too short recurrence intervals or hazard underestimation.* Regarding the tabulated results, the average T for E_{DG1} , represents 16% of the average T for A_{DG1} . On the contrary, the cumulative rainfall for the period from the start of the detected anomaly until the landslide date (E_{DG2}) tends to overestimate the average T . This may result *in an estimation of too longer recurrence intervals* considering this threshold on the conditioning cumulative rainfall along with the triggering one close to the landslide day. In the present work, the T values for E_{DG2} double the average T to A_{DG1} (202%). So it is suggested to select A_{DG1} for the analysis of the antecedent rainfall characteristics, as well as its expected return period.
- The ID threshold for A_{DG1} fits a potential function of the form $I = \alpha \cdot D^{-\beta}$, as stated in the literature (Guzzetti et al., 2007); and in this specific work these parameters resulted in $\alpha = 88\ 005$ and $\beta = 0.69$.
- Regarding the two main rainfall variables analyzed, corresponding to the *antecedent cumulative rainfall (A_{DG1}) and the triggering rainfall (E_{DG1})*, a *negative linear trend* linking the greatest antecedent cumulative rainfall with the lowest cumulative rainfall during the last rain storm was observed; although in some cases this relationship is reversed or both variables result in low or high values. The case in which both variables are low can be attributed to an *underestimate, possibly linked to precipitation measures at the nearest rain gauge significantly lower than those given at the landslide location*.
- One of the drawbacks associated with the lack of *landslides* compiled is reflected in the *lower number of different landslides types, making it difficult to establish statistical inferences*. However, initial results have been derived on simplified types. First, considering the nature of the slope, the average

recurrence for initiation (or reactivation) of natural landslides is about 6.5 years higher than for slope-cut failures (16.4 years vs. 9.7 years, respectively); moreover, the first ones were activated for greater average intensity values of A_{DG1} (39.1 mm/d vs. 15.4 mm/d, respectively). In the case of different landslides types was found that slides are triggered with a lower average intensity (30.1 mm/d) than rockfalls (39.3 mm/d) or complex landslides (42.5 mm/d), but with longer average return period (22.4 a) linked to an average duration of the rainfall events associated significantly higher (23.6 d for landslides compared to 15.86 d for rockfalls, or 12 d for complex movements). On the other hand, considering the full distribution of values, 50% of the catalogued events have been assigned with return periods of up to 3.6 years, and only 25% of the magnitudes of antecedent rainfall (A_{DG1}) overcame the return period of 24 years.

- Finally, only one landslide (ID = 45) was activated or reactivated in the first period (1996-1997), and was reactivated again in the second one (2009-2010) with lower values than the first time. This trend is attributable to further weakening in the slope failure, which decreases the pore water pressure required to overcome the terrain shear strength (Campbell 1975; Wilson 1989; Terlien 1998; Iverson 2000). However, this fact can also be explained by the existence of a lower threshold not being exceeded by rainfall variables in both periods.

In general, the methodology developed through this research constitutes a procedure capable of expanding and complete the information on the characteristics of the rainfall (cause) that triggered past landslides (effects or consequences), without other measured data (eg., with sophisticated instrumentation) and starting from a small catalog or database. This corresponds with the third objective proposed in the present doctoral thesis (Objetivo 3). However, the results obtained here should be treated as preliminary, while its validation need of an update catalog through future research. Obviously, the narrowing of thresholds and return periods aimed at predicting landslides processes, or the landslide hazard, will improve with the greater number of observations used in the frequency analysis. Similarly, a more extensive database is needed to infer thresholds or return periods when considering different types of landslides data and different climatic, lithological or geomorphological conditions.

7.5 ACHIEVEMENTS ON THE MAIN PROBLEM OF THE LANDSLIDE HAZARD AND FUTURE RESEARCH

The developed methodologies, according to the objectives with the common purpose of improving and advancing the quantitative hazard assessment show the capabilities of airborne LiDAR technique to create inventories, minimizing the time involved in activities and increasing the objectivity and integrity of the possible events recorded in large areas. Likewise, at larger scale the terrestrial LiDAR technology has enabled detailed monitoring of the activity change in 7 diachronic landslides, and the distribution of differential displacements whose interpretation is possible by highlighting areas with greater coherence within high-resolution quantitative zoning. Results than when linked

to the simultaneous occurrence of atypical rainfall events help restricting activation thresholds and recurrence intervals.

On the other hand, searching and integration of documented historical data has enabled the location of the dates and places where 20 landslides events occurred in the past; being the date one of the most difficult data to obtain by other techniques (different from those of real-time monitoring type), although it is the basic reference on which to perform a more accurate analysis on thresholds and return periods about the triggering factor related to affected areas. Thus, the ancient events of this catalog are correlated with atypical rainfall events. To do this, the methodology based on the exploitation of Partial Duration Series (PDS) on a continuous range of durations (from 1-90 days), together with graphical inspection of the return-period spectrum, has enabled differentiate rainfall thresholds and select those most appropriate (not excessively conservative or alarmist). This type of retrospective methodology involves a practical means to acquire knowledge about the cause-effect relations more rigorous than when using inventories constrained to spatial nature, or generated on determined time intervals.

From the above it follows that the information disclosed through the application of the developed methodologies is necessary and useful for the landslide hazard assessment in the study area or other with similar conditions, as well as for the input required by warning systems, as suggested by international policies and guidelines for spatial information and risk management during the last decade.

However, it is clear that the implicit statistics in the estimation of spatial and spatiotemporal probability of landslides events is strongly influenced by the information available for that purpose. So further efforts to improve the applications of these or other similar methodologies are suggested; as well as the implementation of rules for their continued application, due to the chronological nature of landslide hazard analysis. For this, the following proposals are highlighted:

- Create and continually update landslides databases, following the guidelines of risk assessment and recent policies that seek a greater standardization and involve the compilation of important data as: date, size, type, slope, lithology, depth of the failure surface or sequential measures about the triggering factor whenever it is recognized or reported a new landslide event. In this sense, the sequential data acquisition through advanced techniques with the employment of remote sensing, among direct measurement with LiDAR outstands, would provide an useful practice for the extent of data required in the research of the average landslide recurrence and cause-effect relationships, spending less time in the collection of data over large areas. Currently, though rather locally or at specific sites, research instruments of low cost, as the utilization of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), also appear as useful tools for landslides activity monitoring.
- This data updating should be done in parallel with research on techniques inherent to geomatics, aimed at improving processing parts of large amounts of spatial data. Here are key objectives as improving the spatial coherence in sequential data acquisition (resolution and parallelism of the geometry of

measures acquired on different dates), minimizing the data misclassification, or the improvement and coherence of terrain modeling from acquired data. This would improve the accuracy of the models enabling detecting smaller changes.

- Make publicly available data acquired by national or regional agencies through catalogs or databases, either analog or digital format. This attitude would contribute to the research and development streamlining of these methodologies, to the extent that long or complicated administrative procedures are avoided.
- Finally, in the advanced levels of hazard assessment is recommended the arrangement of a dense network of rain gauges distributed over areas most susceptible to landslides. With the same aim to compile accurate information, monitoring of geotechnical parameters should be conducted in areas with greater susceptibility or at specific locations of known instability. This would enable modeling or improving the knowledge of the relationship between the occurrence of landslides and their triggers (cause and effect). For natural riverbeds slopes in the study area is of interest to model the temporal evolution of toe erosion, which in turn can be used as an indirect descriptor of the landslide frequency.

Capítulo 8. REFERENCIAS

- Abdefattah R. (2014) InSAR phase analysis: Phase unwrapping for noisy SAR interferograms. URL: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/9544.pdf> [Last accessed: 10/06/2013].
- Adams J. (1981) Earthquakes, landslides, and large dams in New Zealand. Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering. Vol. 14 (2), pp. 93-95. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0019572650&partnerID=40&md5=61e6aae99d58c9389a3f9f51211f47a2>: [Last accessed: 12/08/2012].
- AEMET (2010) Resumen anual climatológico 2010. Agencia Estatal de Meteorología. URL: http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/anales/res_anual_clim_2010.pdf [Last accessed: 13/11/2014].
- AEMET (2014) Agencia Estatal de Meteorología. URL: <http://www.aemet.es/es/portada> [Last accessed: 13/11/2014].
- Agencia de Medio Ambiente y Agua (2014) Red de información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.
- Agostoni S., Cardinali M., Carrara A., Crosta G., Fossati D., Frattini P., Guzzetti F., Laffi R., Reichenbach P. (2000) Assessment of landslide hazard of the Staffora basin (northern Italy) by integrating geomorphological and historical data within a multivariate model. 25th EGS General Assembly Abstract Volume. Nice.
- AGS (2000) Landslide risk management. Australian Geomechanics Society, Sub-committee on landslide risk management, p. 44. URL: <http://australiangeomechanics.org/resources/downloads/#dILRM2007>: [Last accessed: 02/08/2011].
- Agterberg F. P., Bonham-Carter G. F., Cheng Q., Wright D. F. (1993) Weights of evidence modeling and weighted logistic regression for mineral potential mapping. In John, C. D. and Herzfeld, U. C. (eds.), Computers in geology, 25 years of progress. Oxford University Press, Inc., pp. 13-32. ISBN/ISSN: 0-19-508593-0.
- Agterberg F. P., Bonham-Carter G. F., Wright D. F. (1989) Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential. In Agterberg, F. P. and Bonham-Carter, G. F. (eds.), Statistical applications in the earth sciences. Geol Surv Can. 89. 9, pp. 171-183. doi: 10.1023/B:NARR.0000046919.87758.f5.
- Alcantara-Ayala I. (2004) Hazard assessment of rainfall-induced landsliding in Mexico. Geomorphology. Vol. 61 (1-2), pp. 19-40. doi: 10.1016/j.geomorph.2003.11.004. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-2942614902&partnerID=40&md5=6f07309e198b2aac890d832b6a60662a>: [Last accessed: 20/02/2014].
- Alcántara-Ayala I. (2000) Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Investigaciones geográficas. 41, pp. 7-25. ISBN/ISSN: 0188-4611.
- Aleotti P. (2004) A warning system for rainfall-induced shallow failures. Engineering Geology. Vol. 73 (3-4), pp. 247-265. doi: 10.1016/j.enggeo.2004.01.007. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795204000237>: [Last accessed: 19/02/2013].
- Aleotti P., Canuti P., Falorni G., Fanti R., Grimaldi G., Guida D., Lombardi G., Pappalardo G., Polloni G. (2003) Assessment of potential debris flow inundation areas on a small alluvial fan in southern Italy. Proc. of the International Conference on Fast Movements—prediction and prevention, Sorrento. Sorrento, May, pp. 11-13.
- Aleotti P., Chowdhury R. (1999) Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Vol. 58 (1), pp. 21-44.
- Anbalagan R., Singh B. (1996) Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains - A case study from Kumaun Himalaya, India. Engineering Geology. Vol. 43 (4), pp. 237-246. doi: 10.1016/s0013-7952(96)00033-6. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0030235970&partnerID=40&md5=f8897cfe76847a6578b7432f03d296d2>: [Last accessed: 15/03/2012].
- ArcGIS (2004) ESRI® ArcMap™ 9.0 License Type: ArcInfo. ESRI Inc
- ArcGIS (2013a) ESRI® ArcMap™ 10.0 License Type: ArcInfo. ESRI Inc
- ArcGIS (2013b) How Kriging works. URL: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009z00000076000000>: [Last accessed: 10/12/2014].
- Ardizzone F., Cardinali M., Carrara A., Guzzetti F., Reichenbach P. (2002) Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. Natural Hazards and Earth System Sciences. Vol. 2 (1-2), pp. 3-14. doi: 10.5194/nhess-2-3-2002. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0141896842&partnerID=40&md5=d704cdfc8b321fb99aa2e40842e79257>: [Last accessed: 23/01/2011].
- Ardizzone F., Cardinali M., Galli M., Guzzetti F., Reichenbach P. (2007) Identification and mapping of recent rainfall-induced landslides using elevation data collected by airborne Lidar. Natural Hazards and Earth System Science. Vol. 7 (6), pp. 637-650. doi: 10.1029/2003JF000037. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-36049011938&partnerID=40&md5=fba22ebf6f9b659a6327ee00c378baa6>: [Last accessed: 04/08/2014].
- Argus D. F., Gordon R. G., DeMets C., Stein S. (1989) Closure of the Africa-Eurasia-North America plate motion circuit and tectonics of the Gloria fault. Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012). Vol. 94 (B5), pp. 5585-5602.
- Arnould M., Frey P. (1977) Analyse détaillée des réponses à l'enquête internationale sur les glissements de terrain. Report to Unesco. Paris. doi: 10.1029/JB094iB05p05585.
- Ashley H. E., Kimm M. H. (2010) Landslide Maps of Utah. MAP 246DM. Natural Resources Map & Bookstore. Utah Geological Survey. Salt Lake City, Utah. ISBN/ISSN: 978-1-55791-837-6. URL: http://geology.utah.gov/online/m/m-246/pdf/m-246_LandslideMaps_Report.pdf: [Last accessed: 21/02/2012].

- Australian Geomechanics Society (2007) Landslide risk management. Australian Geomechanics. Vol. 42 (1). URL: <http://australiangeomechanics.org/resources/downloads/#dILRM2007>: [Last accessed: 22/03/2011].
- Axelsson P. (2000) DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 33 (B4/1; PART 4), pp. 111-118.
- Axelsson P. (2001) DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models. Proceedings of XIXth Congress, TC IV. Vol. 33, pp. 110-117.
- Ayala F. J., Elizaga E., de González Vallejo L. I. (1987) Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España. ITGE. Madrid, p. 134. ISBN/ISSN: 84-505-7164-2.
- Baeza C., Corominas J. (2001) Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. Earth Surface Processes and Landforms. Vol. 26 (12), pp. 1251-1263. doi: 10.1002/esp.263.
- Balanyá J., García-Dueñas V. (1987) Les directions structurales dans le Domaine d'Alborán de part et d'autre du Déroit de Gibraltar. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre. Vol. 304 (15), pp. 929-932.
- Balis V., Karamitsos S., Kotsis I., Liapakis C., Simpas N. (2004) 3D-Laser Scanning: Integration of Point Cloud and CCD Camera Video Data for the Production of High Resolution and Precision RGB Textured Models: Archeological Monuments Surveying Application in Ancient Ilida. In FIG Working Week, Athens, Greece.
- Baltsavias E. P. (1999) Airborne laser scanning: basic relations and formulas. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 54 (2-3), pp. 199-214. doi: 10.1016/S0924-2716(99)00015-5. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271699000155>: [Last accessed: 11/02/2013].
- Barnett V. (1975) Probability Plotting Methods and Order Statistics. Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics). Vol. 24 (1), pp. 95-108. doi: 10.2307/2346708. URL: <http://www.jstor.org/stable/2346708>: [Last accessed: 15/02/2012].
- Barton N. (2008) Shear strength of rockfill, interfaces and rock joints, and their points of contact in rock dump design. Rock dumps. Australian Centre for Geomechanics, Perth.
- Baum R., Godt J. (2010) Early warning of rainfall-induced shallow landslides and debris flows in the USA. Landslides. Vol. 7 (3), pp. 259-272. doi: 10.1007/s10346-009-0177-0. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-009-0177-0>.
- Baum R. L., Coe J. A., Godt J. W., Harp E. L., Reid M. E., Savage W. Z., Schulz W. H., Brien D. L., Chleborad A. F., McKenna J. P., Michael J. A. (2005) Regional landslide-hazard assessment for Seattle, Washington, USA. Landslides. Vol. 2 (4), pp. 266-279. doi: 10.1007/s10346-005-0023-y. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-29144472311&partnerID=40&md5=9b0c35395b5d6e5a65ef38ca1644b4ec>: [Last accessed: 15/05/2012].
- Baynes F. J. (1997) Problems associated with geological characterisation for quantitative landslide risk assessment. In Cruden, D. and Fell, R. (eds.), Landslide risk assessment. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 153-164.
- Baynes F. J., Lee M. (1998) Geomorphology in Landslide Risk Analysis, an Interim Report. In Moore, D. and Hung, O. (eds.), Proceedings of the Eight International Congress of the International Association of Engineering Geologists. Vancouver, Canada, pp. 1129-1136.
- Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. (2002) A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on. Vol. 40 (11), pp. 2375-2383. doi: 10.1109/tgrs.2002.803792.
- Bergeron A., Marchese L. (2012) Method and apparatus for determining a doppler centroid in a synthetic aperture imaging system. Google Patents. URL: <http://www.google.com/patents/US20120119943>: [Last accessed: 05/05/2014].
- Bernknopf R. L., Campbell R. H., Brookshire D. S., Shapiro C. D. (1988) A probabilistic approach to landslide hazard mapping in Cincinnati, Ohio, with application for economical evaluation. Bull of the Assoc Engin Geologists. Vol. 25, pp. 39-56. doi: 10.2113/gseegeosci.xxv.1.39.
- Besl P. J., McKay N. D. (1992) A method for registration of 3-D shapes. Ieee Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 14 (2), pp. 239-256. doi: 10.1109/34.121791. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0026821209&partnerID=40&md5=2fb8bd0d66ed97f30a82d09c6c8614f8>: [Last accessed: 13/01/2012].
- Biescas E., Crossetto M., Agudo M., Monserrat O., Crippa B. (2007) Two radar interferometric approaches to monitor slow and fast land deformation. Journal of Engineering Surveyance. Vol. 133 (2), pp. 66-71. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9453(2007)133:2(66).
- Boehler W., Vicent M. B., Marbs A. (2003) Investigating laser scanner accuracy. In The XIX CIPA Symposium, Turkey, pp 30-46.
- BOJA (2007) Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía. Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. Vol. 143.
- Bonnard C., Noverraz F. (2001) Influence of climate change on large landslides: assessment of long term movements and trends. Proc. of the International Conference on Landslides, Gluckauf, Essen, Davos, pp. 121-138.
- Booth A. M., Roering J. J., Perron J. T. (2009) Automated landslide mapping using spectral analysis and high-resolution topographic data: Puget Sound lowlands, Washington, and Portland Hills, Oregon. Geomorphology. Vol. 109 (3-4), pp. 132-147. doi: 10.1016/j.geomorph.2009.02.027. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-67349239084&partnerID=40&md5=d6218e170c61162574bc9936dc5cd1a6>: [Last accessed: 12/09/2013].
- Borga M., Dalla Fontana G., Cazorzi F. (2002) Analysis of topographic and climatic control on rainfall-triggered shallow landsliding using a quasi-dynamic wetness index. Journal of Hydrology. Vol. 268 (1-4), pp. 56-71. doi:

- 10.1016/S0022-1694(02)00118-X. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0036845046&partnerID=40&md5=9fb0c16419115a854032e1e957148eb4>: [Last accessed: 15/06/2012].
- Borga M., Dalla Fontana G., Da Ros D., Marchi L. (1998) Shallow landslide hazard assessment using a physically based model and digital elevation data. *Environmental Geology*. Vol. 35 (2-3), pp. 81-88. doi: 10.1007/s002540050295. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s002540050295>: [Last accessed: 23/10/2014].
- Boris D. (1934) Sur la sphère vide. *Otdelenie Matematicheskikh i Estesvennykh Nauk*. Vol. 7, pp. 793-800.
- Brabb E. E. (1984) Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. In 4th International Symposium on Landslides, Toronto, Canada. 1, pp 307-323.
- Brabb E. E. (1991) The world landslide problem. *Episodes*. Vol. 14 (1), pp. 52-61.
- Brabb E. E., Pampeyan E. H., Bonilla M. G. (1972) Landslide susceptibility in San Mateo County, California. US Geological Survey.
- Braga J. C., Martín J. M., Quesada C. (2003) Patterns and average rates of late Neogene–Recent uplift of the Betic Cordillera, SE Spain. *Geomorphology*. Vol. 50 (1), pp. 3-26. doi: 10.1016/S0169-555X(02)00205-2.
- Brideau M.-A., Sturzenegger M., Stead D., Jaboyedoff M., Lawrence M., Roberts N., Ward B., Millard T., Clague J. (2012) Stability analysis of the 2007 Chehalis lake landslide based on long-range terrestrial photogrammetry and airborne LiDAR data. *Landslides*. Vol. 9 (1), pp. 75-91. doi: 10.1007/s10346-011-0286-4.
- Brown E. T. (1981) *Rock Characterization Testing and Monitoring*. Ed. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Bruce I., Cruden D., Eaton T. (1989) Use of a tilting table to determine the basic friction angle of hard rock samples. *Canadian Geotechnical Journal*. Vol. 26 (3), pp. 474-479.
- Brunsdon D. (1984) Mudslides. In Brunsdon, D. and Prior, D. B. (eds.), *Slope Instability*. Wiley, Chichester, pp. 363-418.
- Buckley S. J., Howell J. A., Enge H. D., Kurz T. H. (2008) Terrestrial laser scanning in geology: Data acquisition, processing and accuracy considerations. *Journal of the Geological Society*. Vol. 165 (3), pp. 625-638. doi: 10.1144/0016-76492007-100. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-44349187463&partnerID=40&md5=4e9332837fd879fdca60dd89be74e150>: [Last accessed: 13/02/2012].
- Bulut F., Boynukalin S., Tarhan F., Ataoglu E. (2000) Reliability of landslide isopleth maps. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 58 (2), pp. 95-98. doi: 10.1007/s100640050002. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s100640050002>: [Last accessed: 16/08/2013].
- Burns W. J. (1999) *Engineering Geology And Relative Stability Of The Southern Half Of Newell Creek Canyon, Oregon City*. Thesis. Portland State University.
- Burns W. J., Mickelson K. (2009) *Regional Landslide Susceptibility Maps Of The Western Half Of The Linnton Quadrangle, Washington And Multnomah Counties, Oregon*. Technical Report to Washington County, Oregon.
- Caine N. (1980a) The rainfall intensity: duration control of shallow landslides and debris flows. *Geografiska Annaler. Series A. Physical Geography*. pp. 23-27. [Last accessed: 09/09/2012].
- Caine N. (1980b) The Rainfall Intensity: Duration Control of Shallow Landslides and Debris Flows. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*. Vol. 62 (1/2), pp. 23-27. doi: 10.2307/520449. URL: <http://www.jstor.org/stable/520449>: [Last accessed: 09/09/2012].
- Campbell R. H. (1975) Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California Survey Professional Paper. US Geological. 851, p. 51.
- Cannon S., Gartner J. (2005) Wildfire-related debris flow from a hazards perspective. *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*. Springer Berlin Heidelberg, Sec. 15, pp. 363-385. ISBN/ISSN: 978-3-540-20726-9. doi: 10.1007/3-540-27129-5_15. URL: http://dx.doi.org/10.1007/3-540-27129-5_15: [Last accessed: 11/12/2012].
- Canuti P., Focardi P., Garzonio C. A. (1985) Correlation between rainfall and landslides. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*. (32), pp. 49-54. doi: 10.1007/BF02594765. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0022241209&partnerID=40&md5=f15e3ec84b5b8c38d929b89897622537>: [Last accessed: 11/10/2012].
- Capparelli G., Tiranti D. (2010) Application of the MoniFLaR early warning system for rainfall-induced landslides in Piedmont region (Italy). *Landslides*. Vol. 7 (4), pp. 401-410. doi: 10.1007/s10346-009-0189-9. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-78649326945&partnerID=40&md5=8e78bf5542baaa7e9c559998944b72c0>: [Last accessed: 15/11/2012].
- Cardinali M., Reichenbach P., Guzzetti F., Ardizzone F., Antonini G., Galli M., Cacciano M., Castellani M., Salvati P. (2002) A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*. Vol. 2 (1/2), pp. 57-72. doi: 10.5194/nhess-2-57-2002. URL: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/2/57/2002/>: [Last accessed: 20/02/2013].
- Carranza E. J. M. (2004) Weights of Evidence Modeling of Mineral Potential: A Case Study Using Small Number of Prospects, Abra, Philippines. *Natural Resources Research*. Vol. 13 (3), pp. 173-187. doi: 10.1023/B:NARR.0000046919.87758.f5. URL: <http://dx.doi.org/10.1023/B%3ANARR.0000046919.87758.f5>: [Last accessed: 18/06/2013].
- Carrara A. (1982) Cartografia tematica, stoccaggio ed elaborazione dati. *Convegno Conclusivo Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo, Relazione Generale, Sottoprogetto Fenomeni Franosi*. pp. 9-10.
- Carrara A. (1983) Multivariate models for landslide hazard evaluation. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*. Vol. 15 (3), pp. 403-426.
- Carrara A. (1988) Landslide hazard mapping by statistical methods: a black box model approach. *Proc of the Workshop on Natural Disaster in European Mediterranean Countries*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Perugia, Italy.
- Carrara A. (1989) Landslide hazard mapping by statistical methods: a "black-box" model approach. In *International Workshop on Natural Disasters in European–Mediterranean Countries, Perugia*. 27, pp 427-445.

- Carrara A., Cardinali M., Detti R., Guzzetti F., Pasqui V., Reichenbach P. (1990) Geographical Information System and multivariate models in landslide hazard evaluation Proc of the 6th Int Conf Field Workshop on Landslides. witzerland-Austria-Italy. 1, pp. 17-28.
- Carrara A., Cardinali M., Detti R., Guzzetti F., Pasqui V., Reichenbach P. (1991) GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 16 (5), pp. 427-445. doi: 10.1002/esp.3290160505. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/esp.3290160505>: [Last accessed: 15/03/2013].
- Carrara A., Cardinali M., Guzzetti F. (1992) Uncertainty in assessing landslide hazard and risk. *ITC Journal*. Vol. 1992-2, pp. 172-183. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-17444451175&partnerID=40&md5=250e394b378b405656720cd3ade50e33>: [Last accessed: 27/11/2014].
- Carrara A., Cardinali M., Guzzetti F., Reichenbach P. (1995) GIS technology in mapping landslide hazard. *Geographical Information Systems In Assessing Natural Hazards* (Carrara A, Guzzetti F eds), Kluwer Academic Publisher, Dordrecht. pp. 135-176. doi: 10.1023/A:1008097111310.
- Carrara A., Guzzetti F., Cardinali M., Reichenbach P. (1999) Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard. *Natural Hazards*. Vol. 20 (2-3), pp. 117-135. doi: 10.1023/A:1008097111310.
- Carro M., De Amicis M., Luzi L., Marzorati S. (2003) The application of predictive modeling techniques to landslides induced by earthquakes: The case study of the 26 September 1997 Umbria-Mache earthquake (Italy). *Engineering Geology*. Vol. 69 (1-2), pp. 139-159. doi: 10.1016/s0013-7952(02)00277-6. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0037400102&partnerID=40&md5=8496bb10f703cf534462333fe0ef616e>: [Last accessed: 18/06/2012].
- Casale R., Fantecchi R., Flageolet J. C. (1994) Temporal Occurrence and Forecasting of Landslides in the European Community In Casale, R., Fantecchi, R. and Flageolet, J. C. (eds.), Final Report. Programme Epoch (Ct. 90 0025). European Community, p. 957.
- Cascini L. (2008) Applicability of landslide susceptibility and hazard zoning at different scales. *Engineering Geology*. Vol. 102 (3-4), pp. 164-177. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.016. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-55749089724&partnerID=40&md5=c2d0305f77dd47ed1d0fe8c99ddebdb>: [Last accessed: 22/12/2014].
- Cascini L., Bonnard C., Corominas J., Jibson R., Montero-Olarte J. (2005) Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development -- state of the art report. In Hungr, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E. (eds.), *Landslide Risk Management*. Taylor and Francis, London, pp. 199-235.
- Cascini L., Cuomo S., Della Sala M. (2011) Spatial and temporal occurrence of rainfall-induced shallow landslides of flow type: A case of Sarno-Quindici, Italy. *Geomorphology*. Vol. 126 (1-2), pp. 148-158. doi: 10.1016/j.geomorph.2010.10.038. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-78650916719&partnerID=40&md5=0ac0bda58424191835e80aaf91c152e7>: [Last accessed: 21/11/2012].
- Catani F., Casagli N., Ermini L., Righini G., Menduni G. (2005) Landslide hazard and risk mapping at catchment scale in the Arno River basin. *Landslides*. Vol. 2 (4), pp. 329-342. doi: 10.1007/s10346-005-0021-0. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-29144505329&partnerID=40&md5=dd607ff943d8e00c931b17c71995cdeb>: [Last accessed: 19/02/2013].
- Cepeda J., Colonnelli S., Meyer N. K., Kronholm K. (2012) SafeLand Deliverable D1.5: statistical and empirical models for prediction of precipitation-induced landslides. URL: http://www.safeland-fp7.eu/results/documents/d1.5_revised.pdf: [Last accessed: 05/01/2015].
- Clerici A., Perego S., Tellini C., Vescovi P. (2002) A procedure for landslide susceptibility zonation by the conditional analysis method. *Geomorphology*. Vol. 48 (4), pp. 349-364. doi: 10.1016/S0169-555X(02)00079-X.
- Coe J. A., Michael J. A., Crovelli R. A., Savage W. Z. (2000) Preliminary map showing landslide densities, mean recurrence intervals, and exceedance probabilities as determined from historic records. Open-file report 00-303. USGS. Seattle, Washington.
- Collins F., Conner M. E., Eidinger J. M., Tomasulo J. (2004) Pipeline performance in San Diego due to earthquakes. San Diego, CA. 107. ISBN/ISSN: 9780784405741.
- Collison A., Wade S., Griffiths J., Dehn M. (2000) Modelling the impact of predicted climate change on landslide frequency and magnitude in SE England. *Engineering Geology*. Vol. 55 (3), pp. 205-218. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0013-7952\(99\)00121-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0013-7952(99)00121-0). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795299001210>: [Last accessed: 15/02/2015].
- Comas M. C., García-Dueñas V., Soto J. L., Campos J. (1993) An extensional basin developed on a collisional orogen: The Alboran Sea. In Seranne, M. and Malavieille, J. (eds.), *Late orogenic extension in mountain belts: Bureau de Recherche Géologique et Minière Document*. 219, pp. 44-46.
- Comegna L., Picarelli L., Bucchignani E., Mercogliano P. (2013) Potential effects of incoming climate changes on the behaviour of slow active landslides in clay. *Landslides*. Vol. 10 (4), pp. 373-391. doi: 10.1007/s10346-012-0339-3. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-012-0339-3>: [Last accessed: 25/11/2014].
- Concha-Dimas A., Campos-Vargas M., Lopez-Miguel C. (2007) Comparing heuristic and bivariate GIS-based methods for refining landslide susceptibility maps in northern Mexico City. *Environmental & Engineering Geoscience*. Vol. 13 (4), pp. 277-287. doi: 10.2113/gseegeosci.13.4.277.
- Corominas J. (2000) Landslides and climate. Keynote lecture. In Bromhead, E., Dixon, N., Ibsen, M. L. and Cardiff, A. A. (eds.), *Proceedings 8th International Symposium on Landslides*. Balkema. 4, pp. 1-33.
- Corominas J., Copons R., Vilaplana J. M., Altimir J., Amigó J. (2003) Integrated landslide susceptibility analysis and hazard assessment in the principality of Andorra. *Natural Hazards*. Vol. 30 (3), pp. 421-435. doi: 10.1023/B:NHAZ.0000007094.74878.d3. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0742305101&partnerID=40&md5=ccac5c86ac34065f13fdce826aaea0a7>: [Last accessed: 15/02/2012].

- Corominas J., Moya J. (1999) Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat River basin, Eastern Pyrenees, Spain. *Geomorphology*. Vol. 30 (1-2), pp. 79-93. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00046-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00046-X). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X9900046X>: [Last accessed: 16/02/2011].
- Corominas J., Moya J. (2008) A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes. *Engineering Geology*. Vol. 102 (3-4), pp. 193-213. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.018. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-56249098302&partnerID=40&md5=5184809f8cde53432d4e2c9946831bc0>: [Last accessed: 29/03/2012].
- Corominas J., van Westen C., Frattini P., Cascini L., Malet J. P., Fotopoulou S., Catani F., Van Den Eeckhaut M., Mavrouli O., Agliardi F., Pitilakis K., Winter M. G., Pastor M., Ferlisi S., Tofani V., Hervás J., Smith J. T. (2014) Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 73 (2), pp. 209-263. doi: 10.1007/s10064-013-0538-8. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10064-013-0538-8>: [Last accessed: 15/01/2015].
- Corsini A., Borgatti L., Cervi F., Dahne A., Ronchetti F., Sterzai P. (2009) Estimating mass-wasting processes in active earth slides - Earth flows with time-series of High-Resolution DEMs from photogrammetry and airborne LiDAR. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 9 (2), pp. 433-439. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-73549112736&partnerID=40&md5=33a89e8f88cfaee7908ed5d35e969428>: [Last accessed: 23/12/2011].
- COSUDE (2002) 6 Amenazas por Terrenos Inestables. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal de Nicaragua. Guía para el especialista. Proyecto: Apoyo Local para el Análisis y manejo de los Riesgos Naturales (ALARN). Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Managua, Nicaragua, p. 29.
- Cotecchia V. (1978) Systematic reconnaissance mapping and registration of slope movements. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*. Vol. 17 (1), pp. 5-37. doi: 10.1007/bf02634670. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02634670>: [Last accessed: 20/02/2012].
- Cross M. (1998) Landslide susceptibility mapping using the Matrix Assessment Approach: a Derbyshire case study. *Geohazards in Engineering Geology*. Geological Society Special Publication No.15., pp. 247-261. doi: 10.1144/GSL.ENG.1998.015.01.26. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0032454870&partnerID=40&md5=c2fd13166a16aecc3a13ab30a5ce6f30>: [Last accessed: 21/05/2012].
- Crosta G. (1998) Regionalization of rainfall thresholds: an aid to landslide hazard evaluation. *Environmental Geology*. Vol. 35 (2-3), pp. 131-145. doi: 10.1007/s002540050300.
- Crosta G., Frattini P. (2003) Distributed modelling of shallow landslides triggered by intense rainfall. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 3 (1/2), pp. 81-93. doi: 10.5194/nhess-3-81-2003.
- Crosta G. B., Dal Negro P., Frattini P. (2003) Distributed modelling of shallow landsliding in volcanoclastic soils. *Engineering Geology*. 73.
- Crosta G. B., Frattini P. (2001) Rainfall thresholds for triggering soil slips and debris flow. In Mugnai, A., Guzzetti, F. and Roth, G. (eds.), *Proceedings 2nd EGS Plinius Conference on Mediterranean Storms*. Siena, pp. 463-487.
- Crosta G. B., Frattini P. (2008) Rainfall-induced landslides and debris flows. *Hydrological Processes*. Vol. 22 (4), pp. 473-477. doi: 10.1002/hyp.6885. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.6885>: [Last accessed: 21/01/2015].
- Crovelli R. A. (2000) Probabilistic models for estimation of number and cost of landslides. Open file report 00-249. US Geological Survey. Reston, p. 23. URL: <http://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr-00-0249/ProbModels.html>: [Last accessed: 09/08/2014].
- Crozier M. J. (1984) Field assessment of slope instability. In Brunsten, D. and Prior, D. B. (eds.), *Slope instability*. Wiley, Chichester. Chap. 4, pp. 103-142.
- Crozier M. J. (2005) Multiple-occurrence regional landslide events in New Zealand: Hazard management issues. *Landslides*. Vol. 2 (4), pp. 247-256. doi: 10.1007/s10346-005-0019-7. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-29144496986&partnerID=40&md5=f982c481cf1b865170b5c74e72f8c24b>: [Last accessed: 01/06/2012].
- Crozier M. J., Eyles R. J. (1980) Assessing the probability of rapid mass movement. In *Proceedings of 3rd Australia-New Zealand Conference on Geomechanics*. Groups, T., Wellington: New Zealand Institution of Engineers. 6, pp 247-251.
- Crozier M. J., Preston N. J. (1999) Modelling changes in terrain resistance as a component of landform evolution in unstable hill country. In Hergarten, S. and Neugebauer, H. (eds.), *Process Modelling and Landform Evolution*. Springer Berlin Heidelberg. 78, Sec. 14, pp. 267-284. ISBN/ISSN: 978-3-540-64932-8. doi: 10.1007/BFb0009730. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/BFb0009730>: [Last accessed: 15/12/2013].
- Cruden D. M. (1991) A simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International*. Paris. 43, pp. 27-29. doi: 10.1007/BF02590167.
- Cruden D. M., Varnes D. J. (1996) Landslide types and processes. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board. Vol. 247, pp. 36-75. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-7044226255&partnerID=40&md5=d301179a84fe2c7002ade761005c151a>: [Last accessed: 20/08/2011].
- CumFreq (2014) CumFreq: Cumulative frequency analysis with probability distribution fitting. URL: <http://www.waterlog.info/cumfreq.htm> [Last accessed: 05/09/2014].
- Cumming I., Bennett J. (1979) Digital processing of SEASAT SAR data. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing*, IEEE International Conference on ICASSP'79. IEEE. 4, pp 710-718.

- Cunnane C. (1973) A particular comparison of annual maxima and partial duration series methods of flood frequency prediction. *Journal of Hydrology*. Vol. 18 (3–4), pp. 257-271. doi: 10.1016/0022-1694(73)90051-6. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022169473900516>: [Last accessed: 16/11/2013].
- Curlander J. C., McDonough R. N. (1991) *Synthetic aperture radar- Systems and signal processing*. Wiley Series in Remote Sensing & Image Processing. John Wiley & Sons, Inc. New York, p. 672. ISBN/ISSN: 047185770X.
- Curlander J. C., McDonough R. N. (1992) *Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing*. p. 672. ISBN/ISSN: 978-0-471-85770-9.
- Chacón J. (2003) *Geologic and Geomorphologic Risks: Identification, Analysis and Consequence prevention of Landslides*. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*. Los procesos de riesgo con origen natural: una constante en la relación entre hombre y medio. Ediciones de la Universidad de Murcia. Murcia. 23, pp. 33-64.
- Chacón J. (2008) Los conceptos actuales de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo, en la prevención de movimientos de ladera, con ejemplos de aplicaciones prácticas. In: Palmeiro do Amaral, C and Eugenio de Lima, R (coord). 44 Congreso Brasileiro de Geología, SP24. *Processos geológicos perigosos; riscos, desastres naturais e ambientais*, p. 34.
- Chacón J. (2009) Diacronía de los movimientos de ladera. In Alonso, E., Corominas, J. and Hürlimann, M. (eds.), VII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. CIMNE, Barcelona.
- Chacón J., El Hamdouni R., Arroyo J., Irigaray C., Fernández T. (2001) Slope instability in the northeastern sector of the Granada basin (Spain): Events following recent rainfall (1995–1998). In Sanz de Galdeano, C., Peláez, A. and López Garrido, A. C. (eds.), *La cuenca de Granada: Estructura, Tectónica Activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes*, pp. 189-197.
- Chacón J., Irigaray C., El Hamdouni R., Jiménez-Perálvarez J. (2010) Diachroneity of landslides. In Williams, A. L., Pinches, G. M., Chin, C. Y., McMorran, T. J. and Massey, C. I. (eds.), *Geologically Active*. Taylor & Francis Group. CRC Press-Balkema. 1, pp. 999-1006. ISBN/ISSN: 978-0-415-60034-7.
- Chacón J., Irigaray C., El Hamdouni R., Valverde-Palacios I., Valverde-Espinosa I., Calvo F., Jiménez-Perálvarez J., Chacon E., Fernández P., Garrido J., Lamas F. (2012) Engineering and Environmental Geology of Granada and its Metropolitan Area (Spain). *Environmental & Engineering Geoscience*. Vol. 18 (3), pp. 217-260. doi: 10.2113/gsegeosci.18.3.217. URL: <http://eeg.geoscienceworld.org/content/18/3/217.abstract>: [Last accessed: 21/02/2013].
- Chacón J., Irigaray C., ElHamdouni R., Fernandez T. (1996) From the inventory to the risk analysis: Improvements to a large scale GIS method. *Landslides - Proceedings of the Eighth International Conference and Field Trip on Landslides*. pp. 335-342.
- Chacón J., Irigaray C., Fernández T. (1994) Large to middle scale landslide inventory, analysis and mapping with modelling and assessment of derived susceptibility, hazards and risks in a GIS. *Proceedings of 7th IAEG Congress*. Vol. 6, pp. 4669-4678.
- Chacón J., Irigaray C., Fernandez T., El Hamdouni R. (2006a) Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 65 (4), pp. 341-411. doi: 10.1007/s10064-006-0064-z. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10064-006-0064-z>: [Last accessed: 12/11/2011].
- Chacón J., Irigaray Fernández C., Fernández T., El Hamdouni R. (2006b) *Landslides in the main urban areas of the Granada province, Andalucía, Spain*. IAEG 2006. Nottingham.
- Chen H., Lee C. F. (2003) A dynamic model for rainfall-induced landslides on natural slopes. *Geomorphology*. Vol. 51 (4), pp. 269-288. doi: 10.1016/s0169-555x(02)00224-6. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0037466567&partnerID=40&md5=f91d6daf3750a3fa5ecf0e7a91dda552>: [Last accessed: 23/05/2014].
- Chen Y., Medioni G. (1992) Object modeling by registration of multiple range images. *Image and Vision Computing*. Vol. 10 (3), pp. 145-155.
- Chigira M., Wu X., Inokuchi T., Wang G. (2010) Landslides induced by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan, China. *Geomorphology*. Vol. 118 (3–4), pp. 225-238. doi: 10.1016/j.geomorph.2010.01.003. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X10000176>: [Last accessed: 21/11/2012].
- D'Odorico P., Fagherazzi S. (2003) A probabilistic model of rainfall-triggered shallow landslides in hollows: A long-term analysis. *Water Resources Research*. Vol. 39 (9), pp. ESG61-ESG614. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-1542547028&partnerID=40&md5=8ba5c597584a2a412910da6455342203>: [Last accessed: 13/03/2014].
- Daehne A., Corsini A. (2013) Kinematics of active earthflows revealed by digital image correlation and DEM subtraction techniques applied to multi-temporal LiDAR data. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 38 (6), pp. 640-654. doi: 10.1002/esp.3351. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84876496397&partnerID=40&md5=255fdc43d49c2981925410527b6dde7f>: [Last accessed: 15/01/2014].
- Dahal R. K., Hasegawa S., Nonomura A., Yamanaka M., Dhakal S., Paudyal P. (2008) Predictive modelling of rainfall-induced landslide hazard in the Lesser Himalaya of Nepal based on weights-of-evidence. *Geomorphology*. Vol. 102 (3-4), pp. 496-510. doi: 10.1016/j.geomorph.2008.05.041. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-51749103289&partnerID=40&md5=fcadc99c8e26646c6284167df717fcf4>: [Last accessed: 15/10/2014].
- Dai F. C., Lee C. F. (2001) Frequency-volume relation and prediction of rainfall-induced landslides. *Engineering Geology*. Vol. 59 (3-4), pp. 253-266. doi: 10.1016/s0013-7952(00)00077-6. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0035303525&partnerID=40&md5=2185cbc68973c17b20ccc12aa17d0a9c>: [Last accessed: 02/10/2014].

- DeGraff J., Romesburg C. (1980) Regional landslide susceptibility assessment for wildland management: a matrix approach. In Coats, C. R. and Vitek, J. (eds.), Chapter 19 In: *Thresholds in Geomorphology*. Allen and Unwin. London, pp. 401-414.
- Delacourt C., Allemand P., Berthier E., Raucoules D., Casson B., Grandjean P., Pambrun C., Varel E. (2007) Remote-sensing techniques for analysing landslide kinematics: A review. *Bulletin de la Societe Geologique de France*. Vol. 178 (2), pp. 89-100. doi: 10.2113/gssgfbull.178.2.89. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34248998155&partnerID=40&md5=a4650848d15fcc8101a8e0b98757cc1d>: [Last accessed: 04/12/2013].
- DeMets C., Gordon R. G., Argus D., Stein S. (1990) Current plate motions. *Geophysical journal international*. Vol. 101 (2), pp. 425-478. doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04491.x.
- Derron M. H., Jaboyedoff M. (2010) Preface "LIDAR and DEM techniques for landslides monitoring and characterization". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* Vol. 10 (9), pp. 1877-1879. doi: 10.5194/nhess-10-1877-2010. URL: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/1877/2010/>: [Last accessed: 20/06/2013].
- Dewey J., Helman M., Knott S., Turco E., Hutton D. (1989) Kinematics of the western Mediterranean. *Geological Society, London, Special Publications*. Vol. 45 (1), pp. 265-283. doi: 10.1144/GSL.SP.1989.045.01.15.
- Dewitte O., Jasselette J. C., Cornet Y., Van Den Eeckhaut M., Collignon A., Poesen J., Demoulin A. (2008) Tracking landslide displacements by multi-temporal DTMs: A combined aerial stereophotogrammetric and LIDAR approach in western Belgium. *Engineering Geology*. Vol. 99 (1-2), pp. 11-22. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.02.006. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-43649090446&partnerID=40&md5=a169f2ab9b8583636eac41042a33533d>: [Last accessed: 23/03/2013].
- Dietrich E. W., Reiss R., Hsu M.-L., Montgomery D. R. (1995) A process-based model for colluvial soil depth and shallow landsliding using digital elevation data. *Hydrological Process*. Vol. 9, pp. 383-400.
- Dikau R., Cavallin A., Jäger S. (1996) Databases and GIS for landslide research in Europe. *Geomorphology*. Vol. 15 (3-4 SPEC. ISS.), pp. 227-239. doi: 10.1016/0169-555X(95)00072-D. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0029731876&partnerID=40&md5=9d3138e0b5f5d559a0baab3843b1b1e4>: [Last accessed: 21/08/2014].
- DIPGRA, IGME (2007) Diputación de Granada and Instituto Geológico Minero de España (2007). *Atlas de Riesgos Naturales en la Provincia de Ganada*. Ferrer, M. (dir). ISBN/ISSN: 978-84-7807-438-9.
- Doppler C., Studnička F. J. (1903) Ueber das farbridge Lict der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels: Versuch einer das Bradley'sche aberrations-theorem als integrirrenden Theil in sich schliessenden allgemeineren Theorie. *K. Böhm Gesellschaft der Wissenschaften*.
- Downes G. L., Dowrick D. J., Van Dissen R. J., Taber J. J., Hancox G. T., Smith E. G. C. (2001) The 1942 Wairarapa, New Zealand, earthquakes: Analysis of observational and instrumental data. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*. Vol. 34 (2), pp. 125-157. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034957848&partnerID=40&md5=13ecc7185c0b3f874f5899e6d2308cb6>: [Last accessed: 19/12/2014].
- Duggal K. N., Soni J. P. (2005) *Statistics Applied to Hydrology. Elements of water resources engineering*. New Age International Publishers. New Delhi, p. 47. ISBN/ISSN: 81-224-0507-9.
- Dussauge-Peisser C., Helmstetter A., Grasso J.-R., Hantz D., Desvarreux P., Jeannin M., Giraud A. (2002) Probabilistic approach to rock fall hazard assessment: potential of historical data analysis. *Nat Hazards Earth Syst Sci*. Vol. 2, pp. 15-26. doi: 10.5194/nhess-2-15-2002.
- Dykes A. P., Gunn J., Convery K. J. (2008) Landslides in blanket peat on Cuilcagh Mountain, northwest Ireland. *Geomorphology*. Vol. 102 (3-4), pp. 325-340. doi: 10.1016/j.geomorph.2008.04.003. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-55049118751&partnerID=40&md5=3c218ec69c12beb2bd76aa86584713c0>: [Last accessed: 08/10/2013].
- Egeler C. (1964) On the tectonics of the eastern Betic Cordilleras (SE Spain). *Geologische Rundschau*. Vol. 53 (1), pp. 260-269.
- Eggert D. W., Fitzgibbon A. W., Fisher R. B. (1998) Simultaneous Registration of Multiple Range Views for Use in Reverse Engineering of CAD Models. *Computer Vision and Image Understanding*. Vol. 69 (3), pp. 253-272. doi: 10.1006/cviu.1998.0667. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0032027283&partnerID=40&md5=3619cdd590f5158846b2fa08c3074d36>: [Last accessed: 12/05/2012].
- Einstein H. (1988) Special lecture: landslide risk assessment procedure. In *Proc. 5th Int. Symp. on Landslides, Lausanne*, 2, pp 1075-1090.
- El Hamdouni R. (2001) Estudio de movimientos de ladera en la cuenca del río Ízbor mediante un SIG: contribución al conocimiento de la relación entre tectónica activa e inestabilidad de vertientes., *Doctoral Thesis*. Universidad de Granada, p. 429.
- El Hamdouni R., Irigaray C., Fernández T., Chacón J., Keller E. A. (2008) Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*. Vol. 96 (1-2), pp. 150-173. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.08.004. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X07003893>: [Last accessed: 01/03/2011].
- El Hamdouni R., Irigaray C., Fernández T., Sanz de Galdeano C., Chacón J. (1997a) Inventario de movimientos de ladera en el entorno del embalse de Béznar (Granada). In Alonso, E., Corominas, J., Chacón, J., Oteo, C. and Pérez, J. (eds.), *IV Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables*, Granada, 1, pp. 731-740.
- El Hamdouni R., Irigaray C., Pérez J., Fernández T., Chacón J. (1997b) Exposición a riesgos derivados de los movimientos de ladera en el entorno de Albuñuelas (Granada): incidencia de las lluvias de Noviembre a Enero de 1996/97. In *IV Simposio Nacional Sobre Taludes Y Laderas Inestables*, Granada. Spain, 1, pp 15-26.

- Endo (1969) Probable distribution of the amount of rainfall causing landslides, Annual Report 1968. Hokkaico Branch, For. Exp. Stn., Sapporo. Japan, pp. 122-136.
- EPOCH (1993) The temporal occurrence and forecasting of landslides in the European community (Ed: Flageollet, J. C.). Contract No. 90 0025, 3 Volumes.
- ESA (2004a) 1.1.5 Special Features of ASAR. ASAR Product Handbook. European Spatial Agency, p. 566. URL: <https://earth.esa.int/handbooks/asar/CNTR1-1-5.html#eph.asar.ug.choos.specfeat.interf>: [Last accessed: 30/05/2013].
- ESA (2004b) 2.6.1.1 ASAR Level 1B Algorithm Physical Justification. ASAR Product Handbook. European Spatial Agency, p. 566. URL: <https://earth.esa.int/handbooks/asar/CNTR2-6.htm>: [Last accessed: 30/05/2013].
- ESA (2004c) 2.6.1.2.3 Range-Doppler. ASAR Product Handbook. European Spatial Agency, p. 566. URL: <https://earth.esa.int/handbooks/asar/CNTR2-6-1-2-3.htm>: [Last accessed: 30/05/2013].
- ESRI (2009) ArcGIS Desktop 9.3. Environmental Systems Research Institute, Inc (ESRI). URL: <http://www.esri.com>
- European Commission (2006a) Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Thematic Strategy for Soil Protection. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52006DC0231:EN:NOT>: [Last accessed: 13/05/2013].
- European Commission (2006b) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52006PC0232:EN:NOT>: [Last accessed: 13/05/2013].
- European Commission (2012) Report from the Commission the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The implementation of the Soil Thematic Strategy and ongoing activities. Europe Union. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012DC0046:EN:NOT>: [Last accessed: 13/05/2013].
- European Community (2007) Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). Official Journal of the European Union L108, p. 14. URL: <http://inspire.ec.europa.eu/>: [Last accessed: 13/05/2013].
- Evans J. S., Hudak A. T. (2007) A multiscale curvature algorithm for classifying discrete return LiDAR in forested environments. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 45 (4), pp. 1029-1038. doi: 10.1109/tgrs.2006.890412. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33947708384&partnerID=40&md5=d3c5de062343f82fdcf1c3d4833a9b76>: [Last accessed: 13/04/2013].
- Evans S. G., Hungr O. (1993) The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. Canadian Geotechnical Journal. Vol. 30 (4), pp. 620-636. doi: 10.1139/t93-054. URL: <http://dx.doi.org/10.1139/t93-054>: [Last accessed: 2014/12/29].
- Evans S. G., Hungr O., Clague J. J. (2001) Dynamics of the 1984 rock avalanche and associated distal debris flow on Mount Cayley, British Columbia, Canada; Implications for landslide hazard assessment on dissected volcanoes. Engineering Geology. Vol. 61 (1), pp. 29-51. doi: 10.1016/s0013-7952(00)00118-6. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0035397243&partnerID=40&md5=cd82d5f54ac0cd641a8395d4976f826b>.
- Eyers R., Moore J. M., Hervas J., Lui J. G. (1995) Landslide mapping using digital imagery: a case history from south east Spain. In Proc. 31st Annual Conf. on Geohazards and Engineering Geology, Coventry, UK, pp 379-388.
- Fan D., Cui X.-m., Yuan D.-b., Wang J., Yang J., Wang S. (2011) Weight of Evidence Method and Its Applications and Development. Procedia Environmental Sciences. Vol. 11, Part C (0), pp. 1412-1418. doi: 10.1016/j.proenv.2011.12.212. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029611010358>: [Last accessed: 20/02/2015].
- FAS (2013) Advanced Radar Systems. Introduction to Naval Weapons Engineering. URL: <http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/advradrsys/AdvRadr.htm>: [Last accessed: 29/05/2014].
- Fell R. (1994) Landslide risk assessment and acceptable risk. Canadian Geotechnical Journal. Vol. 31 (2), pp. 261-272. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0028184050&partnerID=40&md5=4c84ad46dad0c43e31eb1439b06701ed>.
- Fell R., Corominas J., Bonnard C., Cascini L., Leroi E., Savage W. Z. (2008) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology. Vol. 102 (3-4), pp. 85-98. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.022. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795208001762>: [Last accessed: 22/02/2011].
- Fell R., Finlay P. J., Mostyn G. R. (1996) Framework for assessing the probability of sliding of cut slopes. In Senneset, K. (eds.), 7th International Symposium on Landslides. A.A. Balkema, Trondheim. 1, pp. 201-208.
- Fell R., Ho K., Lacasse S., Leroi E. (2005) State of the Art Paper 1-A framework for landslide risk assessment and management. In Proceedings of the International Conference on Landslide Risk Management, Vancouver, Canada. 31.
- Fernández P., Irigaray C., Jimenez J., El Hamdouni R., Crosetto M., Monserrat O., Chacon J. (2009) First delimitation of areas affected by ground deformations in the Guadalfeo River Valley and Granada metropolitan area (Spain) using the DInSAR technique. Engineering Geology. Vol. 105 (1-2), pp. 84-101. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.12.005. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795208003219>: [Last accessed: 06/04/2012].
- Fernández T. (2001) Cartografía, análisis y modelado de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en macizos rocosos mediante SIG: Aplicación a diversos sectores del sur de la provincia de Granada., Unpublished PhD Thesis. Department of Civil Engineering, University of Granada. Spain, p. 648.

- Fernández T., Irigaray C., Chacón J. (1996) Inventario de movimientos de ladera en el borde noreste de la Sierra de los Guájares (Granada) mediante un SIG. In Chacón, J. and Irigaray, C. (eds.), 6º Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio: Riesgos Naturales, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Granada. 1, pp. 419-441.
- Fernández T., Irigaray C., El Hamdouni R., Chacón J. (2008) Correlation between natural slope angle and rock mass strength rating in the Betic Cordillera, Granada, Spain. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 67 (2), pp. 153-164. doi: DOI 10.1007/s10064-007-0118-x. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10064-007-0118-x>. [Last accessed: 07/05/2012].
- Fernández T., Irigaray C., El Hamdouni R., Chacón J. (2003) Methodology for Landslide Susceptibility Mapping by Means of a GIS. Application to the Contraviesa Area (Granada, Spain). *Natural Hazards*. Vol. 30 (3), pp. 297-308. doi: 10.1023/B:NHAZ.0000007092.51910.3f. URL: <http://dx.doi.org/10.1023/B%3ANHAZ.0000007092.51910.3f>. [Last accessed: 20/01/2015].
- Fernández T., Pérez J. L., Cardenal J., Delgado J., Irigaray C., Chacón J. (2011) Evolution of a diachronic landslide by comparison between different DEMs obtained from Digital Photogrammetry Techniques in Las Alpujarras (Granada, Southern Spain). In Conference of Geoinformation for Disaster Management (GI4DM), Antalya, Turquía.
- Ferretti A., Prati C., Rocca F. (2001) Permanent scatterers in SAR interferometry. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*. Vol. 39 (1), pp. 8-20. doi: 10.1109/36.898661.
- Fiorucci F., Cardinali M., Carlà R., Rossi M., Mondini A. C., Santurri L., Ardizzone F., Guzzetti F. (2011) Seasonal landslide mapping and estimation of landslide mobilization rates using aerial and satellite images. *Geomorphology*. Vol. 129 (1-2), pp. 59-70. doi: 10.1016/j.geomorph.2011.01.013. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79953805278&partnerID=40&md5=2d3f20161d961c09be4af84efc86429f>. [Last accessed: 12/02/2013].
- Franklin J. A., Dusseault M. B. (1988) *Rock engineering*. McGraw-Hill. New York, p. 600.
- Frolking S., Palace M. W., Clark D. B., Chambers J. Q., Shugart H. H., Hurtt G. C. (2009) Forest disturbance and recovery: A general review in the context of spaceborne remote sensing of impacts on aboveground biomass and canopy structure. *Journal of Geophysical Research G: Biogeosciences*. Vol. 114 (3). doi: 10.1029/2008jg000911. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-76149126793&partnerID=40&md5=ea158a116ddc0830ac3f6109b16b5075>. [Last accessed: 04/05/2013].
- Galli M., Ardizzone F., Cardinali M., Guzzetti F., Reichenbach P. (2008) Comparing landslide inventory maps. *Geomorphology*. Vol. 94 (3-4), pp. 268-289. doi: 10.1016/j.geomorph.2006.09.023. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-38349156500&partnerID=40&md5=66b20d00bfff693a934227a62707f6af>. [Last accessed: 02/12/2012].
- García-Dueñas V., Balanyá J., Martínez-Martínez J. (1992) Miocene extensional detachments in the outcropping basement of the northern Alboran basin (Betics) and their tectonic implications. *Geo-Marine Letters*. Vol. 12 (2-3), pp. 88-95.
- Geography Department of the University of Durham (2003) A research project of the Department of Geography. International Landslide Centre. URL: https://www.dur.ac.uk/geography/research/research_projects/?mode=project&id=71/ [Last accessed: 13/05/2013].
- Ghiglia D. C., Pritt M. D. (1998) *Two-dimensional phase unwrapping: theory, algorithms, and software*. Wiley New York. ISBN/ISSN: 0471249351.
- Ghiglia D. C., Romero L. A. (1994) Robust two-dimensional weighted and unweighted phase unwrapping that uses fast transforms and iterative methods. *Journal of the Optical Society of America A*. Vol. 11 (1), pp. 107-117. doi: 10.1364/josaa.11.000107. URL: <http://josaa.osa.org/abstract.cfm?URI=josaa-11-1-107>. [Last accessed: 02/12/2014].
- Glade T. (1998) Establishing the frequency and magnitude of landslide-triggering rainstorm events in New Zealand. *Environmental Geology*. Vol. 35 (2-3), pp. 160-174. doi: 10.1007/s002540050302. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s002540050302>. [Last accessed: 05/09/2014].
- Glade T., Anderson M. G., Crozier M. J. (2005) *Landslide risk assessment*. In Glade, T., Anderson, M. G. and Crozier, M. J. (eds.). Chichester, p. 832. ISBN/ISSN: 978-0-471-48663-3.
- Glade T., Crozier M., Smith P. (2000) Applying Probability Determination to Refine Landslide-triggering Rainfall Thresholds Using an Empirical "Antecedent Daily Rainfall Model". *pure and applied geophysics*. Vol. 157 (6-8), pp. 1059-1079. doi: 10.1007/s000240050017. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s000240050017>. [Last accessed: 08/09/2014].
- Glenn N. F., Streutker D. R., Chadwick D. J., Thackray G. D., Dorsch S. J. (2006) Analysis of LiDAR-derived topographic information for characterizing and differentiating landslide morphology and activity. *Geomorphology*. Vol. 73 (1-2), pp. 131-148. doi: 10.1016/j.geomorph.2005.07.006. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-29644444406&partnerID=40&md5=e8f92f19038f69ff961c8f008d9ffa5e>. [Last accessed: 08/02/2014].
- Goldstein R. M., Zebker H. A., Werner C. L. (1988) Satellite radar interferometry: Two-dimensional phase unwrapping. *Radio Science*. Vol. 23 (4), pp. 713-720. doi: 10.1029/RS023i004p00713. URL: <http://dx.doi.org/10.1029/RS023i004p00713>. [Last accessed: 09/02/2015].
- Gómez-Pugnaire M. T., Galindo-Zaldívar J., Rubatto D., González-Lodeiro F., López Sánchez-Vizcaíno V., Jabaloy A. (2004) A reinterpretation of the Nevado-Filábride and Alpujárride Complexes (Betic Cordillera): Field, petrography and U-Pb ages from orthogneisses (western Sierra Nevada, S Spain). *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*. Vol. 84 (3), pp. 303-322. doi: 10.1016/j.lithos.2010.07.002.

- URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33645766785&partnerID=40&md5=8a993b122eaa74e10555ef66fc291a5f>. [Last accessed: 20/07/2012].
- Goodchild M. F. (1986) Spatial autocorrelation. *Catmog* 47. Geo Books. Norwich, p. 56.
- Goodman R. E., Bray J. W. (1976) Toppling of rock slopes. *Proc. Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations & Slopes*. ASCE. Vol. 2, pp. 201-234.
- Gordon S. J., Licht D. D. (2004) Terrestrial laser scanners with a narrow field of view: The effect on 3D resection solutions. *Survey Review*. 37. 292, pp. 448-468. ISBN/ISSN: 00396265. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-1942441767&partnerID=40&md5=f8070c765e8aefb01c0ddc6a643fc72b>.
- Govi M., Sorzana P. F. (1980) Landslide susceptibility as function of critical rainfall amount in Piedmont basin (North-Western Italy). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*. Vol. 14, pp. 43-60.
- Gumbel E. J. (1968) *Statistics of Extremes*. Columbia University Press. New York, United States of America. 28-34.
- Günther A., Reichenbach P., Malet J.-P., Eeckhout M., Hervás J., Dashwood C., Guzzetti F. (2012) Tier-based approaches for landslide susceptibility assessment in Europe. *Landslides*. pp. 1-18. doi: 10.1007/s10346-012-0349-1. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-012-0349-1>. [Last accessed: 17/09/2014].
- Guthrie R. H., Evans S. G. (2004) Magnitude and frequency of landslides triggered by a storm event, Loughborough Inlet, British Columbia. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 4 (3), pp. 475-483. doi: 10.5194/nhess-4-475-2004. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-4544287369&partnerID=40&md5=7ed73d5da26522bcf05d8dae3de1e6a3>. [Last accessed: 10/08/2014].
- Guzzetti F. (2000) Landslide fatalities and the evaluation of landslide risk in Italy. *Engineering Geology*. Vol. 58 (2), pp. 89-107. doi: 10.1016/S0013-7952(00)00047-8. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034351837&partnerID=40&md5=0f8c94d96824c67646d757f03303c4fe>. [Last accessed: 30/06/2012].
- Guzzetti F. (2002) Landslide cartography, hazard assessment and risk evaluation: overview, limits and prospective. In *Proceedings of 3rd MITCH Workshop Floods, droughts and landslides who plans, who pays*, Potsdam (Germany).
- Guzzetti F. (2006) Landslide hazard assessment in the Collazzone area, Umbria, Central Italy. *Nat Hazards Earth Syst Sci*. Vol. 6, pp. 115-131. doi: 10.5194/nhess-6-115-2006.
- Guzzetti F., Cardinali M., Reichenbach P. (1994) The AVI project: A bibliographical and archive inventory of landslides and floods in Italy. *Environmental Management*. Vol. 18 (4), pp. 623-633. doi: 10.1007/bf02400865. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02400865>. [Last accessed: 15/08/2014].
- Guzzetti F., Cardinali M., Reichenbach P., Cipolla F., Sebastiani C., Galli M., Salvati P. (2004) Landslides triggered by the 23 November 2000 rainfall event in the Imperia Province, Western Liguria, Italy. *Engineering Geology*. Vol. 73 (3-4), pp. 229-245. doi: 10.1016/j.enggeo.2004.01.006. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-2142822328&partnerID=40&md5=3580c6c4e09c2f82b0d895d9f30e8c33>. [Last accessed: 12/08/2014].
- Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach P. (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*. Vol. 31 (1-4), pp. 181-216. doi: 10.1016/S0169-555X(99)00078-1. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X99000781>. [Last accessed: 21/03/2012].
- Guzzetti F., Malamud B. D., Turcotte D. L., Reichenbach P. (2002) Power-law correlations of landslide areas in central Italy. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. 195 (3-4), pp. 169-183. doi: 10.1016/S0012-821X(01)00589-1. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X01005891>. [Last accessed: 22/11/2014].
- Guzzetti F., Mondini A. C., Cardinali M., Fiorucci F., Santangelo M., Chang K. T. (2012) Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*. Vol. 112 (1-2), pp. 42-66. doi: 10.1016/j.earscirev.2012.02.001. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84859643276&partnerID=40&md5=d5af805562a03f4e4b93f76f8d4604ff>. [Last accessed: 21/12/2012].
- Guzzetti F., Peruccacci S., Rossi M., Stark C. (2008) The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows: an update. *Landslides*. Vol. 5 (1), pp. 3-17. doi: 10.1007/s10346-007-0112-1. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-007-0112-1>. [Last accessed: 25/09/2014].
- Guzzetti F., Peruccacci S., Rossi M., Stark C. P. (2007) Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*. Vol. 98 (3-4), pp. 239-267. doi: 10.1007/s00703-007-0262-7. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00703-007-0262-7>. [Last accessed: 21/08/2014].
- Guzzetti F., Reichenbach P., Ardizzone F., Cardinali M., Galli M. (2006) Estimating the quality of landslide susceptibility models. *Geomorphology*. Vol. 81 (1), pp. 166-184. doi: 10.1016/j.geomorph.2006.04.007.
- Guzzetti F., Reichenbach P., Cardinali M., Galli M., Ardizzone F. (2005) Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. *Geomorphology*. Vol. 72 (1-4), pp. 272-299. doi: 10.1016/j.geomorph.2005.06.002. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-28744438107&partnerID=40&md5=23cdf39eace56529c84591d426ea0cf2>. [Last accessed: 27/10/2014].
- Guzzetti F., Reichenbach P., Wiecek G. F. (2003) Rockfall hazard and risk assessment in the Yosemite Valley, California, USA. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 3 (6), pp. 491-503. doi: 10.5194/nhess-3-491-2003. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-1642299968&partnerID=40&md5=5270735ed22d7d0437afbc65b2aea9db>. [Last accessed: 21/03/2012].
- Haeberlin Y., Turberg P., Retiere A., Senegas O., Parriaux A. (2004) Validation of Spot-5 satellite imagery for geological hazard identification and risk assessment for landslides, mud and debris flows in Matagalpa, Nicaragua. *Nat Resour Canada*. Vol. 35 (1), pp. 273-278.

- Haneberg W. C., Cole W. F., Kasali G. (2009) High-resolution lidar-based landslide hazard mapping and modeling, UCSF Parnassus Campus, San Francisco, USA. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 68 (2), pp. 263-276. doi: 10.1007/s10064-009-0204-3. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-67349149629&partnerID=40&md5=1d5e672e19ec8be8f1797fff089b8537>: [Last accessed: 02/05/2013].
- Hansen (1984) Strategies for classification of landslides. In Brunsden, D. and Prior, D. B. (eds.), *Slope Instability*. Wiley, New York, pp. 1-25.
- Hartlen J., Viberg L. (1988) General report: evaluation of landslide hazard. *Proc. 5th Int. Symp. on Landslides*, Lausanne, 2, pp. 1037-1058.
- Haugerud R. A., Harding D. J., Johnson S. Y., Harless J. L., Weaver C. S., Sherrod B. L. (2003) High-resolution lidar topography of the Puget Lowland, Washington - A bonanza for earth science. *GSA Today*. Vol. 13 (6), pp. 4-10. doi: 10.1130/1052-5173(2003)13<0004:hltotp>2.0.co;2. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0038638297&partnerID=40&md5=5037c72adc30b6b31a62042a28c4523a>: [Last accessed: 21/05/2013].
- Heerdegen R. G. (1989) Landslides: causes, consequences and environment. By Michael J. Crozier. *New Zealand Geographer*. Vol. 45 (2), pp. 93-94. doi: 10.1111/j.1745-7939.1989.tb01143.x. URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-7939.1989.tb01143.x>: [Last accessed: 02/02/2015].
- Helsel D. R., Hirsch R. M. (2002) Chapter A3 Statistical Methods in Water Resources. *Hydrologic Analysis and Interpretation. Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey*. 4, pp. 1-8. URL: <http://pubs.usgs.gov/twri/twri4a3/pdf/twri4a3-new.pdf>: [Last accessed: 19/11/2014].
- Hervás J., Barredo J. I., Rosin P. L., Pasuto A., Mantovani F., Silvano S. (2003) Monitoring landslides from optical remotely sensed imagery: The case history of Tessina landslide, Italy. *Geomorphology*. Vol. 54 (1-2), pp. 63-75. doi: 10.1016/s0169-555x(03)00056-4. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0042035615&partnerID=40&md5=2c94922e468708f30aa7d27627909d74>: [Last accessed: 02/02/2015].
- Hervás J., Bobrowsky P. (2009) Mapping: Inventories, Susceptibility, Hazard and Risk. *Landslides – Disaster Risk Reduction*. Sassa, K. and Canuti, P. Springer Berlin Heidelberg. 978-3-540-69966-8. 321-349 p.
- Hervás J., Rosin P. L., Fernández-Renau A., Gómez J. A., León C. (1996) Use of airborne multispectral imagery for mapping landslides in Los Vélez district (south-eastern Spain). In *Landslides*. Chacón, J., Irigaray, C. and Fernández, T., Balkema. Netherlands, pp 353-362.
- Hicks D. L. (1996) A way to estimate the frequency of rainfall-induced mass movements (note). *Journal of Hydrology (NZ)*. 33. 1, pp. 59-67. ISBN/ISSN: 0022-1708
- Hoek E., Bray J. (1981) *Rock slope engineering*. Taylor & Francis. ISBN/ISSN: 0419160108.
- Hoek E., Brown E. (1997) Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Vol. 34 (8), pp. 1165-1186.
- Hong Y., Adler R., Huffman G. (2007a) Use of satellite remote sensing data in the mapping of global landslide susceptibility. *Natural Hazards*. Vol. 43 (2), pp. 245-256. doi: 10.1007/s11069-006-9104-z. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34948902500&partnerID=40&md5=4ee6cd40e3587ea4b2ea6f44bb313194>: [Last accessed: 12/01/2015].
- Hong Y., Adler R. F., Huffman G. (2007b) An experimental global prediction system for Rainfall-Triggered landslides using satellite remote sensing and geospatial datasets. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 45 (6), pp. 1671-1680. doi: 10.1109/tgrs.2006.888436. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34249825519&partnerID=40&md5=0cb43e29625788ce66dd0a28eb99a892>: [Last accessed: 12/01/2015].
- Horn B. K. P. (1987) Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions. *Journal of the Optical Society of America*. p. 639. doi: 10.1364/JOSAA.4.000629.
- Hromadka T. V., Phillips M. (2010) Use of Rainfall Statistical Return Periods to Determine Threshold for Mass Wasting Events. *Environmental & Engineering Geoscience*. Vol. 16 (4), pp. 343-356. doi: 10.2113/gsegeosci.16.4.343.
- Huising E. J., Gomes Pereira L. M. (1998) Errors and accuracy estimates of laser data acquired by various laser scanning systems for topographic applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 53 (5), pp. 245-261. doi: 10.1016/s0924-2716(98)00013-6. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0032193175&partnerID=40&md5=b14c49e5db120586b37ed544a29870bf>: [Last accessed: 01/03/2013].
- Humbert M. (1972) Les mouvements de terrains. *Principes de réalisation d'une carte prévisionnelle dans les Alpes*. Bull du BRGM Sect III. Vol. 1, pp. 13-28.
- Hungr O., Evans S. G., Bovis M. J., Hutchinson J. N. (2001) A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*. Vol. 7 (3), pp. 221-238. doi: 10.2113/gsegeosci.7.3.221. URL: <http://eeg.geoscienceworld.org/content/7/3/221.abstract>: [Last accessed: 12/11/2012].
- Hungr O., Evans S. G., Hazzard J. (1999) Magnitude and frequency of rock falls and rock slides along the main transportation corridors of southwestern British Columbia. *Canadian Geotechnical Journal*. Vol. 36 (2), pp. 224-238. doi: 10.1139/t98-106. URL: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/t98-106>: [Last accessed: 2014/12/25].
- Hungr O., Leroueil S., Picarelli L. (2014) The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*. Vol. 11 (2), pp. 167-194. doi: 10.1007/s10346-013-0436-y. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10346-013-0436-y>: [Last accessed: 08/01/2015].
- Hunt E. (2005) *Geotechnical engineering investigation manual* 2nd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, p. 256. ISBN/ISSN: 978-0-8493-2182-5.

- Hürlimann M., Copons R., Altimir J. (2006) Detailed debris flow hazard assessment in Andorra: A multidisciplinary approach. *Geomorphology*. Vol. 78 (3-4), pp. 359-372. doi: DOI 10.1016/j.geomorph.2006.02.003. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X0600078X>: [Last accessed: 06/07/2014].
- Hürlimann M., Rickenmann D., Medina V., Bateman A. (2008) Evaluation of approaches to calculate debris-flow parameters for hazard assessment. *Engineering Geology*. Vol. 102 (3-4), pp. 152-163. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.012. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-56049127913&partnerID=40&md5=a0fd44ad492492e45bca2337ca553820>: [Last accessed: 05/06/2013].
- Hürlimann Ziegler M., Moya Sánchez J., Abanco Martínez de Arenzana C., Vilajosana Guillen I. (2013) Auscultación de movimientos de ladera para la implementación de sistemas de alerta: ejemplos del Pirineo y Prepirineo central y oriental. VIII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Palma de Mallorca: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), pp. 51-56.
- Hutchinson D. J. (1995) Landslide hazard assessment. *Proc. VI Int Symp on Landslides*, Christchurch. 1, pp. 1805-1842.
- Hutchinson J. N. (1988) General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. *Landslides. Proc. 5th symposium*, Lausanne, 1988. Vol. 1, pp. 3-35.
- Hutchinson J. N., Chandler M. P. (1991) A preliminary landslide hazard zonation of the Undercliff of the Isle of Wight. In Telford, T. (eds.), *Slope Stability Engineering*. London, pp. 197-205.
- IAEG (1990) Suggested nomenclature for landslides. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*. Vol. 41 (1), pp. 13-16. doi: 10.1007/BF02590202. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0025660347&partnerID=40&md5=39cc67a28c1ca5cc1e9c156e04576562>: [Last accessed: 13/03/2012].
- IAEG (1993) Working Party On World Landslide Inventory (WP/WLI). A suggested method for describing the activity of a landslide. *Bull Eng Geol Environ. Paris*. 47. 1, pp. 53-57. doi: 10.1007/BF02639593. [Last accessed: 02/02/2012].
- IAG (2012) Instituto Andaluz de Geofísica. Actividad sísmica en la ventana de coordenadas 36.67-37.17° N y 2.8-3.85° W, periodo 1910-2005. Universidad de Granada.
- Iavarone A. (2002) Laser Scanner Fundamentals. *Professional Surveyor Magazine*. Vol. 22(9).
- Ibsen M.-L., Brunnsden D. (1996) The nature, use and problems of historical archives for the temporal occurrence of landslides, with specific reference to the south coast of Britain, Ventnor, Isle of Wight. *Geomorphology*. Vol. 15 (3-4), pp. 241-258. doi: 10.1016/0169-555X(95)00073-E. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169555X9500073E>: [Last accessed: 15/09/2014].
- IDEA (2012) Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía; servicio de visualización de Ortofotos y Ortoimágenes. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, Junta de Andalucía. URL: <http://www.ideandalucia.es>: [Last accessed: 13/07/2013].
- IDEAL (2014) Historia. URL: <http://canales.ideal.es/acercaIdeal/historia.html> [Last accessed: 15/9/2014].
- IGN (2008-2012) Instituto Geográfico Nacional de España. El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Ministerio de Fomento. Dirección General del Instituto Geográfico Nacional. URL: <http://www.ign.es/PNOA/presentacion.html>: [Last accessed: 28/02/2013].
- Innes J. L. (1983) Debris flows. *Prog Phys Geog*. Vol. 7, pp. 469-501.
- Irigaray C. (1995) Movimientos de Ladera: Inventario, Análisis y Cartografía de la Susceptibilidad Mediante un Sistema de Información Geográfica. Aplicación a las Zonas de Colmenar (Málaga), Rute (Córdoba) y Montefrío (Granada). Unpublished PhD Thesis. Department of Civil Engineering, University of Granada, Spain, p. 578.
- Irigaray C., El Hamdouni R., Jiménez-Perálvarez J. D., Fernández P., Chacón J. (2012) Spatial stability of slope cuts in rock massifs using GIS technology and probabilistic analysis. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 71 (3), pp. 569-578. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84864820750&partnerID=40&md5=caa5948369d36c282becd529c461fedb>: [Last accessed: 09/01/2013].
- Irigaray C., Fernandez T., El Hamdouni R., Chacon J. (2007) Evaluation and validation of landslide-susceptibility maps obtained by a GIS matrix method: examples from the Betic Cordillera (southern Spain). *Natural Hazards*. Vol. 41 (1), pp. 61-79. doi: 10.1007/s11069-006-9027-8. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11069-006-9027-8>: [Last accessed: 02/05/2012].
- Irigaray C., Fernández T., El Hamdouni R., Chacón J. (1999) Verification of landslide susceptibility mapping: a case study. Technical report. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 24, pp. 537-544.
- Irigaray C., Lamas F., El Hamdouni R., Fernández T., Chacón J. (2000) The Importance of the Precipitation and the Susceptibility of the Slopes for the Triggering of Landslides Along the Roads. *Natural Hazards*. Vol. 21 (1), pp. 65-81. doi: 10.1023/a:1008126113789. URL: <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1008126113789>: [Last accessed: 27/09/2014].
- Irigaray C., Palenzuela J. A. (2013) Análisis de la actividad de movimientos mediante láser escáner terrestre en el suroeste de la Cordillera Bética (España). *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. Vol. 31, pp. 53-67.
- Iseburg M. (2013) LAsTools - efficient tools for LiDAR processing. Version 130506. URL: <http://www.cs.unc.edu/~iseburg/lastools/> [Last accessed: 02/06/2013].
- ISRM (1978) International Society for Rock Mechanics. Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks. *International Journal of Rock Mechanics*. 15, pp. 89-97.
- Iverson R. M. (2000) Landslide triggering by rain infiltration. *Water Resources Research*. Vol. 36 (7), pp. 1897-1910. doi: 10.1029/2000wr900090. URL:

- <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2000WR900090/abstract;jsessionid=40243C6AADFEF93B0D1E823958AEBECC.f03t02>: [Last accessed: 21/09/2014].
- Ives J. D., Bovis M. J. (1978) Natural hazard maps for land-use planning, San Juan Mountains, Colorado, USA. *Artic and Alpine Research Management*. Vol. 10, pp. 185-212.
- Jaboyedoff M., Oppikofer T., Abellán A., Derron M.-H., Loye A., Metzger R., Pedrazzini A. (2012) Use of LIDAR in landslide investigations: a review. *Natural Hazards*. Vol. 61 (1), pp. 5-28. doi: 10.1007/s11069-010-9634-2.
- Jackson C. R., Apel J. R. (2015) Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual. URL: <http://www.sarusersmanual.com/> [Last accessed: 1/2015].
- Jade S., Sarkar S. (1993) Statistical models for slope stability classification. *Engineering Geology*. Vol. 36, pp. 91-98.
- Jaiswal P., van Westen C. J. (2009) Estimating temporal probability for landslide initiation along transportation routes based on rainfall thresholds. *Geomorphology*. Vol. 112 (1-2), pp. 96-105. doi: 10.1016/j.geomorph.2009.05.008. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-69949083412&partnerID=40&md5=c52604e5501a19768229743a1c5a9f74>: [Last accessed: 05/09/2014].
- Jibson R. W. (1989) Debris flows in southern Puerto Rico. *Geological Society of America Special Papers*. Vol. 236, pp. 29-56. doi: 10.1130/SPE236-p29.
- Jibson R. W. (2011) Methods for assessing the stability of slopes during earthquakes-A retrospective. *Engineering Geology*. Vol. 122 (1-2), pp. 43-50. doi: 10.1016/j.enggeo.2010.09.017. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80052342745&partnerID=40&md5=05bcffcc7cf9c6c66b9705ecd2e9da4f>: [Last accessed: 11/02/2012].
- Jiménez-Perálvarez J. D. (2012) Movimientos de ladera en la vertiente meridional de sierra nevada (granada, españa): identificación, análisis y cartografía de susceptibilidad y peligrosidad mediante SIG., Unpublished PhD Thesis. Department of Civil Engineering. University of Granada, Spain, p. 210. URL: <http://www.ugr.es/~jorgejp/tesis/archivos/texto.pdf>: [Last accessed: 28/05/2013].
- Jiménez-Perálvarez J. D., Irigaray C., El Hamdouni R., Chacón J. (2009) Building models for automatic landslide-susceptibility analysis, mapping and validation in ArcGIS. *Natural Hazards*. Vol. 50 (3), pp. 571-590. doi: 10.1007/s11069-008-9305-8. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-008-9305-8>: [Last accessed: 03/02/2012].
- Jiménez-Perálvarez J. D., Irigaray C., El Hamdouni R., Chacón J. (2010) Landslide-susceptibility mapping in a semi-arid mountain environment: an example from the southern slopes of Sierra Nevada (Granada, Spain). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. pp. 1-13. doi: 10.1007/s10064-010-0332-9. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77957196680&partnerID=40&md5=4136753e6ca45a0f3e057cdebcaca1ef8>: [Last accessed: 10/11/2012].
- Jiménez-Perálvarez J. D., Irigaray C., El Hamdouni R., Chacón J. (2011) Landslide-susceptibility mapping in a semi-arid mountain environment: an example from the southern slopes of Sierra Nevada (Granada, Spain). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 70 (2), pp. 265-277. doi: 10.1007/s10064-010-0332-9. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10064-010-0332-9>: [Last accessed: 05/04/2012].
- Johnson C. (1997) Resolving denudational histories in orogenic belts with apatite fission-track thermo-chronology and structural data: An example from southern Spain. *Geology*. Vol. 25, pp. 623-626. doi: 10.1130/0091-7613(1997)025<0623:RDHIOB>2.3.CO;2.
- Johnson K. A., Sitar N. (1990) Hydrologic conditions leading to debris-flow initiation. *Canadian Geotechnical Journal*. Vol. 27 (6), pp. 789-801. doi: 10.1139/t90-092. URL: <http://dx.doi.org/10.1139/t90-092>: [Last accessed: 2014/11/24].
- Joint Research Center (2013) European Soil Portal - Soil Data and Information Systems. Soil themes-Landslides. URL: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/landslides/#Europe> [Last accessed: 13/05/2013].
- Joint Research Center (2014) Soil Themes. Landslides. European Commission. European Soil Portal - Soil Data and Information Systems. URL: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/landslides/>: [Last accessed: 09/09/2014].
- Kasai M., Ikeda M., Asahina T., Fujisawa K. (2009) LiDAR-derived DEM evaluation of deep-seated landslides in a steep and rocky region of Japan. *Geomorphology*. Vol. 113 (1-2), pp. 57-69. doi: 10.1016/j.geomorph.2009.06.004. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-70349868304&partnerID=40&md5=bdd089c5ebee27efb8be2f12d02f45ae>: [Last accessed: 12/05/2013].
- Kastens K., Mascle J., Auroux C., Bonatti E., Broglia C., Channell J., Curzi P., Ermeis K.-C., Glaçon G., Hasegawa S. (1988) ODP Leg 107 in the Tyrrhenian Sea: Insights into passive margin and back-arc basin evolution. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. 100 (7), pp. 1140-1156.
- Keefer D. (2002) Investigating Landslides Caused by Earthquakes – A Historical Review. *Surveys in Geophysics*. Vol. 23 (6), pp. 473-510. doi: 10.1023/a:1021274710840. URL: <http://dx.doi.org/10.1023/A%3A1021274710840>: [Last accessed: 14/02/2012].
- Kienholz H. (1978) Maps of geomorphology and natural hazards of Grindelwald, Switzerland: scale 1: 10,000. *Arctic and Alpine Research*. Vol. 10 (2), pp. 169-184.
- Kim S. K., Hong W. P., Kim Y. K. (1991) Prediction of rainfall-triggered landslides in Korea In Bell, C. (eds.), 6th International Symposium on Landslides. A.A. Balkema, Rotterdam. 2.
- Köppen (1936) Das geographische system der klimate. In Köppen, W. and Geiger, R. (eds.), *Handbuch der klimatologie*, 1C. Gebrüder borntraeger, Berlin, p. 44.
- Korzeniowska K., Mandlbürger G., Klimczyk A. (2013) Experimental evaluation of ALS point cloud ground extraction over different land cover in the Malopolska Province. EGU General Assembly Conference Abstracts. 15.

- Kraus K., Pfeifer N. (1998) Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 53 (4), pp. 193-203. doi: 10.1016/s0924-2716(98)00009-4. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0032144628&partnerID=40&md5=a6959020a4c5f3426666fa796b427d53>: [Last accessed: 22/07/2013].
- Lacasse S., Nadim F. (2009) Landslide Risk Assessment and Mitigation Strategy. In Sassa, K. and Canuti, P. (eds.), *Landslides – Disaster Risk Reduction*. Springer Berlin Heidelberg, Sec. 3, pp. 31-61. ISBN/ISSN: 978-3-540-69966-8. doi: 10.1007/978-3-540-69970-5_3. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-69970-5_3: [Last accessed: 15/04/2012].
- Lamas F., El Hamdouni R., Irigaray C., El Amrani N., Chacon J. (1998a) Rainfall triggered landslides in the Betic Cordillera: October 1996 to April 1997. Eighth International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment, Proceedings, Vols 1-5. pp. 2001-2008.
- Lamas F., El Hamdouni R., Irigaray C., El Amrani N., Chacón J., Fernández T. (1998b) Rainfall triggered landslides in the Betic Cordillera. 8th International IAEG Congress. Vancouver (Canadá). III, pp. 2001-2008. ISBN/ISSN: ISBN: 9054109904. Ed. Balkema (Rotterdam).
- Lee E. M., Brunsten D., Sellwood M. (2000) Quantitative risk assessment of coastal landslide problems, Lyme Regis, UK. In Bromhead, E., Dixon, N. and Ibsen, M. L. (eds.), *Landslides, in research theory and practice*. VIII International Symposium on Landslides. Thomas Telford, 2, pp. 899-904.
- Leica (2006) Leica Geosystems presents its Leica ALS50-II LIDAR System: Higher accuracy with pulse rates up to 150 kHz. URL: http://www.leica-geosystems.com/en/About-us-News_360.htm?id=1250 [Last accessed: 14/04/2013].
- Leica (2015) GPS Basics. Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global). V.1.0.0 Español. URL: <http://es.slideshare.net/senarap/gps-basics-es> [Last accessed: 08/01/2015].
- Leroueil S., Locat J., Vaunat J., Picarelli L., Lee H., Faure R. (1996) Geotechnical characterization of slope movements. In Senneset, K. (eds.), *Landslides*. Balkema, Rotterdam, 1, pp. 53-74.
- Li C., Ma T., Zhu X., Li W. (2011) The power-law relationship between landslide occurrence and rainfall level. *Geomorphology*. Vol. 130 (3-4), pp. 221-229. doi: 10.1016/j.geomorph.2011.03.018. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79956120686&partnerID=40&md5=1399ee49be0d61ae0b488b2bb742640f>: [Last accessed: 21/08/2014].
- Liao Z., Hong Y., Kirschbaum D., Adler R. F., Gourley J. J., Wooten R. (2011) Evaluation of TRIGRS (transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis)'s predictive skill for hurricane-triggered landslides: A case study in Macon County, North Carolina. *Natural Hazards*. Vol. 58 (1), pp. 325-339. doi: 10.1007/s11069-010-9670-y. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79958795179&partnerID=40&md5=92c38c6c3bdabcb803c896909de441e>: [Last accessed: 11/10/2012].
- Liao Z., Hong Y., Wang J., Fukuoka H., Sassa K., Karnawati D., Fathani F. (2010) Prototyping an experimental early warning system for rainfall-induced landslides in Indonesia using satellite remote sensing and geospatial datasets. *Landslides*. Vol. 7 (3), pp. 317-324. doi: 10.1007/s10346-010-0219-7. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77955714028&partnerID=40&md5=61ec1e54a33ead73dad76aeb55508ebf>: [Last accessed: 26/07/2014].
- Lichti D. D. (2004) A resolution measure for terrestrial laser scanners. *Proc. 20th ISPRS Congr., Commission 5*. Vol. 34 (5 PART B), pp. 216-221.
- Lichti D. D. (2007) Error modelling, calibration and analysis of an AM-CW terrestrial laser scanner system. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 61 (5), pp. 307-324. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2006.10.004. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33845617283&partnerID=40&md5=766459937338c5a32feeb649a9877797>: [Last accessed: 12/05/2012].
- Lichti D. D., Gordon S. J., Tipdecho T. (2005) Error models and propagation in directly georeferenced terrestrial laser scanner networks. *Journal of Surveying Engineering-Asce*. Vol. 131 (4), pp. 135-142. doi: Doi 10.1061/(Asce)0733-9453(2005)131:4(135).
- Lichti D. D., Jamtsho S. (2006) Angular resolution of terrestrial laser scanners. *Photogrammetric Record*. Vol. 21 (114), pp. 141-160. doi: 10.1111/j.1477-9730.2006.00367.x. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33646060688&partnerID=40&md5=596013d0617dafbecf4783301e04b97b>: [Last accessed: 05/02/2011].
- Lin M. L., Jeng F. S. (2000) Characteristics of hazards induced by extremely heavy rainfall in Central Taiwan -- typhoon herb. *Engineering Geology*. Vol. 58 (2), pp. 191-207. doi: 10.1016/s0013-7952(00)00058-2. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034351841&partnerID=40&md5=2d6e156e2123bba2fd81b763561ca6e0>: [Last accessed: 02/05/2014].
- Lugo Hubp J. (1996) Landslide Recognition: identification, movement and causes. In Dikau, R., Brunsten, D., Schrott, L. and Ibsen, M. L. (eds.), *Investigaciones geográficas*. Wiley & Sons. Chichester, 40, pp. 163-163. ISBN/ISSN: 0188-4611. URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111999000300012&lng=es&nrm=iso: [Last accessed: 21/08/2013].
- Luis Ruíz J. M. (2010) Contraste en la ejecución de auscultaciones geodésicas por métodos clásicos y con láser escáner. PhD Dissertation. Universidad de Cantabria. URL: <http://www.tesisenred.net/TDR-0416110-094827>: [Last accessed: 04/11/2010].
- Lumb P. (1975) Slope failure in Hong Kong. *Quarterly Journal Engineering Geologist*. Vol. 8, pp. 31-65.
- Ma T., Li C., Lu Z., Wang B. (2014) An effective antecedent precipitation model derived from the power-law relationship between landslide occurrence and rainfall level. *Geomorphology*. Vol. 216, pp. 187-192. doi: 10.1016/j.geomorph.2014.03.033. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84899549140&partnerID=40&md5=df3ff92eeef84e0cf8cb489e4002c256>: [Last accessed: 01/08/2014].

- Macau F. (1962) Mapa de los movimientos del terreno de la provincia de Granada, 1:200.000. Servicio Geológico de Obras Públicas del MOP. Barcelona.
- Macau F. (1963) Previsión de los movimientos del terreno. Informaciones y estudios. Servicio Geológico de Obras Públicas del MOP. Boletín no. 16, p. 83.
- Maharaj R. J. (1993) Landslide processes and landslide susceptibility analysis from an upland watershed: A case study from St. Andrew, Jamaica, West Indies. *Engineering Geology*. Vol. 34 (1-2), pp. 53-79. doi: 10.1016/0013-7952(93)90043-C. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0027334317&partnerID=40&md5=a84bd74b256938347b480e082c0f888a>: [Last accessed: 17/09/2012].
- Makkonen L., Pajari M. (2014) Defining sample quantiles by the true rank probability. *Journal of Probability and Statistics*. 2014, Article ID 326579, p. 6. doi: 10.1155/2014/326579. URL: <http://downloads.hindawi.com/journals/jps/aip/326579.pdf>: [Last accessed: 19/11/2014].
- Malamud B. D., Turcotte D. L. (2006) An inverse cascade explanation for the power-law frequency - Area statistics of earthquakes, landslides and wildfires. In Cello, G. and Malamud, B. D. (eds.). 261, pp. 1-9. ISBN/ISSN: 03058719 (ISSN); 1862392013 (ISBN); 9781862392014 (ISBN). URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33750354013&partnerID=40&md5=538e70fbb5613971b210ec3ea9f898d9>: [Last accessed: 21/09/2014].
- Malamud B. D., Turcotte D. L., Guzzetti F., Reichenbach P. (2004) Landslide inventories and their statistical properties. *Earth Surf. Process. Landform*. Vol. 29, pp. 687-711. doi: 10.1002/esp.1064.
- Malinverno A., Ryan W. B. (1986) Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. *Tectonics*. Vol. 5 (2), pp. 227-245. doi: 10.1029/TC005i002p00227.
- Mantovani F., Soeters R., Van Westen C. J. (1996) Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe. *Geomorphology*. Vol. 15 (3-4 SPEC. ISS.), pp. 213-225. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0029751523&partnerID=40&md5=89a0bcfbfa82eb25d6ae49d2acc216771>: [Last accessed: 12/06/2013].
- Marsella M., Proietti C., Sonnessa A., Coltelli M., Tommasi P., Bernardo E. (2009) The evolution of the Sciara del Fuoco subaerial slope during the 2007 Stromboli eruption: Relation between deformation processes and effusive activity. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 182 (3-4), pp. 201-213. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2009.02.002. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377027309000675>: [Last accessed: 23/05/2013].
- Marshall G. F. (1985) Laser beam scanning: opto-mechanical devices, systems, and data storage optics. Marcel Dekker. ISBN/ISSN: 0824774183.
- Martha T. R., Kerle N., Jetten V., van Westen C. J., Vinod Kumar K. (2010) Landslide volumetric analysis using Cartosat-1-derived DEMs. *Geosci Remote Sens Lett IEEE*. Vol. 7 (3), pp. 582-586. doi: 10.1109/LGRS.2010.2041895.
- Martin-Chivelet J., Giménez R., Luperto-Sinni E. (1997) La discontinuidad del Campaniense basal en el Prebético: ¿Inicio de la convergencia alpina en la Margen Bética? *Geogaceta*. Vol. 22, pp. 121-124.
- Martín J. M., Braga J. C., Gómez T. (2008) Itinerarios geológicos por Sierra Nevada. In Villalobos, M. and Pérez, A. B. (eds.), *Guía de campo por el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. ISBN/ISSN: 978-84-96776-52-4. URL: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnicos/2011/itinerarios_geologicos_snevada/itinerarios_geologicos_sierra_nevada.pdf: [Last accessed: 28/05/2013].
- Marui H. (1988) FAO watershed management field manual: Landslide prevention measures. Food & Agriculture Org. 4. ISBN/ISSN: 9251027129.
- Massonnet D., Rossi M., Carmona C., Adragna F., Peltzer G., Feigl K., Rabaute T. (1993) The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry. *Nature*. Vol. 364 (6433), pp. 138-142. doi: 10.1038/364138a0. URL: <http://dx.doi.org/10.1038/364138a0>: [Last accessed: 15/08/2013].
- Mayne P. W., Christopher B. R., DeJong J. (2001) Manual on Subsurface Investigations, FHWA NHI-01-031. National Highway Institute and FHWA, U.S. DOT, Washington DC.
- McKean J., Roering J. (2004) Objective landslide detection and surface morphology mapping using high-resolution airborne laser altimetry. *Geomorphology*. Vol. 57 (3-4), pp. 331-351. doi: 10.1016/s0169-555x(03)00164-8. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-1142268882&partnerID=40&md5=44dcabdf8de8af6c3fb46dbc219c0a69>: [Last accessed: 23/03/2013].
- Melchiorre C., Frattini P. (2012) Modelling probability of rainfall-induced shallow landslides in a changing climate, Otta, Central Norway. *Climatic Change*. Vol. 113 (2), pp. 413-436. doi: 10.1007/s10584-011-0325-0. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-011-0325-0>: [Last accessed: 10/09/2014].
- Meng X., Currit N., Zhao K. (2010) Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues. *Remote Sensing*. Vol. 2 (3), pp. 833-860. doi: 10.3390/rs2030833. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80051744664&partnerID=40&md5=fb41d4dbad15ff70af91364c7e7ace7f>: [Last accessed: 05/06/2013].
- Metternicht G., Hurni L., Gogu R. (2005) Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 98 (2-3), pp. 284-303. doi: 10.1016/j.rse.2005.08.004. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-25844512682&partnerID=40&md5=ef2121a23c78439f848ed61f3d7b55ce>: [Last accessed: 21/05/2013].
- Michoud C., Abellán A., Derron M. H., Jaboyedoff M. (2012) SafeLand Deliverable D4.1: review of techniques for landslide detection, fast characterization, rapid mapping and long-term monitoring. URL: http://www.safeland-fp7.eu/results/Documents/D4.1_revised.pdf: [Last accessed: 20/02/2013].

- Mkhandi S., Opere A., Willems P. (2005) Comparison between annual maximum and peaks over threshold models for flood frequency prediction. In International conference of UNESCO Flanders FIT FRIEND/Nile project—towards a better cooperation, Sharm-El-Sheikh, Egypt, CD-ROM Proceedings.
- Mohssen M. (2009) Partial duration series in the annual domain. 18th World IMACS / MODSIM Congress. Cairns, Australia, pp. 2694-2700.
- Mora O., Mallorqui J. J., Broquetas A. (2003) Linear and nonlinear terrain deformation maps from a reduced set of interferometric SAR images. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*. Vol. 41 (10), pp. 2243-2253. doi: 10.1109/tgrs.2003.814657.
- Mostyn G., Fell R. (1997) Quantitative and semiquantitative estimation of probability of landsliding. In Cruden, D. and Fell, R. (eds.), *Landslide risk assessment*. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 297-315.
- Moya J. (2002) Determinación de la edad y periodicidad de los deslizamientos en el Prepirineo Oriental. PhD Dissertation. UPC. Barcelona.
- Moya J., Corominas J. (1996) Determination of the spatial and temporal activity of landslides based on tree-ring analysis. In *Landslides. Proceedings of the Seventh International Symposium of Landslides*, pp 321-326.
- Moya J., Corominas J., Gutiérrez E., Vilaplana J. (1992) Datación de movimientos de ladera mediante la dendrocronología. Ejemplos de aplicación en el Pirineo Oriental. In III Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables. 1, pp 27-38.
- Nadim F., Kjekstad O. (2009) Assessment of Global High-Risk Landslide Disaster Hotspots. In Sassa, K. and Canuti, P. (eds.), *Landslides – Disaster Risk Reduction*. Springer Berlin Heidelberg, Sec. 11, pp. 213-221. ISBN/ISSN: 978-3-540-69966-8. doi: 10.1007/978-3-540-69970-5_11. [Last accessed: 06/02/2014].
- Nadim F., Kjekstad O., Peduzzi P., Herold C., Jaedicke C. (2006) Global landslide and avalanche hotspots. *Landslides*. Vol. 3 (2), pp. 159-173. doi: 10.1007/s10346-006-0036-1. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-006-0036-1>. [Last accessed: 12/11/2014].
- Niethammer U., James M. R., Rothmund S., Travalletti J., Joswig M. (2011) Very high spatial resolution monitoring of the Super-Sauze landslide with an UAV-based remote sensing technique. *Eng Geol*. Vol. 128, pp. 2-11. doi: 10.1016/j.enggeo.2011.03.012.
- Okimura T., Torii N., Osaki Y., Nanbu M., Haraguchi K. (2010) Improvement of prediction accuracy of system of real-time type hazard map of slope failure disasters caused by heavy rainfalls. *Geotechnical Engineering*. Vol. 41 (2).
- Olmsted C. (1993) Scientific SAR User's Guide. Alaska SAR Facility, p. 57. URL: <http://media.asf.alaska.edu/asfmainsite/documents/sci-sar-userguide.pdf>. [Last accessed: 08/01/2015].
- Oosterbaan R. J. (1988) Frequency predictions and their binomial confidence limits. International Commission on Irrigation and Drainage, Special Technical Session: Economic Aspects of Flood Control and non Structural Measures. Dubrovnik, Yugoslavia. URL: <http://www.waterlog.info/pdf/binomial.pdf>. [Last accessed: 12/12/2014].
- Ortega-Huertas M., Nieto F., Rodríguez-Fernández J., López-Garrido A. (1985) Mineralogía y estratigrafía de sedimentos neógenos del corredor de la Alpujarra (Cordillera Bética, España). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*. 8, pp. 307-318. ISBN/ISSN: 0210-6558.
- Palenzuela J. A., Irigaray C., Jiménez-Perálvarez J. D., Chacón J. (2013) Application of Terrestrial Laser Scanner to the Assessment of the Evolution of Diachronic Landslides. In Margottini, C., Canuti, P. and Sassa, K. (eds.), *Landslide Science and Practice*. Springer Berlin Heidelberg, Sec. 68, pp. 517-523. ISBN/ISSN: 978-3-642-31444-5. doi: 10.1007/978-3-642-31445-2_68. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31445-2_68. [Last accessed: 03/02/2014].
- Palenzuela J. A., Marsella M., Nardinocchi C., Pérez J. L., Fernández T., Chacón J., Irigaray C. (2014) Landslide detection and inventory by integrating LiDAR data in a GIS environment. *Landslides*. pp. 1-16. doi: 10.1007/s10346-014-0534-5. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-014-0534-5>. [Last accessed: 20/02/2015].
- Panizza M. (1996) 3 Geomorphological hazard. In Mario, P. (eds.), *Developments in Earth Surface Processes*. Elsevier. Volume 4, pp. 75-76. ISBN/ISSN: 0928-2025. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0928-2025\(96\)80020-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0928-2025(96)80020-4). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928202596800204>. [Last accessed: 21/05/2014].
- Paul F. (2014) Theory of Synthetic Aperture Radar. URL: http://www.geo.uzh.ch/~fpaul/sar_theory.html [Last accessed: 5/2013].
- Penck A. (1894) *Morphologie der Erdoberfläche*. J. Engelhorn. Vol. 1, p. 494.
- Petley D. (2012) Global patterns of loss of life from landslides. *Geology*. The Geological Society of America. 40. 10, pp. 927-930. ISBN/ISSN: 0091-7613. doi: 10.1130/G33217.1.
- Petley D. A., Dunning S. A., Rosser N. J. (2005) The analysis of global landslide risk through the creation of a database of worldwide landslide fatalities. In Hung, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E. (eds.), *Landslide risk management*. Taylor & Francis Group. London, pp. 367-374. ISBN/ISSN: 04 1538 043 X.
- Petrucci O., Pasqua A. A. (2009) A methodological approach to characterise Landslide Periods based on historical series of rainfall and landslide damage. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 9 (5), pp. 1655-1670. doi: 10.1007/s11069-009-9401-4. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77953785026&partnerID=40&md5=0968c50adfd72c502137ae5ab2645ec8>. [Last accessed: 15/09/2014].
- Picarelli L., Oboni F., Evans S., Fell R. (2005) Hazard characterization and quantification. In Hung, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E. (eds.), *Landslide Risk Management*. Taylor & Francis. London, pp. 27-58. ISBN/ISSN: 04 1538 043 X.
- Platt J., Soto J., Comas M. (1996) Decompression and high-temperature–low-pressure metamorphism in the exhumed floor of an extensional basin, Alboran Sea, western Mediterranean. *Geology*. Vol. 24 (5), pp. 447-450. doi: 10.1130/0091-7613(1996)024<0447:DAHTLP>2.3.CO;2.

- Platt J., Vissers R. (1989) Extensional collapse of thickened continental lithosphere: A working hypothesis for the Alboran Sea and Gibraltar arc. *Geology*. Vol. 17 (6), pp. 540-543. doi: 10.1130/0091-7613(1989)017<0540:ECOTCL>2.3.CO;2.
- Platt J., Whitehouse M. (1999) Early Miocene high-temperature metamorphism and rapid exhumation in the Betic Cordillera (Spain): evidence from U–Pb zircon ages. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. 171 (4), pp. 591-605. doi: 10.1016/S0012-821X(99)00176-4.
- Polemio M., Sdao F. (1999) The role of rainfall in the landslide hazard: The case of the Avigliano urban area (Southern Apennines, Italy). *Engineering Geology*. Vol. 53 (3-4), pp. 297-309. doi: 10.1016/S0013-7952(98)00083-0. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0032789020&partnerID=40&md5=4977b1ca8baf96cf8ae9a8b849d3a10>: [Last accessed: 14/06/2014].
- Poli S., Sterlacchini S. (2007) Landslide Representation Strategies in Susceptibility Studies using Weights-of-Evidence Modeling Technique. *Natural Resources Research*. Vol. 16 (2), pp. 121-134. doi: 10.1007/s11053-007-9043-8. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11053-007-9043-8>: [Last accessed: 14/04/2012].
- Polloni G., Aleotti P., Baldelli P., Noretto A., Casavecchia K. (1996) Heavy rain triggered landslides in the Alba area during November 1994 flooding event in the Piemonte Region (Italy). In *Proc. VII International Symposium on Landslides*, Trondheim. 3, pp 1955-1960.
- Prokešová R., Kardoš M., Medvedová A. (2010) Landslide dynamics from high-resolution aerial photographs: A case study from the Western Carpathians, Slovakia. *Geomorphology*. Vol. 115, pp. 90-101. doi: 10.1016/j.geomorph.2009.09.033.
- Prokop A., Panholzer H. (2009) Assessing the capability of terrestrial laser scanning for monitoring slow moving landslides. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* Vol. 9 (6), pp. 1921-1928. doi: 10.5194/nhess-9-1921-2009. URL: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1921/2009/>: [Last accessed: 12/03/2011].
- Randall B. S. (2012) *Introduction to Interpreting Digital RADAR Images*. MicroImages, Inc. Lincoln, Nebraska. URL: <http://www.microimages.com/documentation/Tutorials/radar.pdf>: [Last accessed: 11/12/2013].
- Razak K. A., Straatsma M. W., van Westen C. J., Malet J. P., de Jong S. M. (2011) Airborne laser scanning of forested landslides characterization: Terrain model quality and visualization. *Geomorphology*. Vol. 126 (1-2), pp. 186-200. doi: 10.1016/j.geomorph.2010.11.003. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-78650889009&partnerID=40&md5=9f7c58fc485c261c40d0835305c62875>: [Last accessed: 18/05/2013].
- Reichenbach P., Cardinali M., De Vita P., Guzzetti F. (1998) Regional hydrological thresholds for landslides and floods in the Tiber River Basin (central Italy). *Environmental Geology*. Vol. 35 (2-3), pp. 146-159. doi: 10.1007/s002540050301. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s002540050301>: [Last accessed: 17/07/2014].
- Reid L. M., Page M. J. (2003) Magnitude and frequency of landsliding in a large New Zealand catchment. *Geomorphology*. Vol. 49 (1-2), pp. 71-88. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00164-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00164-2). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X02001642>: [Last accessed: 27/09/2014].
- Remondo J., González A., Díaz de Terán J. R., Cendrero A., Fabbri A., Chung C. J. F. (2003) Validation of landslide susceptibility maps; examples and applications from a case study in northern Spain. *Natural Hazards*. Vol. 30 (3), pp. 437-449. doi: 10.1023/B:NHAZ.0000007201.80743.fc. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0742322762&partnerID=40&md5=d95b97228163936a5b76d916dcf251ac>: [Last accessed: 18/02/2012].
- Reshetyuk Y. (2006) Calibration of terrestrial laser scanners Callidus 1.1, Leica HDS 3000 and Leica HDS 2500. *Survey Review*. Vol. 38 (302), pp. 703-713. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33749400356&partnerID=40&md5=e7ba38467353a8878b492533b90d08df>: [Last accessed: 18/04/2013].
- Rib H. T., Liang T. (1978) Recognition and identification. In Schuster, R. L. and Krizek, R. J. (eds.), *Landslides analysis and control*. National Academy of Sciences, WA. Washington Transportation Research Board, Special Report. 176, pp. 34-80.
- Roberds W. (2005) Estimating temporal and spatial variability and vulnerability. In Hung, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E. (eds.), *Landslides Risk Management*. Taylor and Francis. London, pp. 129-157.
- Rocscience (2009a) *Dips 5.0 graphical & statistical analysis of orientation data*. ©2009 Rocscience Inc. URL: <http://www.rocscience.com>: [Last accessed: 21/01/2012].
- Rocscience (2009b) *RocPlane 2.0 Planar sliding stability analysis for rock slopes*. ©2009c. URL: <http://www.rocscience.com>: [Last accessed: 21/01/2012].
- Rocscience (2009c) *Swedge 5.0 Surface Wedge Stability Software*. ©2009 Rocscience Inc. URL: <http://www.rocscience.com>: [Last accessed: 21/01/2012].
- Rodriguez-Peces M. J., J G.-M., Azañón J. M. (2009) Evaluación regional de inestabilidades de ladera inducidas por terremotos para diferentes escenarios sísmicos en Sierra Nevada (Granada, SE España). In Alonso, E., Corominas, J. and Hürlimann, M. (eds.), *VII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Barcelona. 2.
- Roering J. J., Mackey B. H., Marshall J. A., Sweeney K. E., Deligne N. I., Booth A. M., Handwerker A. L., Cerovski-Darriau C. (2013) 'You are HERE': Connecting the dots with airborne lidar for geomorphic fieldwork. *Geomorphology*. Vol. 200, pp. 172-183. doi: 10.1016/j.geomorph.2013.04.009. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84884985021&partnerID=40&md5=a7f021d20b38cf82e7148df37471672d>.
- Romeo R., Floris M., Veneri F. (2006) Area-scale landslide hazard and risk assessment. *Environmental Geology*. Vol. 51 (1), pp. 1-13. doi: 10.1007/s00254-006-0294-1. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-006-0294-1>: [Last accessed: 15/08/2012].

- Rottensteiner F. (2012) Advanced methods for automated object extraction from LiDAR in urban areas. 32nd IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2012. Munich; Germany, pp. 5402-5405. doi: 10.1109/IGARSS.2012.6352385.
- Ruiz Sinoga J. D., Martínez Murillo J. F. (2009) Effects of soil surface components on soil hydrological behaviour in a dry Mediterranean environment (Southern Spain). *Geomorphology*. Vol. 108 (3–4), pp. 234-245. doi: 10.1016/j.geomorph.2009.01.012. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X09000294>: [Last accessed: 19/05/2012].
- Salciarini D., Godt J. W., Savage W. Z., Baum R. L., Conversini P. (2008) Modeling landslide recurrence in Seattle, Washington, USA. *Engineering Geology*. Vol. 102 (3–4), pp. 227-237. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.013. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-55749116148&partnerID=40&md5=97a2a227fdfee490eca9d29699683f4d>: [Last accessed: 14/06/2014].
- Sanz de Galdeano C., Alfaro P. (2004) Tectonic significance of the present relief of the Betic Cordillera. *Geomorphology*. Vol. 63 (3), pp. 175-190.
- Sanz de Galdeano C., Galindo-Zaldívar J., Alfaro P., Ruano P. (2007) El relieve de la Cordillera Bética. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Asociación española para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT)*. 15(2). ISBN/ISSN: ISSN: 1132-9157.
- Sassa K., Fukuoka H., Wang F., Wang G. (2007) *Progress in landslide science*. Springer Science & Business Media. ISBN/ISSN: 3540709657.
- Savage W. Z., Godt J. W., Baum R. L. (2004) Modelling time-dependent areal slope instability. In Lacerda, W., Ehrlich, M., Fountoura, S. and Sayao, A. (eds.), *Landslide Evaluation and Stabilization: IX International Symposium on Landslides*, Rio de Janeiro. Balkema, Amsterdam. I.A.A., pp. 23-38.
- Scaioni M. (2005) Direct georeferencing of TLS in surveying of complex sites. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 36, p 8.
- Scheidegger A. E. (1994) Hazards: singularities in geomorphic systems. *Geomorphology*. Vol. 10 (1–4), pp. 19-25. doi: 10.1016/0169-555X(94)90005-1. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169555X94900051>: [Last accessed: 01/02/2012].
- Schmertmann J. H. (1975) Measurement of In-situ Shear Strength. Proc ASCE Specialty Conf. on In Situ Measurement of Soil Properties. Raleigh. 2.
- Schuster R. L. (1978) Introduction. In Schuster, R. L. and Krizek, R. J. (eds.), *Landslides - Analysis and Control*, Chapter 1, pp. 1-10.
- Schuster R. L. (1996) Socioeconomic significance of landslides. In Turner, A. K. and Schuster, R. L. (eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board. National Academy Press, WA (1995). Special Report 247, pp. 12-13.
- Schuster R. L., Highland L. M. (2001) Socioeconomic and Environmental Impacts of Landslides in the Western Hemisphere: US Geological Survey Open-File Report 01-0276. p. 47. URL: <http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr-01-0276/>: [Last accessed: 13/05/2013].
- Schutt B. (2005) Late Quaternary Environmental Change on the Iberian Peninsula. *ERDE-BERLIN*. Vol. 136 (1), p. 3.
- Schwab M., Rieke-Zapp D., Schneider H., Liniger M., Schlunegger F. (2008) Landsliding and sediment flux in the Central Swiss Alps: A photogrammetric study of the Schimbrig landslide, Entlebuch. *Geomorphology*. Vol. 97 (3-4), pp. 392-406. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.08.019.
- Seeber G. (1993) *Satellite Geodesy foundations, methods, and applications*. Walter de Gruyter GmbH & Co. KG. Berlin, Germany. ISBN/ISSN: 3-11-0175-49-5.
- Segoni S., Leoni L., Benedetti A. I., Catani F., Righini G., Falorni G., Gabellani S., Rudari R., Silvestro F., Reborra N. (2009) Towards a definition of a real-time forecasting network for rainfall induced shallow landslides. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 9 (6), pp. 2119-2133. doi: 10.1029/2008WR007450. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-73449145122&partnerID=40&md5=1fe650b03f056a0a44679b7e2bf230fb>: [Last accessed: 26/04/2014].
- Serrano F. (1979) Los foraminíferos planctónicos del Mioceno Superior de la Cuenca de Ronda y su comparación con los de otras áreas de las Cordilleras Béticas. Unpublished PhD Thesis. Universidad de Málaga, Spain, p. 272.
- Sharpe C. F. S. (1938) *Landslides and Related Phenomena*. Columbia University Press, New York, United States of America.
- Shroder J. F. (1978) Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah. *Quaternary Research*. Vol. 9 (2), pp. 168-185. doi: 10.1016/0033-5894(78)90065-0.
- Siddle H. J., Jones D. B., Payne H. R. (1991) Development of a methodology for landslip potential mapping in the Rhondda Valley. In *Slope stability engineering developments and applications*, 15-18 April 1991, Isle of Wight, pp 121-126.
- Singhroy V., Molch K. (2004) Characterizing and monitoring rockslides from SAR techniques. *Advances in Space Research*. Vol. 33 (3), pp. 290-295. doi: 10.1016/s0273-1177(03)00470-8. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-1842761494&partnerID=40&md5=6e592a369829c5f175bd23452256e715>: [Last accessed: 21/05/2013].
- Sithole G., Vosselman G. (2004) Experimental comparison of filter algorithms for bare-Earth extraction from airborne laser scanning point clouds. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 59 (1-2), pp. 85-101. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2004.05.004. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-3342949547&partnerID=40&md5=fccfbf116c3fc91f3f3fb89c148dd3c2>: [Last accessed: 21/05/2013].

- Skempton A. W., Hutchinson J. N. (1969) Stability of natural slopes and embankment foundations. Proceedings, 7th. International conference of soil mechanics and foundation engineering. Mexico. State of the Art volume, pp. 291-340.
- Small K. (1972) *The Study of Landforms*. Cambridge University Press.
- Soeters R., van Westen C. J. (1996) Slope instability recognition, analysis and zonation. In Turner, A. K. and Schuster, R. L. (eds.), *Landslides Investigation and Mitigation*. TRB Special Report 247. National Academy Press. Washington D.C, pp. 129-177.
- Staiger R. (2005) The Geometrical Quality of Laser Scanner (TLS). In Proceedings of FIG Working Week 2005 and GSDI-8., Cairo, Egypt.
- Stark C. P., Hovius N. (2001) The characterization of landslide size distributions. *Geophysical Research Letters*. Vol. 28 (6), pp. 1091-1094. doi: 10.1029/2000gl008527. [Last accessed: 17/05/2012].
- Stevenson P. C. (1977) An empirical method for the evaluation of relative landslide risk. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*. Vol. 16 (1), pp. 69-72. doi: 10.1007/bf02591451. [Last accessed: 12/11/2014].
- Stumpf A., Malet J.-P., Kerle N. (2011) SafeLand Deliverable D4.3: creation and updating of landslide inventory maps, landslide deformation maps and hazard maps as inputs for QRA using remote-sensing technology. URL: <http://www.safeland-fp7.eu/results/Documents/D4.3.pdf>. [Last accessed: 17/05/2013].
- Tarchi D., Casagli N., Fanti R., Leva D. D., Luzi G., Pasuto A., Pieraccini M., Silvano S. (2003) Landslide monitoring by using ground-based SAR interferometry: an example of application to the Tessina landslide in Italy. *Engineering Geology*. Vol. 68 (1), pp. 15-30. doi: 10.1016/S0013-7952(02)00196-5.
- Tarolli P., Sofia G., Dalla Fontana G. (2012) Geomorphic features extraction from high-resolution topography: Landslide crowns and bank erosion. *Natural Hazards*. Vol. 61 (1), pp. 65-83. doi: 10.1007/s11069-010-9695-2. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84856379434&partnerID=40&md5=f8bbdd247e34ce3aa8aa5628c977af16>: [Last accessed: 02/03/2013].
- Terlien M. T. J. (1996) Modelling spatial and temporal variations in rainfall-triggered landslides. PhD thesis. ITC. Enschede. Holland. 32, p. 251. ISBN/ISSN: 9061641152.
- Terlien M. T. J. (1998) The determination of statistical and deterministic hydrological landslide-triggering thresholds. *Environmental Geology*. Vol. 35 (2-3), pp. 124-130. doi: 10.1007/s002540050299. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s002540050299>: [Last accessed: 12/11/2014].
- Terzaghi K. (1950) *Mechanics of Landslides*. In Paige, S. (eds.), *Geol. Soc. of AM., Application of Geology to Engineering Practice*. Washington, D.C. Berkeley Volume, pp. 83-123.
- Teza G., Galgaro A., Zaltron N., Genevois R. (2007) Terrestrial laser scanner to detect landslide displacement fields: A new approach. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 28 (16), pp. 3425-3446. doi: 10.1080/01431160601024234. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34547699598&partnerID=40&md5=9efad604f7b683292b7232a18c36ff1e>: [Last accessed: 12/03/2012].
- The Geological Society (2015) *Landslide & Slope Instability Geohazards: Landslide Classification*. URL: http://www.ukgeohazards.info/pages/eng_geol/landslide_geohazard/eng_geol_landslides_classification.htm: [Last accessed: 10/02/2015].
- Timell T. E. (1986) *Compression wood in Gymnosperms*. Springer-Verlag. 3. ISBN/ISSN: ISBN: 3540157158.
- Tralli D. M., Blom R. G., Zlotnicki V., Donnellan A., Evans D. L. (2005) Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 59 (4), pp. 185-198. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2005.02.002. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-20444450597&partnerID=40&md5=1a6ecbb343e085ebf73cdf0fb2b75954>: [Last accessed: 09/05/2013].
- Travelletti J., Malet J.-P., Schmittbuhl J., Toussaint R., Delacourt C., Stumpf A. (2010) A multi-temporal image correlation method to characterize landslide displacements. *Landslide Monitoring Technologies & Early Warning Systems*. *Berichte der Geologischen Bundesanstalt*. Open Workshop within the frame of the EU FP7 "SafeLand" Project. Vienna. 82, pp. 50-57. ISBN/ISSN: 1017-8880.
- Trujillo F. (1995) III. Clima e información meteorológica. PLAN INFOCA. Un plan de acción al servicio del monte mediterráneo andaluz. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. ISBN/ISSN: 84-95785-88-984-95785-88-9.
- Turner A. K., Schuster R. L. (1995) *Landslides, investigation and mitigation*. Landslides, investigation and mitigation. Transportation Research Board Special Report. National Academy Press, WA. 247, p. 673.
- Unesco (1973-79) *Annual Summaries of Information on Natural Disasters, 1971-75*. Unesco. Paris.
- USGS (2015) Using Satellites to Monitor Deformation: Radar Interferometry. URL: http://volcanoes.usgs.gov/activity/methods/insar/more_insar.html [Last accessed: 16/01/2015].
- Valadão P., Gaspar J., Queiroz G., Ferreira T. (1999) Landslides density map of S. Miguel Island, Azores archipelago. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol. 2, pp. 51-56. doi: 10.5194/nhess-2-51-2002.
- Van Bemmelen R. W. (1927) *Bijdrage tot de geologie der Betisch Ketens in de provincie Granada*. PhD Thesis. University of Delft, p. 176.
- Van Den Eeckhaut M., Hervás J. (2012) State of the art of national landslide databases in Europe and their potential for assessing landslide susceptibility, hazard and risk. *Geomorphology*. Vol. 139-140 (0), pp. 545-558. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.006>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X11006192>: [Last accessed: 24/02/2015].
- Van Den Eeckhaut M., Moeyersons J., Nyssen J., Abraha A., Poesen J., Haile M., Deckers J. (2009) Spatial patterns of old, deep-seated landslides: A case-study in the northern Ethiopian highlands. *Geomorphology*. Vol. 105 (3-

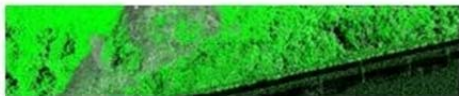
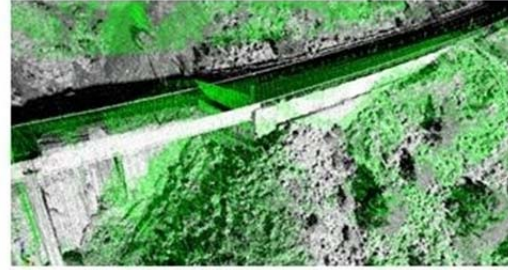
- 4), pp. 239-252. doi: 10.1016/j.geomorph.2008.09.027. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-60349123686&partnerID=40&md5=de20741f9c5de4a94e449a2351d903f8>: [Last accessed: 10/03/2012].
- Van Sickle J. (2001) GPS for Land Surveyors, Second Edition. Taylor & Francis. London, Great Britain, p. 284. ISBN/ISSN: 0-415-29962-4. [Last accessed: 13/03/2013].
- Van Westen C. (2000) The Modelling Of Landslide Hazards Using Gis. *Surveys in Geophysics*. Vol. 21 (2-3), pp. 241-255. doi: 10.1023/a:1006794127521. URL: <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1006794127521>: [Last accessed: 05/06/2012].
- Van Westen C., Seijmonsbergen A., Mantovani F. (1999) Comparing landslide hazard maps. *Natural Hazards*. Vol. 20 (2-3), pp. 137-158. doi: 10.1023/A:1008036810401.
- Van Westen C. J. (1993) Application of geographic information systems to landslide hazard zonation. PhD Dissertation, Technical University Delft, ITC-Publication Number 15, ITC, Enschede, The Netherlands. 15, p. 245.
- Van Westen C. J. (1994) GIS in landslide hazard zonation: a review, with examples from the Andes of Colombia. In Price, M. F. and Heywood, D. I. (eds.), *Mountain Environments and Geographic Information Systems*. Taylor & Francis. Basingstoke, UK, pp. 135-165. ISBN/ISSN: 0 7484 0088 5.
- Van Westen C. J., Castellanos E., Kuriakose S. L. (2008) Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. *Engineering Geology*. Vol. 102 (3-4), pp. 112-131. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.010. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-55849117350&partnerID=40&md5=5dd8721b2f46fc366e049b2486a841a8>: [Last accessed: 05/06/2012].
- Van Westen C. J., Rengers N., Soeters R. (2003) Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment. *Natural Hazards*. Vol. 30 (3), pp. 399-419. doi: 10.1023/B:NHAZ.0000007097.42735.9e. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0742322763&partnerID=40&md5=b188b3ee694d59f10b73cfbab007f4a7>: [Last accessed: 21/02/2013].
- Van Westen C. J., Rengers N., Terlien M. T. J., Soeters R. (1997) Prediction of the occurrence of slope instability phenomel through GIS-based hazard zonation. *Geologische Rundschau*. Vol. 86 (2), pp. 404-414. doi: 10.1007/s005310050149. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s005310050149>: [Last accessed: 13/03/2012].
- Van Westen C. J., Van Asch T. W. J., Soeters R. (2006) Landslide hazard and risk zonation - Why is it still so difficult? *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 65 (2), pp. 167-184. doi: 10.1007/s10064-005-0023-0. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33744789370&partnerID=40&md5=999542ef88a163833180aaf628ffb9d9>: [Last accessed: 10/03/2012].
- Vargas J. P. (2002) Deslizamientos inducidos por sismos y sus efectos en abanicos aluviales. *CNDG-Biblioteca Instituto Geofísico del Perú*. 3, pp. 125-136.
- Varnes D. J. (1958) Landslides Types and Process in Landslide and Engineering Practice. In Eckel, E. B. (eds.), *Highway Research Board, Special Report. NAS-NRC Pub. 544*. 29.
- Varnes D. J. (1972) A Classification on Landslides: Proceedings of First International Symposium on Landslide Control. National Conference on Landslide. The Japanese Society of Landslides.
- Varnes D. J. (1978) Slope movement types and processes. In Schuster, R. L. and Krizek, R. J. (eds.), *Landslides: Analysis and Control*. TRB, National Research Council. Washington D.C. Special Report 176, pp. 11-33.
- Varnes D. J. (1984a) Landslide Hazard Zonation: a Review of Principles and Practice. In Commission on Landslides of IAEG, UNESCO, Paris. *Natural Hazards*. vol. 3.
- Varnes D. J. (1984b) Landslide Hazard Zonation: a Review of Principles and Practice. Commission on Landslides of IAEG, UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. *Natural Hazards*. Vol. 3, p. 61. ISBN/ISSN: 92-3-101895-7. URL: <http://www.bib.ub.edu/fileadmin/fdocs/landslidehazard.pdf>: [Last accessed: 8/11/2014].
- Vennari C., Gariano S. L., Antronico L., Brunetti M. T., Iovine G., Peruccacci S., Terranova O., Guzzetti F. (2014) Rainfall thresholds for shallow landslide occurrence in Calabria, southern Italy. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*. Vol. 14 (2), pp. 317-330. doi: 10.5194/nhess-14-317-2014. URL: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/14/317/2014/>: [Last accessed: 15/01/2015].
- Wack R., Wimmer A. (2002) Digital terrain models from airborne laser scanner data - a grid based approach. *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 34. 3/B, pp. 293-296. ISBN/ISSN: 1682-1750.
- Walstra J., Chandler J., Dixon N., Dijkstra T. (2004) Time for change-quantifying landslide evolution using historical aerial photographs and modern photogrammetric methods. In *Proceedings 20th ISPRS Congress*, pp 475-480.
- Walstra J., Chandler J. H., Dixon N., Dijkstra T. A. (2007) Aerial photography and digital photogrammetry for landslide monitoring. In Teeuw, R. M. (eds.). 283, pp. 53-63. ISBN/ISSN: 03058719 (ISSN); 1862392293 (ISBN); 9781862392298 (ISBN). URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34548222670&partnerID=40&md5=dc44896fcb15782c4ee54663c53e0a67>: [Last accessed: 13/06/2013].
- Waltham T. (2002) *Foundations of engineering geology*. CRC Press LLC. ISBN/ISSN: 0415254507.
- Wang G., Joyce J., Phillips D., Shrestha R., Carter W. (2013) Delineating and defining the boundaries of an active landslide in the rainforest of Puerto Rico using a combination of airborne and terrestrial LIDAR data. *Landslide*. Vol. 10 (4), pp. 503-513. doi: 10.1007/s10346-013-0400-x.
- Wang H. B., Sassa K., Xu W. Y. (2007) Analysis of a spatial distribution of landslides triggered by the 2004 Chuetsu earthquakes of Niigata Prefecture, Japan. *Natural Hazards*. Vol. 41 (1), pp. 43-60. doi: 10.1007/s11069-006-9009-x.
- Weibull W. (1939) A statistical theory of the strength of materials. *Ing. Velenskaps Akad. Handl*. Vol. 151, pp. 1-45.
- Weichel H. (1990) *Laser beam propagation in the atmosphere*. SPIE Optical Engineering Press. United States of America. TT 3, p. 98. ISBN/ISSN: 0-8194-0487-X.

- Weirich F., Blesius L. (2007) Comparison of satellite and air photo based landslide susceptibility maps. *Geomorphology*. Vol. 87 (4), pp. 352-364. doi: 10.1016/j.geomorph.2006.10.003. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34248593728&partnerID=40&md5=0d16874076b5458ae69b0699ded7ddc0>: [Last accessed: 12/04/2012].
- White I. D., Mottershead D. N., Harrison J. J. (1996) *Environmental Systems*, 2nd Edition. In Chapman and Hall (eds.), London, p. 616.
- Wieczorek G., Glade T. (2005) Climatic factors influencing occurrence of debris flows. *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*. Springer Berlin Heidelberg, Sec. 14, pp. 325-362. ISBN/ISSN: 978-3-540-20726-9. doi: 10.1007/3-540-27129-5_14.
- Wieczorek G. F. (1984) Preparing a detailed landslide-inventory map for hazard evaluation and reduction. *Bull Assoc Eng Geol*. Vol. 21 (3), pp. 337-342.
- Wieczorek G. F. (1996) Landslide triggering mechanisms. In Turner, A. K. and Shuster, R. L. (eds.), *Landslides: investigation and mitigation*. Transportation Research Board - National Research Council, Special Report. 247, pp. 76-90.
- Wilson R. A. (2004) The rise and fall of a debris flow warning system for the San Francisco Bay Region, California. In Glade, T., Anderson, M. and Crozier, M. J. (eds.), *Landslide hazard and risk*. Wiley. New York, pp. 493-516.
- Wilson R. C. (1989) Rainstorms, pore pressures, and debris flows: a theoretical framework. In Morton, D. M. and Salder, P. M. (eds.), *Landslides in a semi-arid environment*. Publications of the Inland Geological Society, 2: 1. California. 2.
- Wilson R. C., Wieczorek G. F. (1995) Rainfall thresholds for initiation of debris flow at La Honda, California. *Environmental & Engineering Geoscience*. Vol. 1, pp. 11-27.
- Wolff C. (2015) Range Resolution. Radar Basics. URL: <http://www.radartutorial.eu/01.basics/Range%20Resolution.en.html> [Last accessed: 06/02/2015].
- Wong H. N. (2005) Landslide risk assessment for individual facilities - state of the art report. In Hungr, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E. (eds.), *Proceedings of the International Conference on Landslide Risk Management*. Taylor & Francis. London, pp. 237-296.
- Wong W. K. (2002) Risk assessment of slopes. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*. Vol. 35, pp. 213-222.
- WP/WLI (1990) A suggested method for a landslide summary. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI), (1990). A suggested method for reporting a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 41, pp. 5-12.
- WP/WLI (1991) A suggested method for a landslide summary. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, Chairman Cruden, D.M. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 43, pp. 101-110.
- WP/WLI (1993a) Multilingual landslide glossary. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, Chairman Cruden DM, Bitech, Richmond. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*. British Columbia.
- WP/WLI (1993b) A suggested method for describing the activity of a landslide. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, Chairman Cruden DM. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 47, pp. 53-57.
- WP/WLI (1993c) UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI), (1993). A suggested method for describing the activity of a landslide., *Bulletin of the International Association of Engineering Geology Paris*. 47(1), pp. 453-455.
- WP/WLI (1994) A suggested method for reporting landslide causes. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, Chairman Popescu ME. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 52, pp. 71-74.
- WP/WLI (1995) A suggested method for describing the rate of movement of a landslide. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, Working Group on Rate of Movement, Chairman Bonnard CH. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 52, pp. 75-78.
- WP/WLI (2001) A suggested method for reporting landslide remedial measures. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, Chairman Popescu ME. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 60, pp. 69-74.
- Wu T. H., Tang W. H., Einstein H. H. (1996) Landslide hazard and risk assessment. In Turner, A. T. and Schuster, R. L. (eds.), *Landslides - Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report. National Academy Press. Washington DC. 247.
- Zêzere J. L., Trigo R. M., Trigo I. F. (2005) Shallow and deep landslides induced by rainfall in the Lisbon region (Portugal): assessment of relationships with the North Atlantic Oscillation. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*. Vol. 5 (3), pp. 331-344. doi: 10.5194/nhess-5-331-2005. URL: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/5/331/2005/>: [Last accessed: 25/02/2012].
- Zhang K., Chen S.-C., Whitman D., Shyu M.-L., Yan J., Zhang C. (2003) A progressive morphological filter for removing nonground measurements from airborne LIDAR data. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*. Vol. 41 (4), pp. 872-882. doi: 10.1109/TGRS.2003.810682.
- Zhang W., Chen Y., Zhan L. (2006) Loading/Unloading response ratio theory applied in predicting deep-seated landslides triggering. *Engineering Geology*. Vol. 82 (4), pp. 234-240. doi: 10.1016/j.enggeo.2005.11.005. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795205003145>: [Last accessed: 02/12/2013].

- Zhang Z. (1994) Iterative point matching for registration of free-form curves and surfaces. *International Journal of Computer Vision*. Vol. 13 (2), pp. 119-152. doi: 10.1007/bf01427149. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0028515989&partnerID=40&md5=af320658dd5fd718fb3550a714547a29>.
- Zingaretti P., Frontoni E., Forlani G., Nardinocchi C. (2007) Automatic extraction of LIDAR data classification rules. Modena, pp. 273-278. ISBN/ISSN: 0769528775; 9780769528779. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-48149101919&partnerID=40&md5=6578b3da6a7d08ffa58b7e9b97f98d95>.



Universidad de Granada
ETS de Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Departamento de Ingeniería Civil



TESIS
DOCTORAL

ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA EN LA CORDILLERA BÉTICA MEDIANTE TÉCNICAS AVANZADAS

José Antonio Palenzuela Baena

2015

Anexos



ugr

Universidad
de Granada



Programa de Doctorado: Ingeniería Civil y Arquitectura

Universidad de Granada

ETS de Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Departamento de Ingeniería Civil



ugr

Universidad
de Granada

Tabla de contenido

	Pág.
ANEXO I Reseñas de la Red de Andaluza de Posicionamiento.....	2
ANEXO II Resultados Gráficos del Seguimiento de la Actividad de Movimientos de Ladera mediante el empleo de TLS.....	5
ANEXO III Descripción de los Eventos de Movimientos de Ladera Documentados.....	55
ANEXO IV Diagrama de Flujo para el Análisis de PDS para la Evaluación Indirecta de la Peligrosidad de Movimientos de Ladera y Manual de Utilización de Macros.....	102
ANEXO V Resultados Tabulados sobre el Análisis de PDS Aplicado a la Evaluación Indirecta de La peligrosidad de Movimientos de Ladera.....	114

ANEXO I

Reseñas de la Red de Andalucía de Posicionamiento

RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO

Estación permanente de Granada (GRA1)

(Fecha última actualización: 17/05/2010)

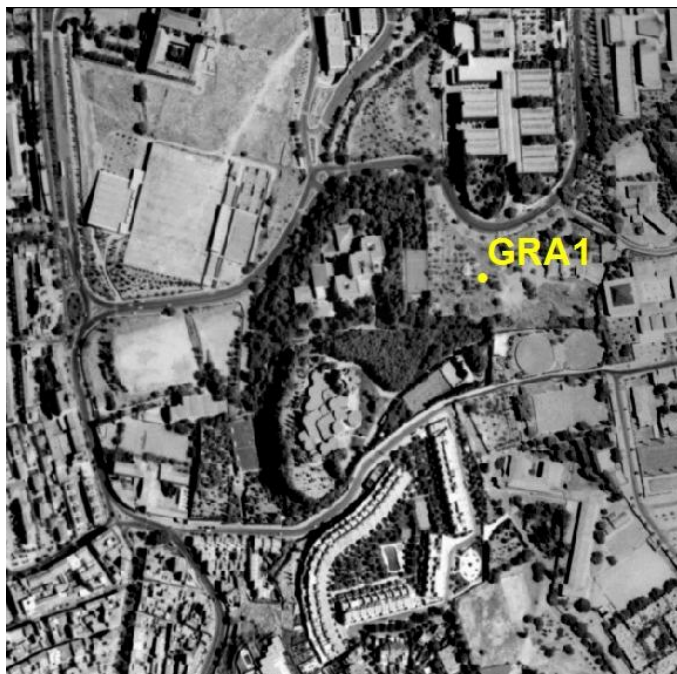


Instituto de Cartografía de Andalucía
CONSEJERÍA DE VIVIENDA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



Laboratorio de Astronomía,
Geodesia y Cartografía
Universidad de Cádiz

Vértice	GRA1		
Nº de monolito EUREF	13459M002	ID de red	0024
Ubicación	Instituto Andaluz de Geofísica (IAG) Campus Universitario de Cartuja, s/n. C.P.: 18071 – Granada.		
Receptor	Leica GRX 1200 Pro	Antena	LEIAT504 LEIS
Coordenadas cartesianas ETRS89	X = 5077918.014 m	Y = -319155.702 m	Z = 3834700.964 m
Coordenadas geodésicas ETRS89	$\varphi = 37^{\circ} 11' 23.6392''$ N	$\lambda = 3^{\circ} 35' 47.0601''$ W	h = 823.27 m
Coordenadas UTM ETRS89	X = 447066.18 m	Y = 4116105.44 m	Huso 30
Tipo de construcción	Mástil metálico cilíndrico de 0.30 m. de altura y 0.1 m de diámetro, dotado con tornillo geodésico, fijado a plataforma de hormigón, sobre la terraza del edificio .		
Institución responsable	Instituto de Cartografía de Andalucía (ICA). Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio. C/ San Gregorio, Nº 7. 41071 Sevilla. España.		
Control geodésico	Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía (LAGC). Departamento de Matemáticas. Facultad de Ciencias. Campus de Puerto Real. Universidad de Cádiz. 11510 Puerto Real (Cádiz). España.		
Correo-electrónico y páginas WEB	ICA: cartografia@juntadeandalucia.es LAGC: geodesia@uca.es	Web RAP: http://www.juntadeandalucia.es/viviendayordenaciondelterritorio/redandaluzadeposicionamiento/rap/ Web LAGC: http://lagc.uca.es/	



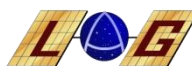
RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO

Estación permanente de Motril (MOTR)

(Fecha última actualización: 27/09/2007)



Instituto de Cartografía de Andalucía
CONSEJERÍA DE VIVIENDA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



LABORATORIO DE ASTRONOMÍA,
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA
Universidad de Cádiz

Vértice	MOTR		
Nº de monolito EUREF	13478M001	ID de red	0021
Ubicación	Hospital General Básico Santa Ana Avenida E. Martín Cuevas, s/n. C.P.: 18600 – Motril (Granada).		
Receptor	Leica GRX 1200 Pro	Antena	LEIAX1202 NONE
Coordenadas cartesianas ETRS89	X = 5106803.442 m	Y = -314181.536 m	Z = 3795723.027 m
Coordenadas geodésicas ETRS89	$\varphi = 36^{\circ} 45' 17.1472''$ N	$\lambda = 3^{\circ} 31' 13.8807''$ W	h = 166.97 m
Coordenadas UTM ETRS89	X = 453537.47 m	Y = 4067794.30 m	Huso 30
Tipo de construcción	Soporte metálico cilíndrico de 1.0 m. de altura y 0.09 m de diámetro, dotado con tornillo geodésico y fijado a un pilar del edificio en la cubierta.		
Institución responsable	Instituto de Cartografía de Andalucía (ICA). Consejería de Obras Públicas y Transporte. C/ San Gregorio, Nº 7. 41071 Sevilla. España.		
Control geodésico	Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía (LAGC). Departamento de Matemáticas. Facultad de Ciencias. Campus de Puerto Real. Universidad de Cádiz. 11510 Puerto Real (Cádiz). España.		
Correo-electrónico y páginas WEB	ICA: cartografia@juntadeandalucia.es LAGC: geodesia@uca.es	Web RAP: http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/redandaluzadeposicionamiento/ Web LAGC: http://www.uca.es/grup-invest/geodesia/	



ANEXO II

Resultados Gráficos del Seguimiento de la Actividad de Movimientos de Ladera mediante el empleo de TLS

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL “ALMEGÍJAR”

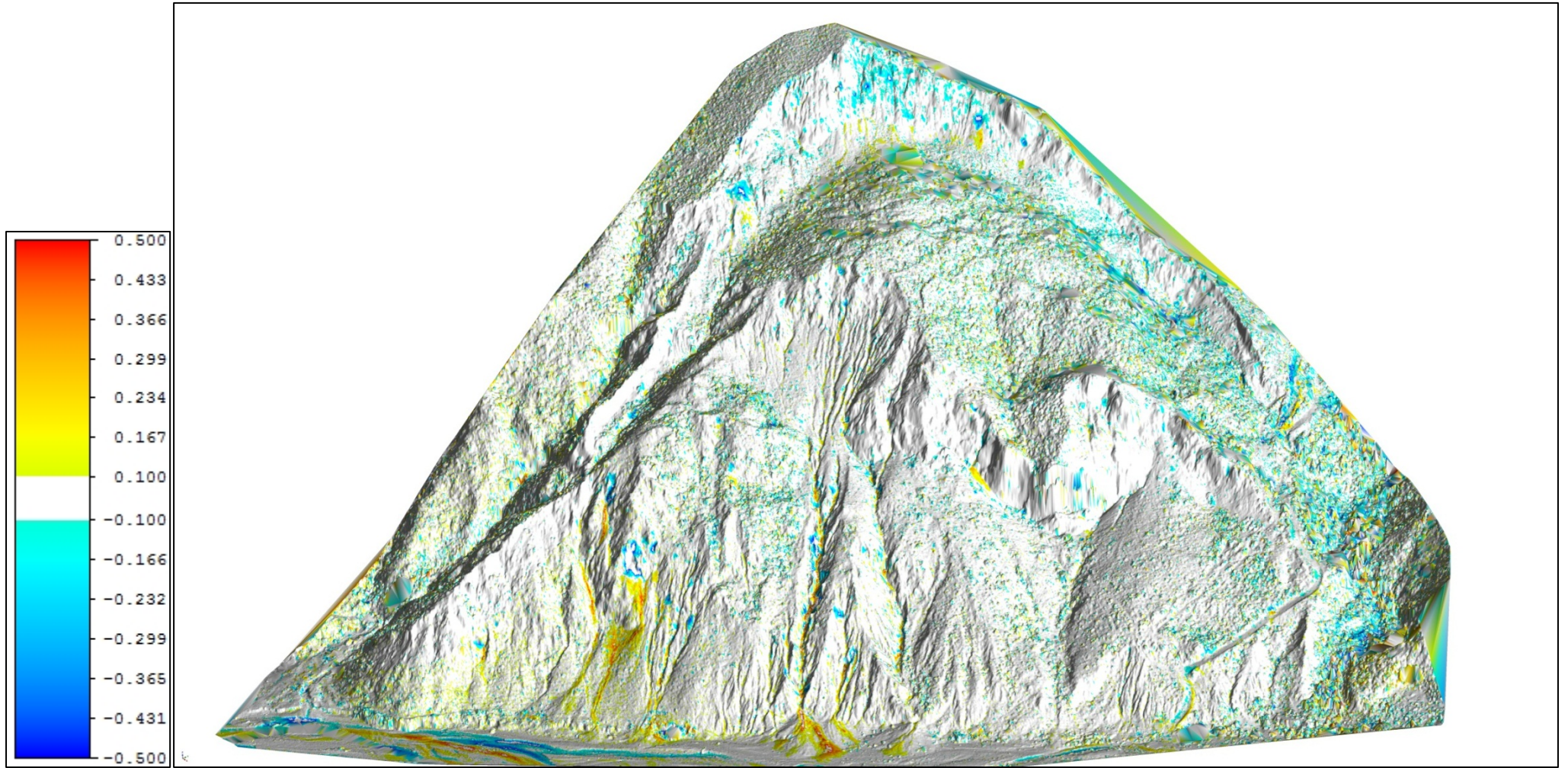


Figura 1 Movimiento de ladera: Almegíjar. Comparación del modelo de 03/2009 respecto al de 07/2008

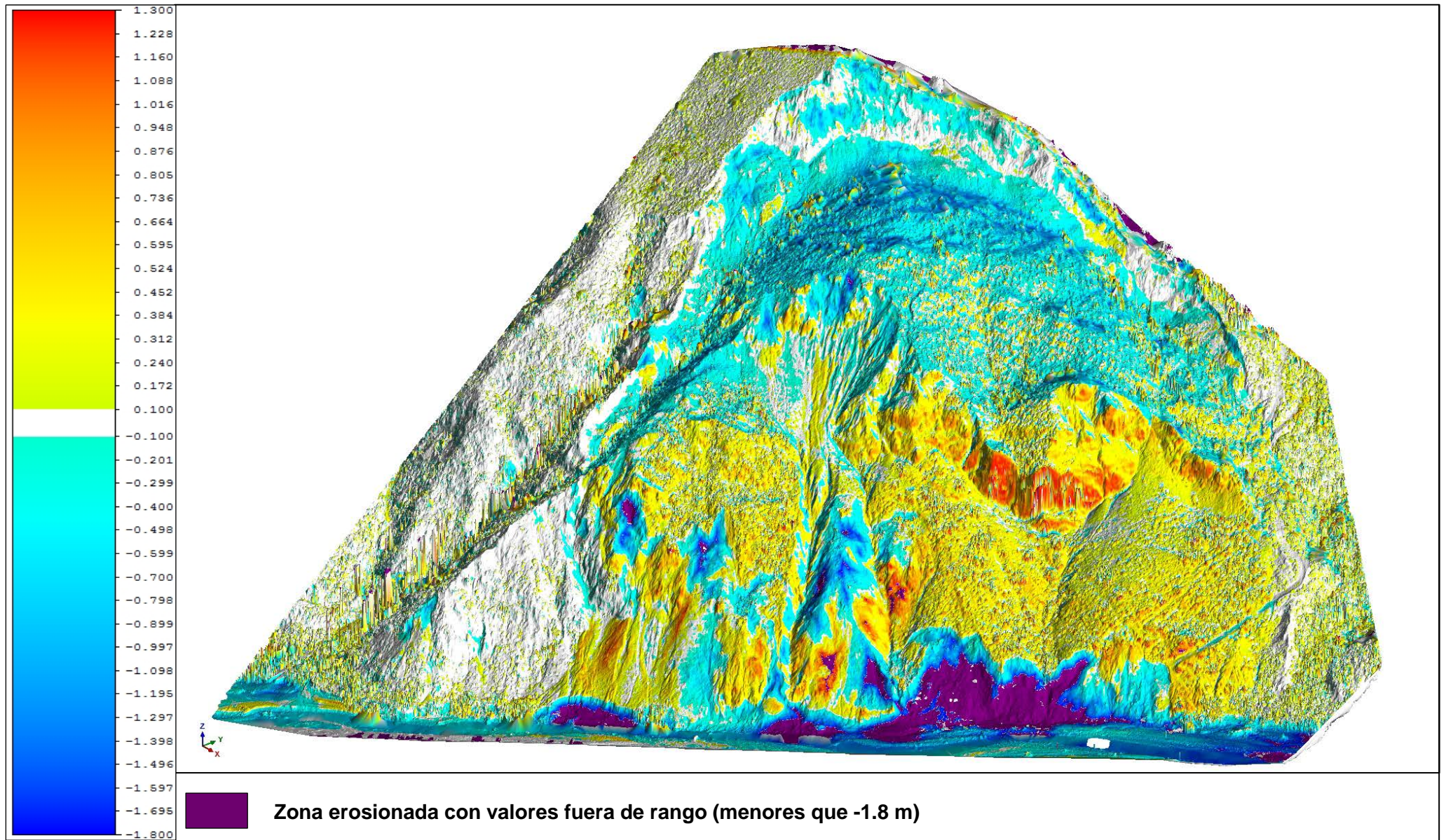


Figura 2 Movimiento de ladera: Almegíjar. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 03/2009

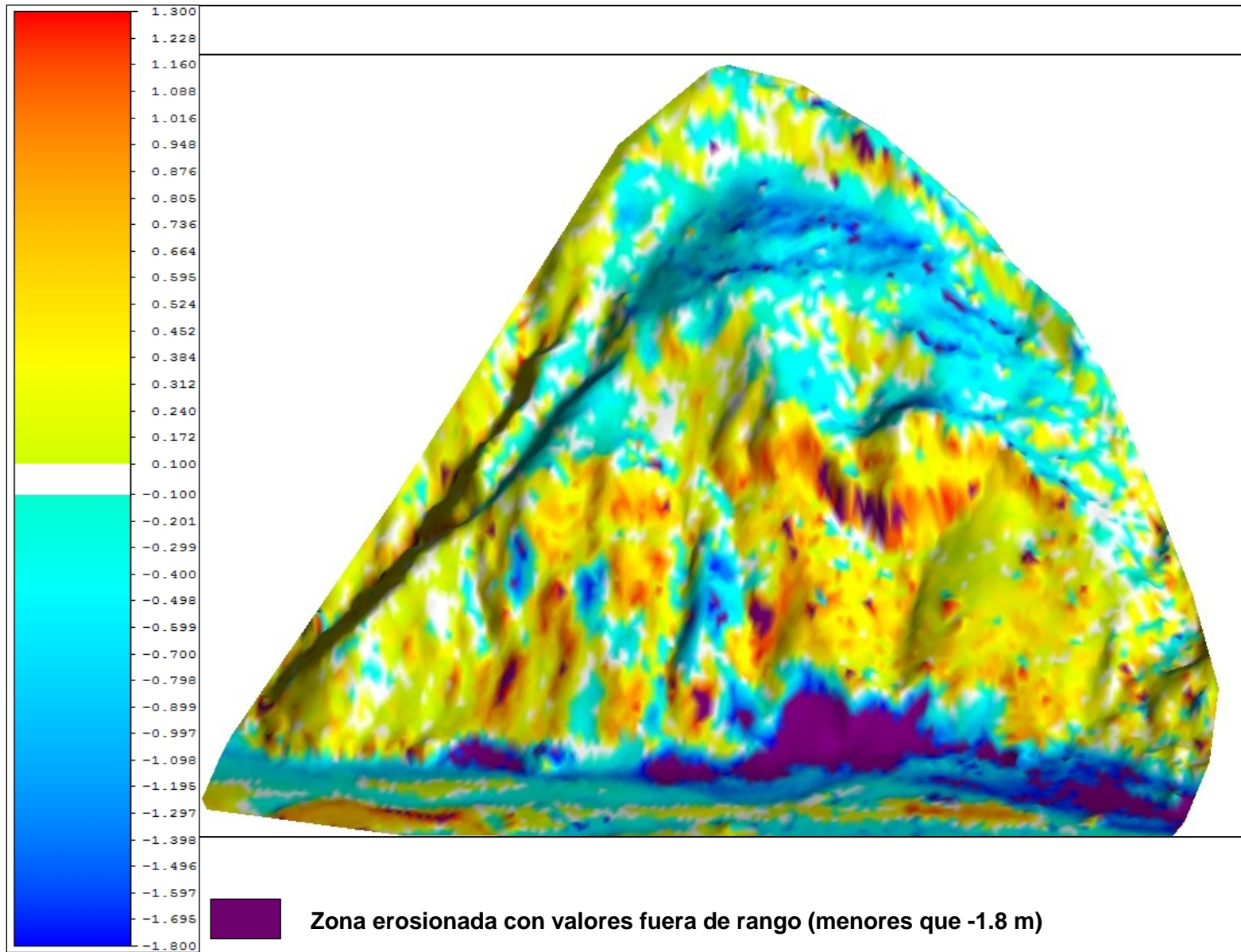


Figura 3 Movimiento de ladera: Almegíjar. Comparación del modelo de 05/2010 respecto al de 08/2008 a partir de datos de ALS

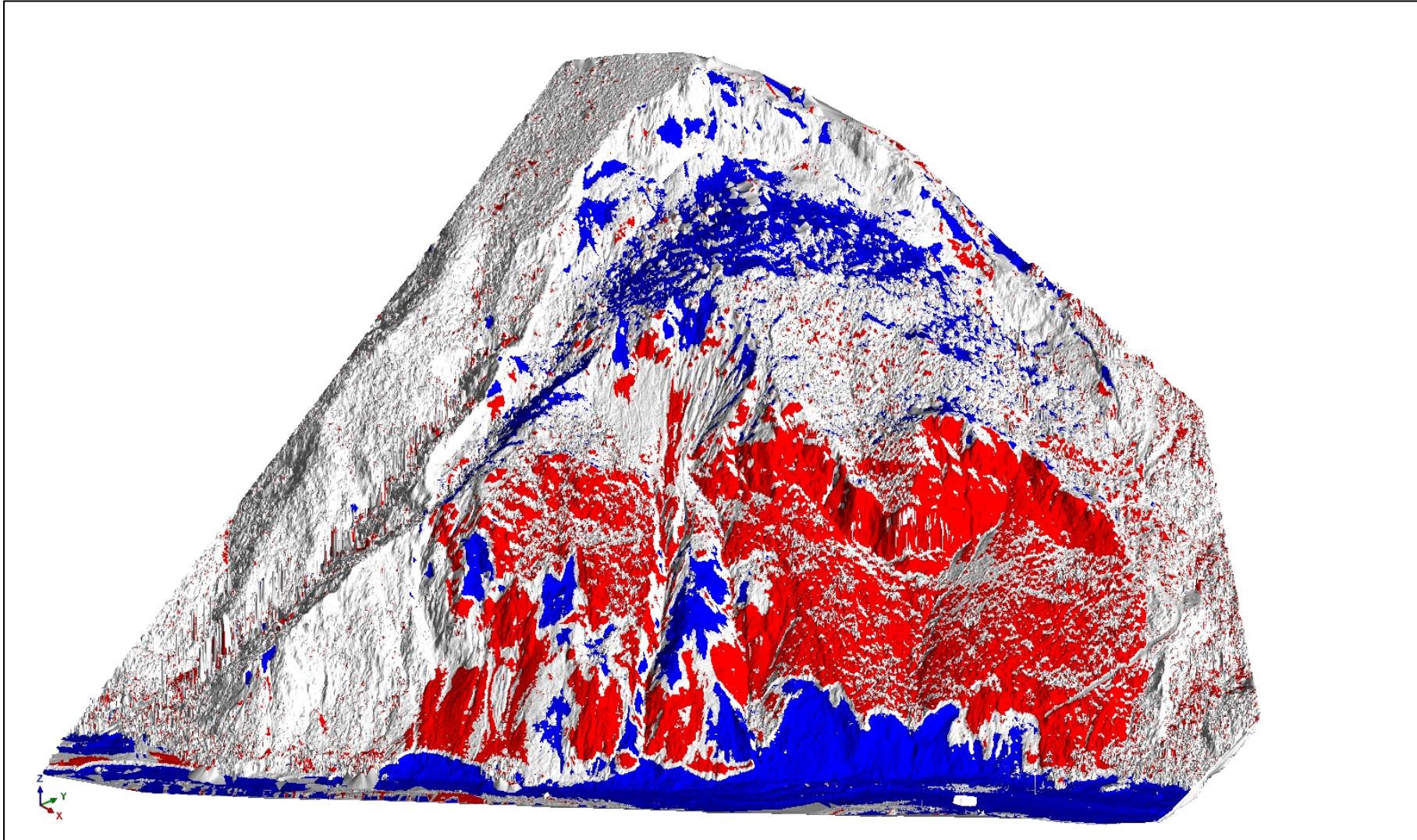


Figura 4 Movimiento de ladera: Almegíjar. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 03/2009. ■ Material erosionado o subsidente ■ Masa en avance

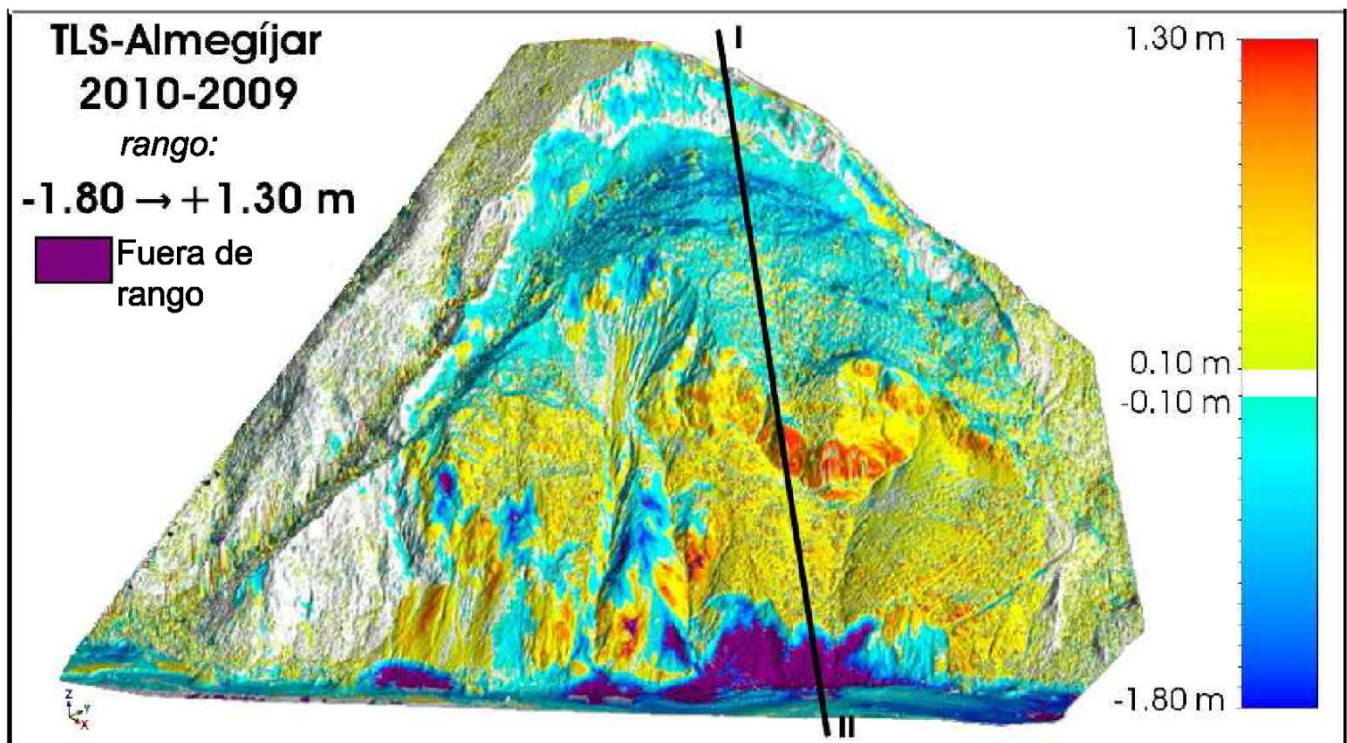


Figura 5 Movimiento de ladera: Almegíjar. Localización de la traza de los perfiles obtenidos en la dirección I – II sobre la Figura 2

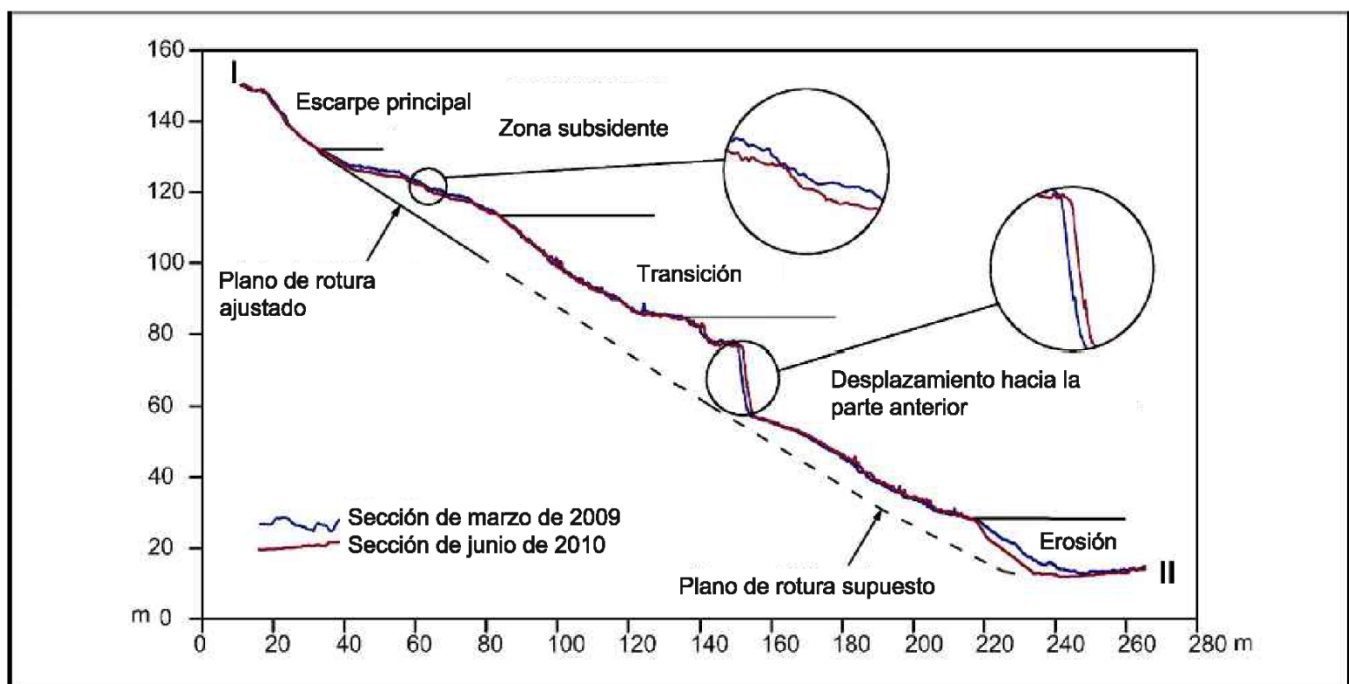


Figura 6 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 03/2009 y 06/2010 con separación de las partes principales que se distinguen en la masa movilizada

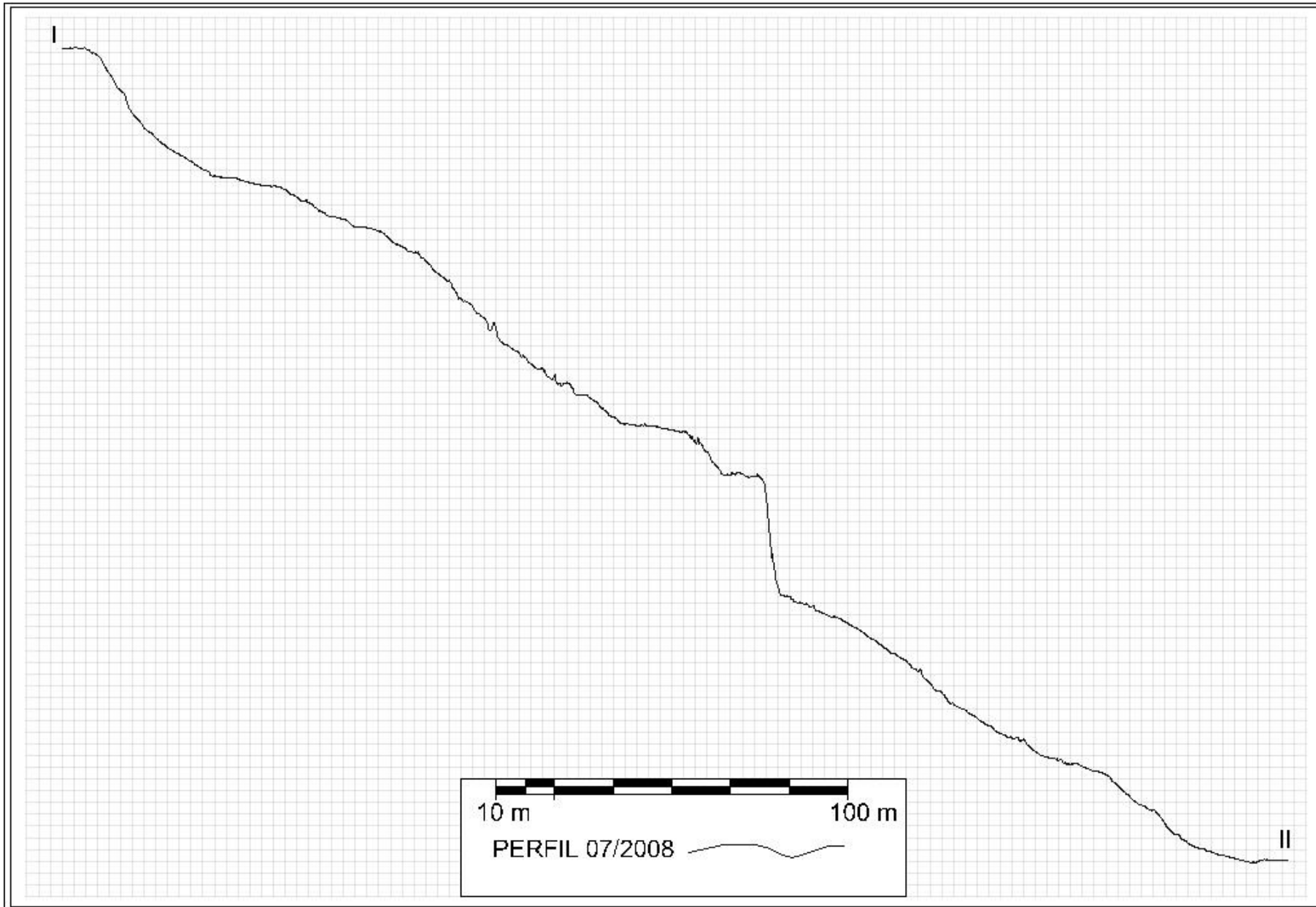


Figura 7 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfil de 07/2008 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5

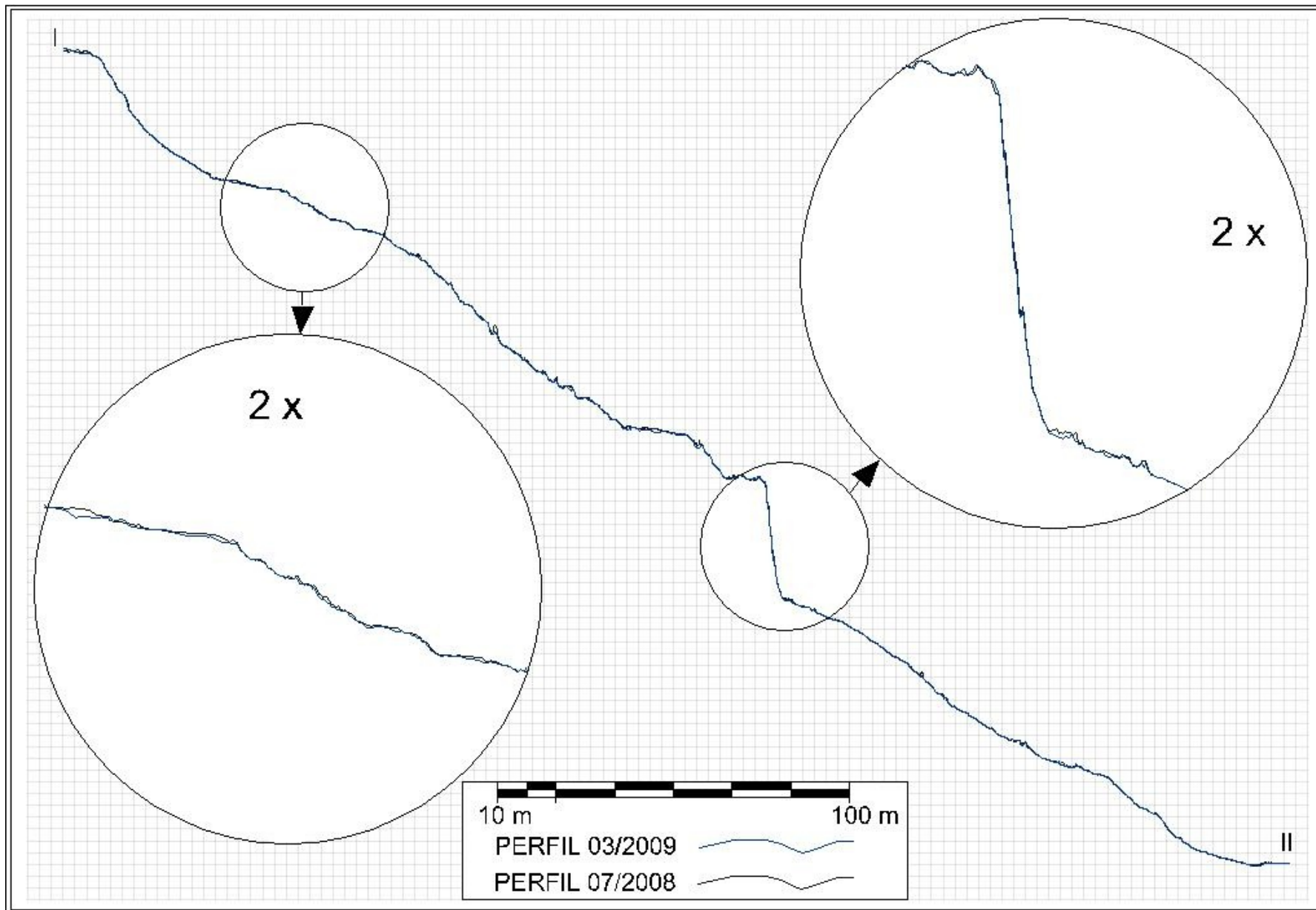


Figura 8 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 07/2008 y 03/2009 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda), y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

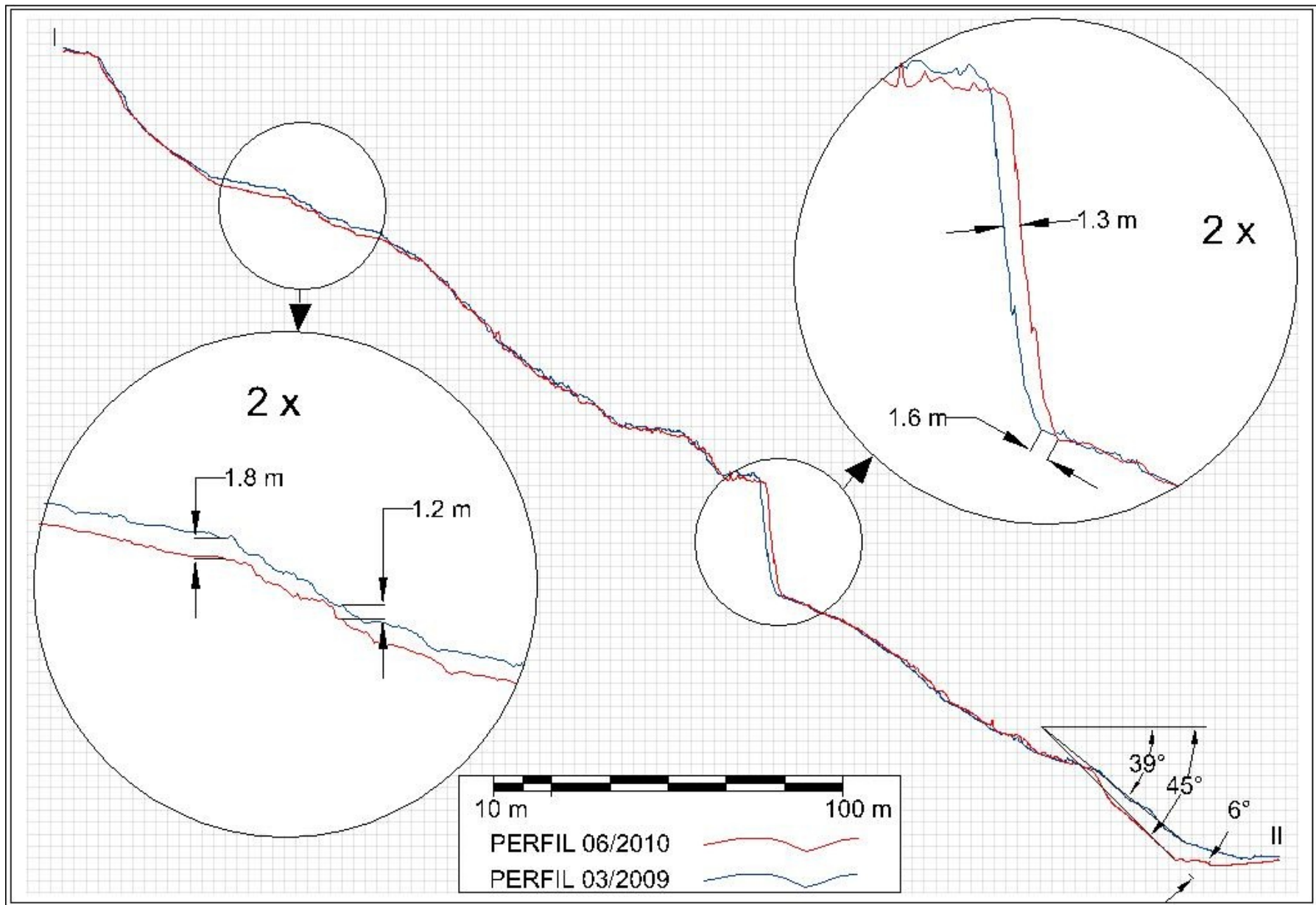


Figura 9 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 03/2009 y 06/2010 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda), y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

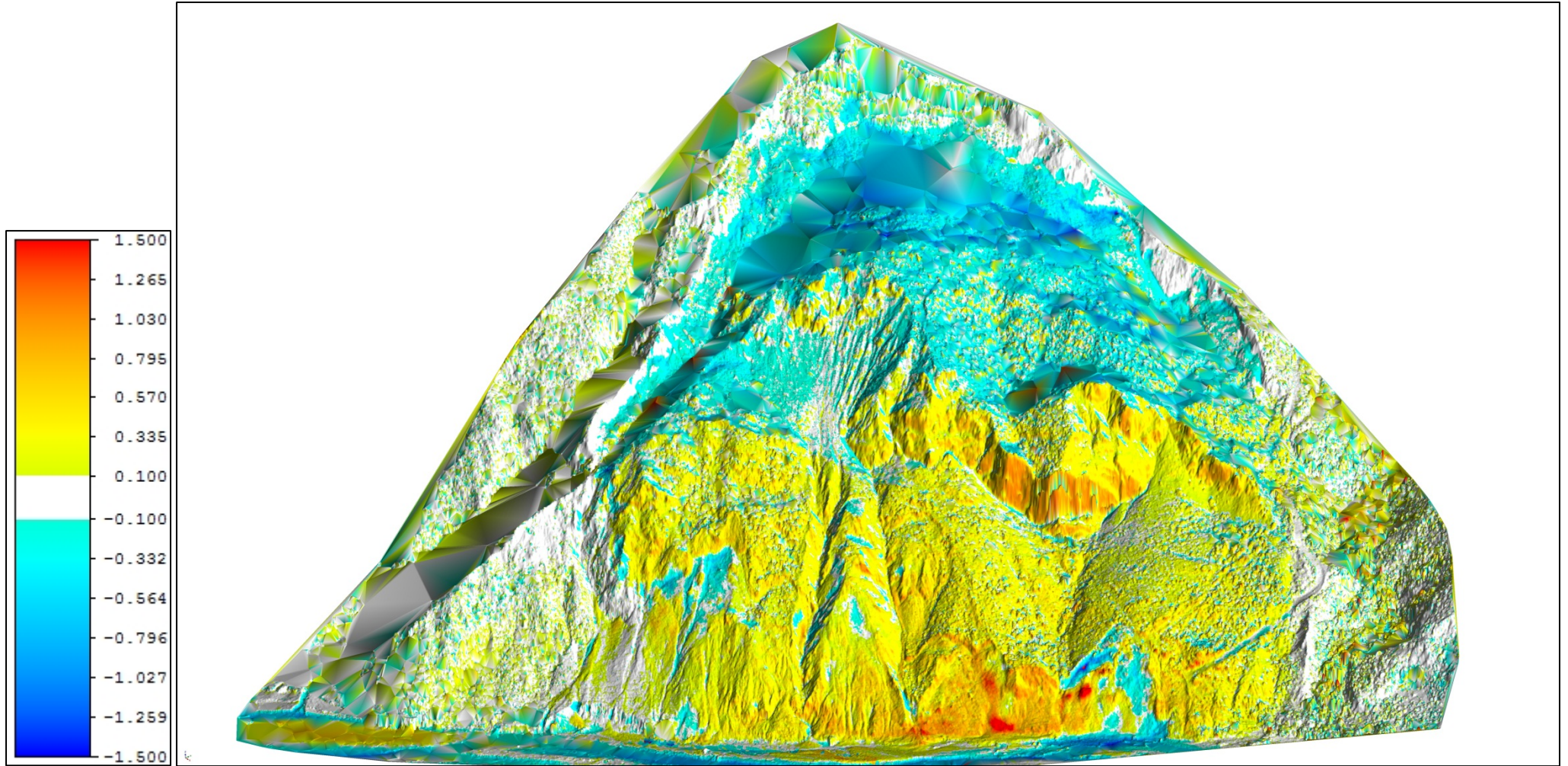


Figura 10 Movimiento de ladera: Almegíjar. Comparación del modelo de 2011 respecto al de 2010

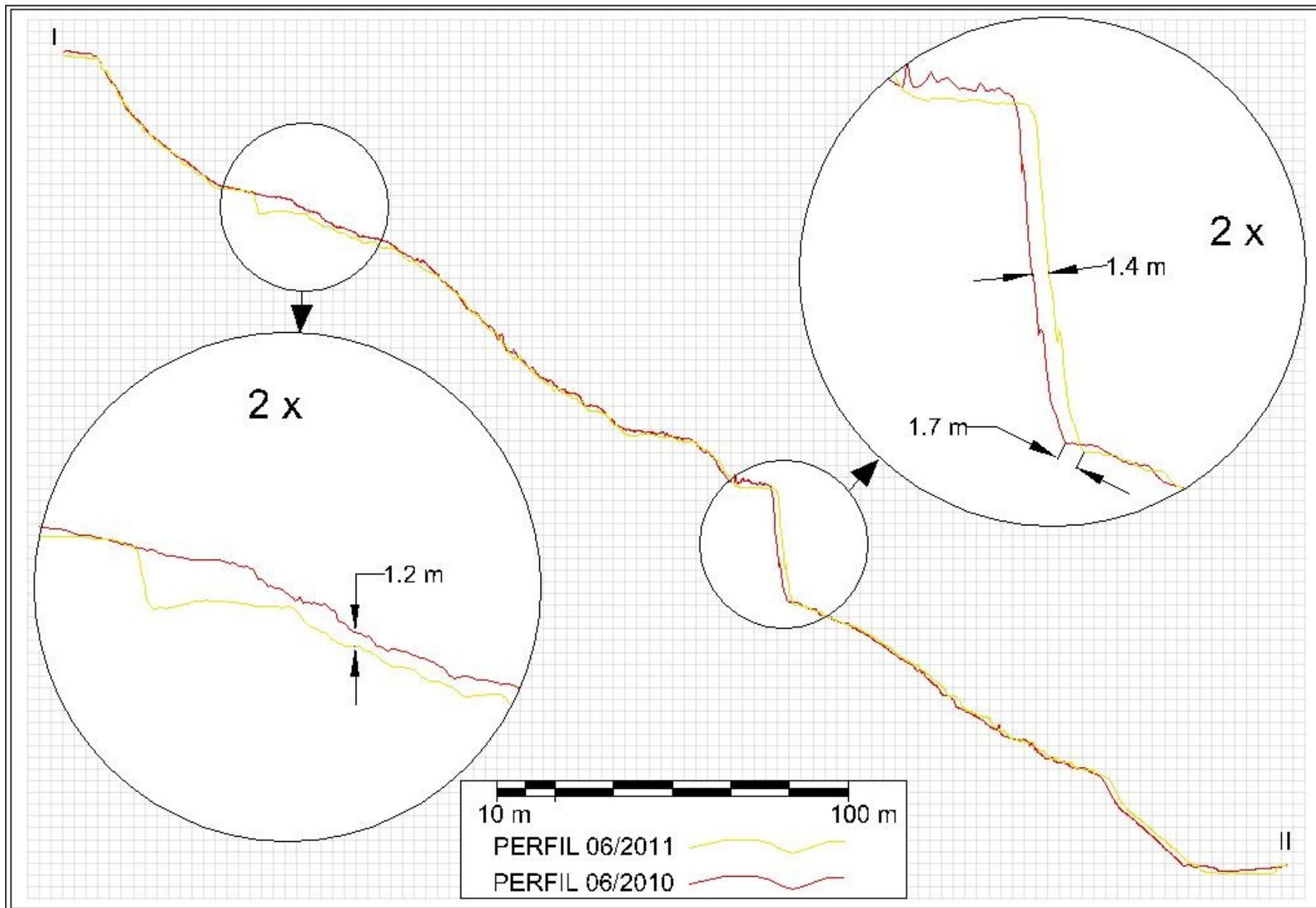


Figura 11 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 06/2010 y 06/2011 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda), y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

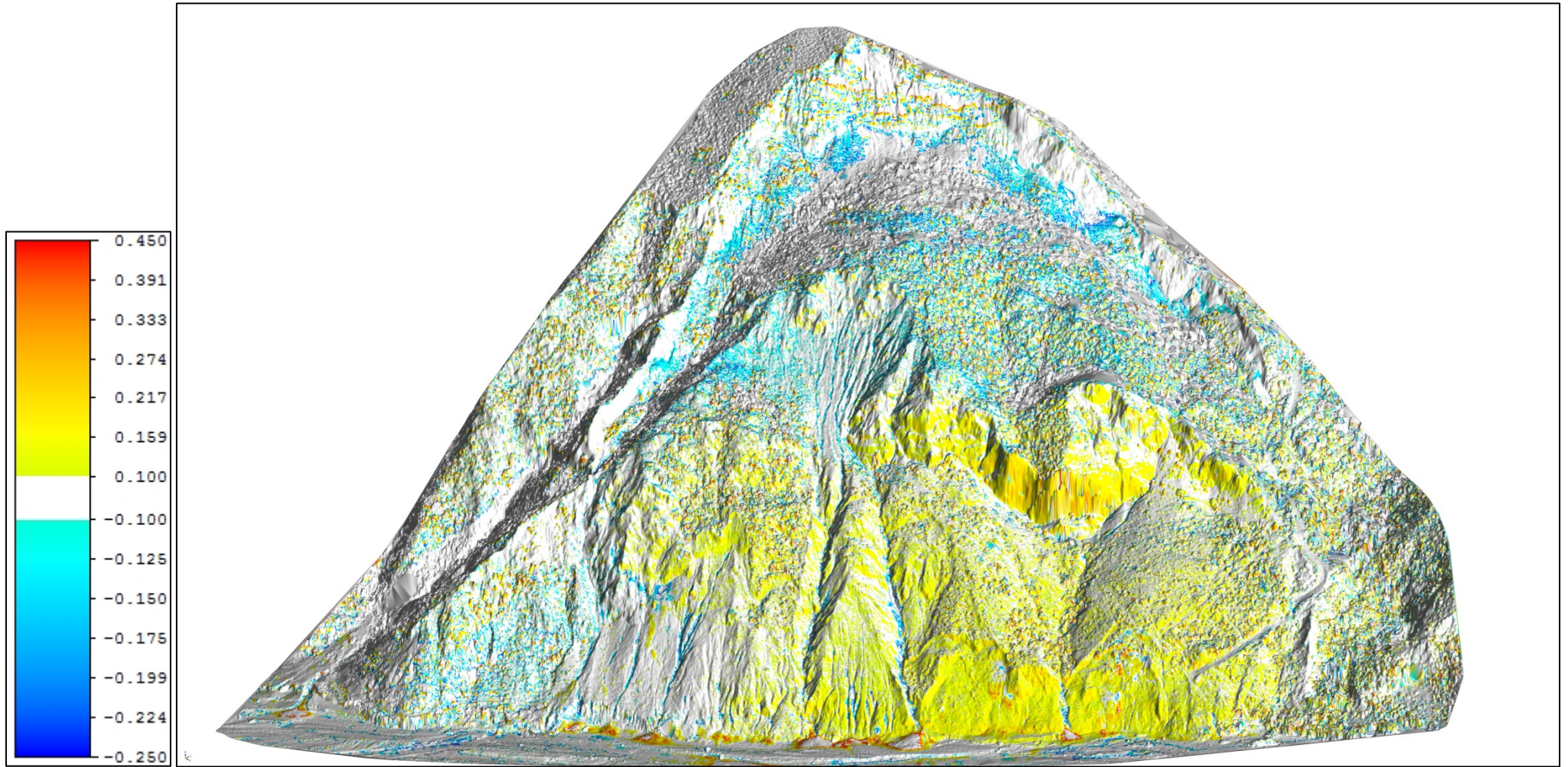


Figura 12 Movimiento de ladera: Almegíjar. Comparación del modelo de 04/2012 respecto al de 06/2011

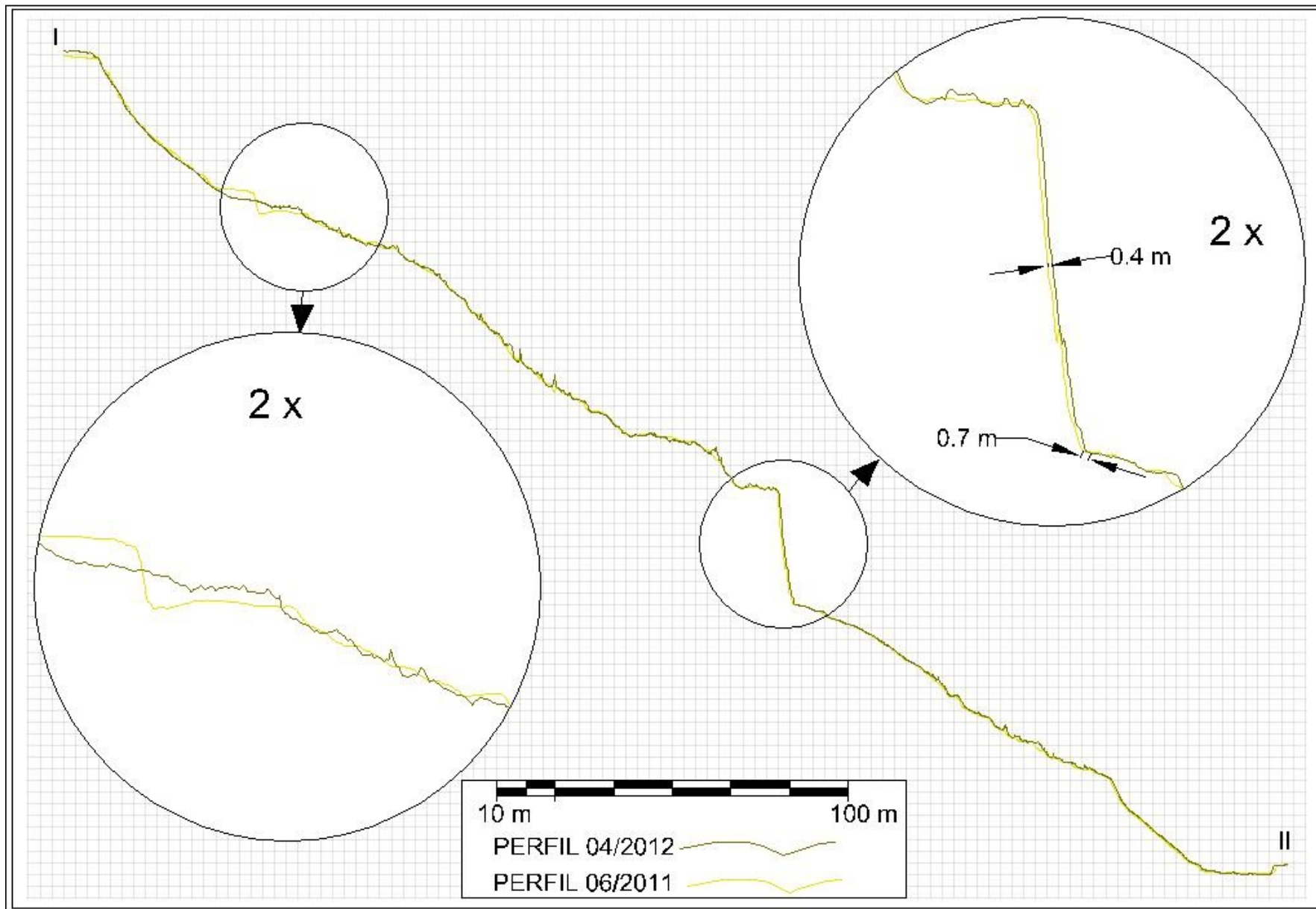


Figura 13 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 06/2011 y 04/2012 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda), y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

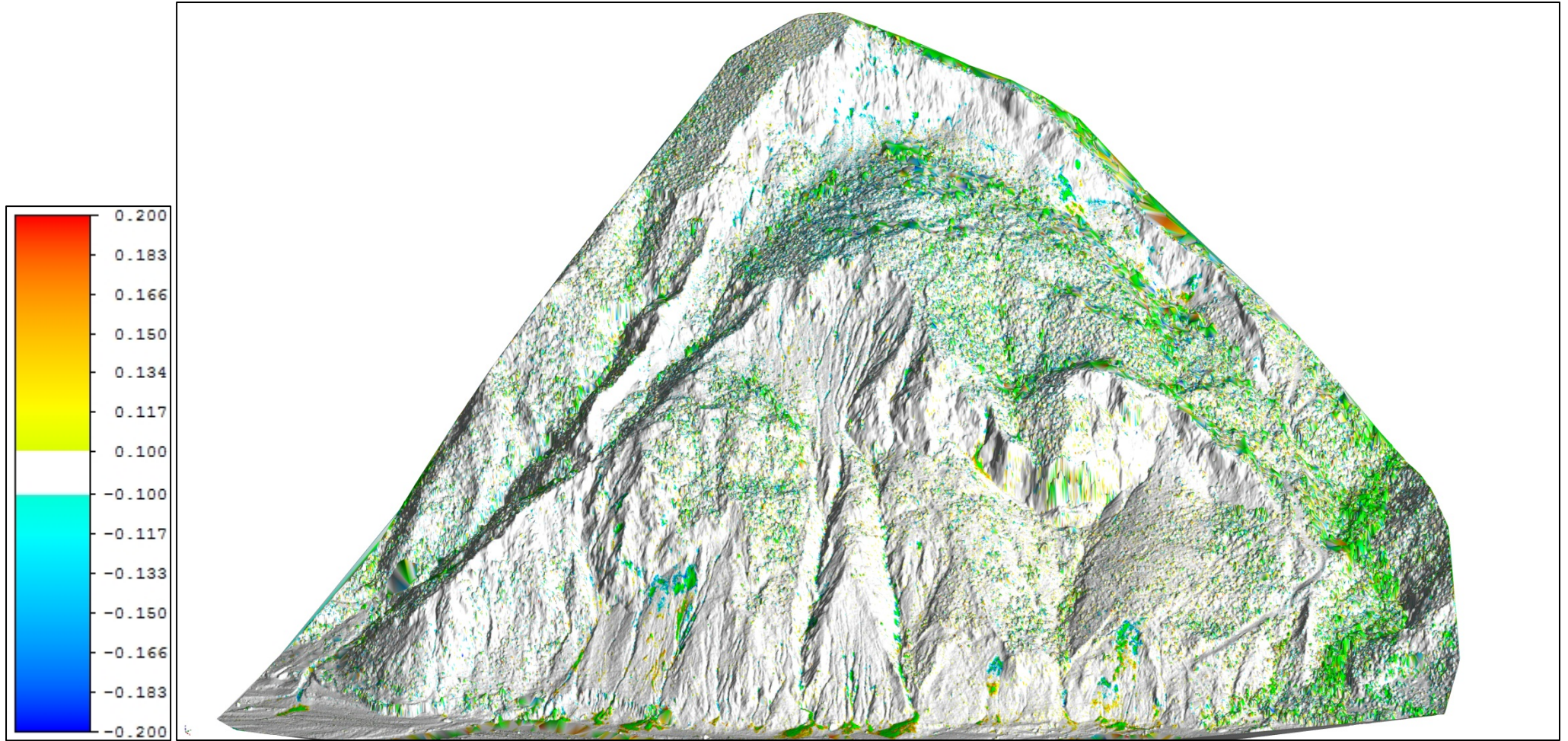


Figura 14 Movimiento de ladera: Almegíjar. Comparación del modelo de 11/2012 respecto al de 04/2012

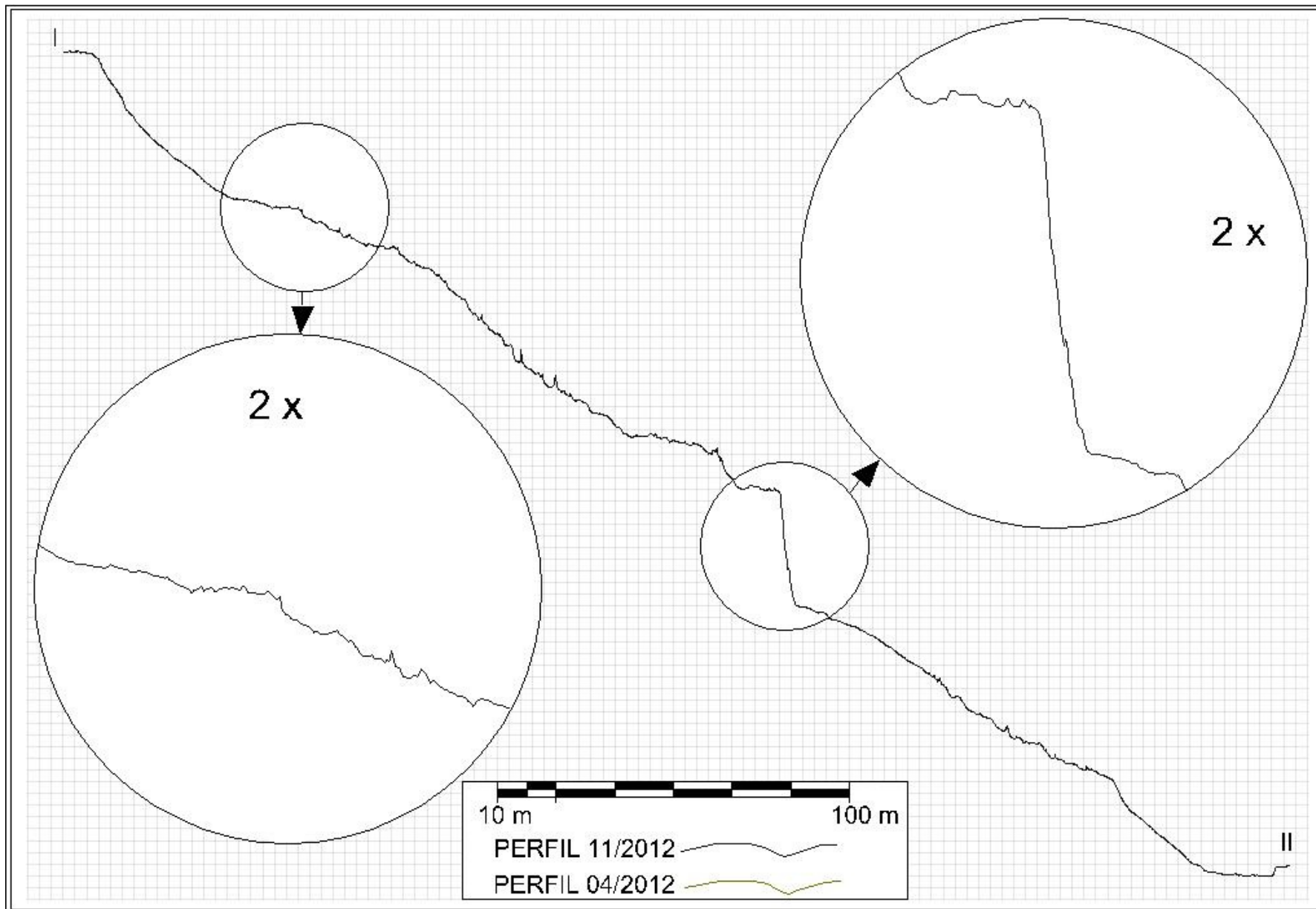


Figura 15 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 04/2012 y 11/2012 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda), y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

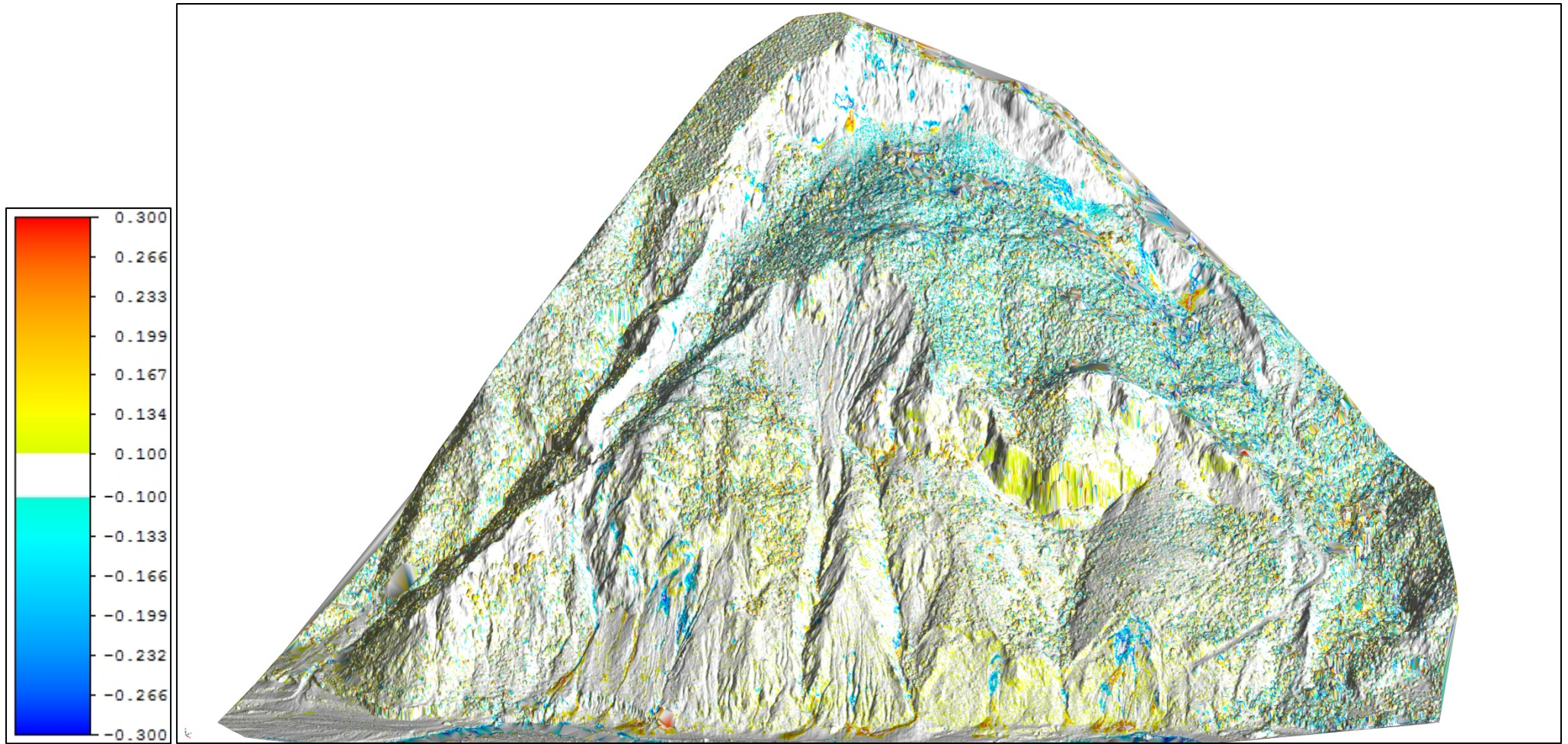


Figura 16 Movimiento de ladera: Almegjjar. Comparación del modelo de 05/2013 respecto al de 11/2012

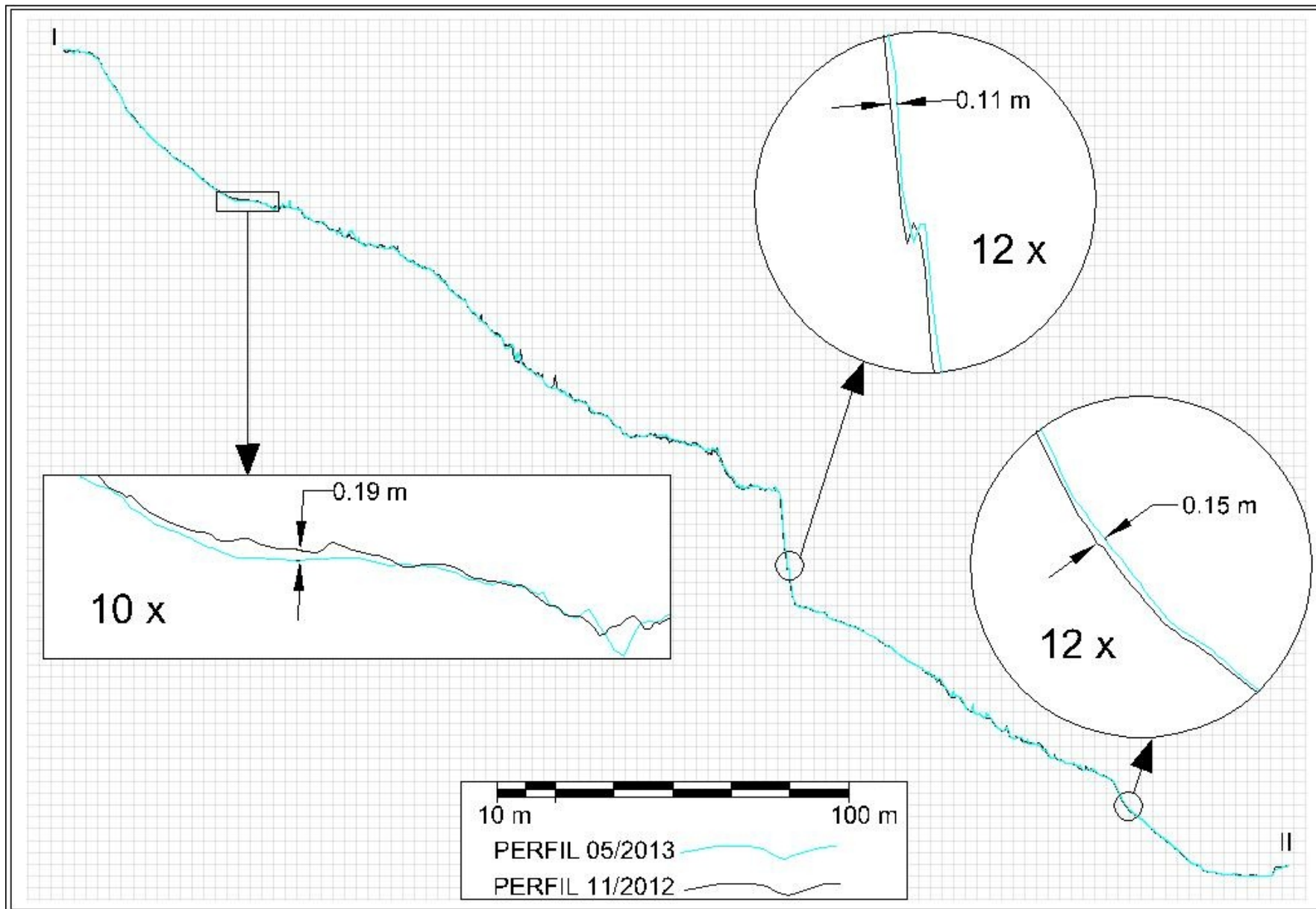


Figura 17 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 11/2012 y 05/2013 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda), y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

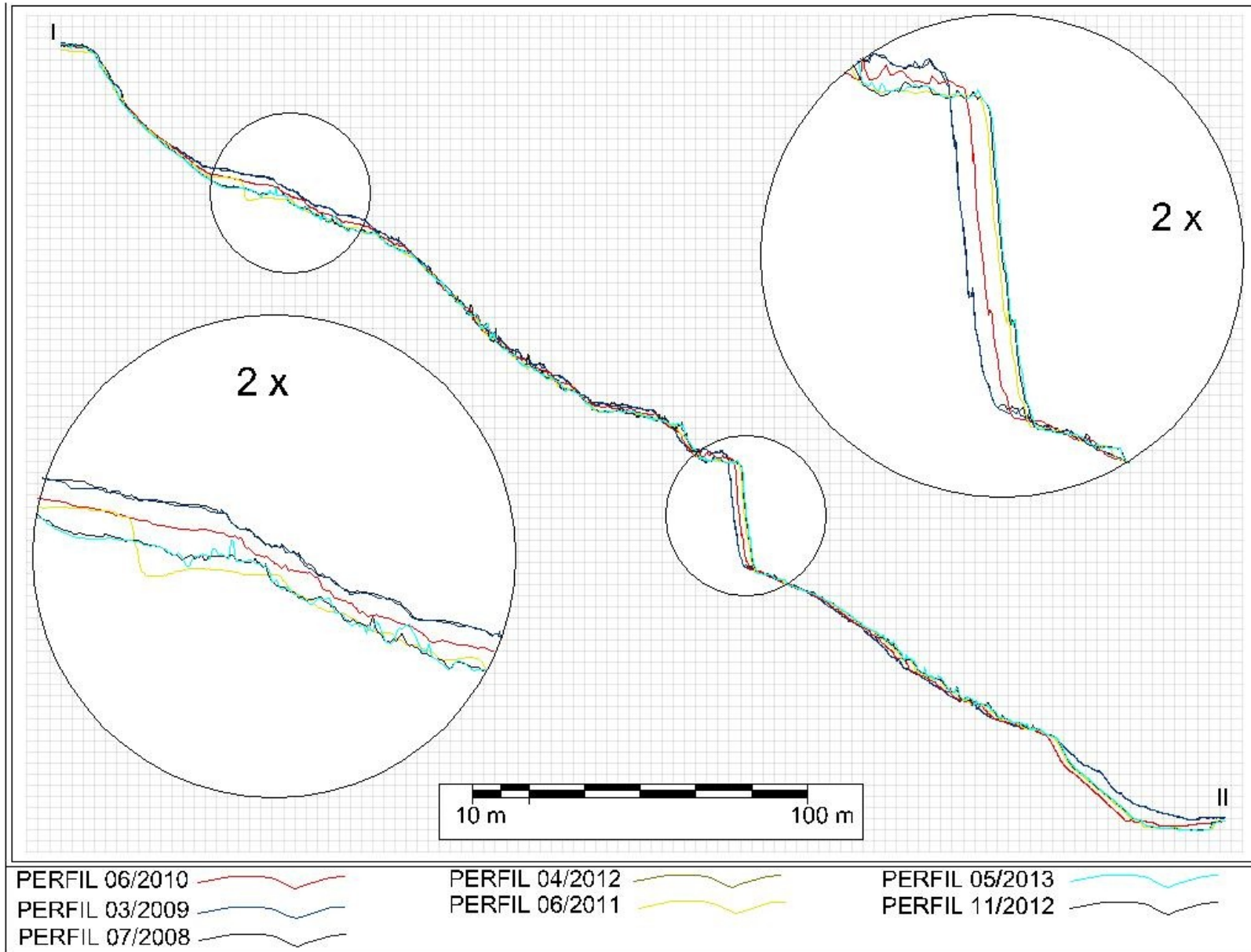


Figura 18 Movimiento de ladera: Almegíjar. Perfiles de 2008 a 2013 en la dirección de la traza I – II de la Figura 5. Las vistas aumentadas corresponden a la zona de subsidencia (izquierda), y de avance hacia la parte anterior de la masa movilizada (derecha)

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL “BORINCHO”

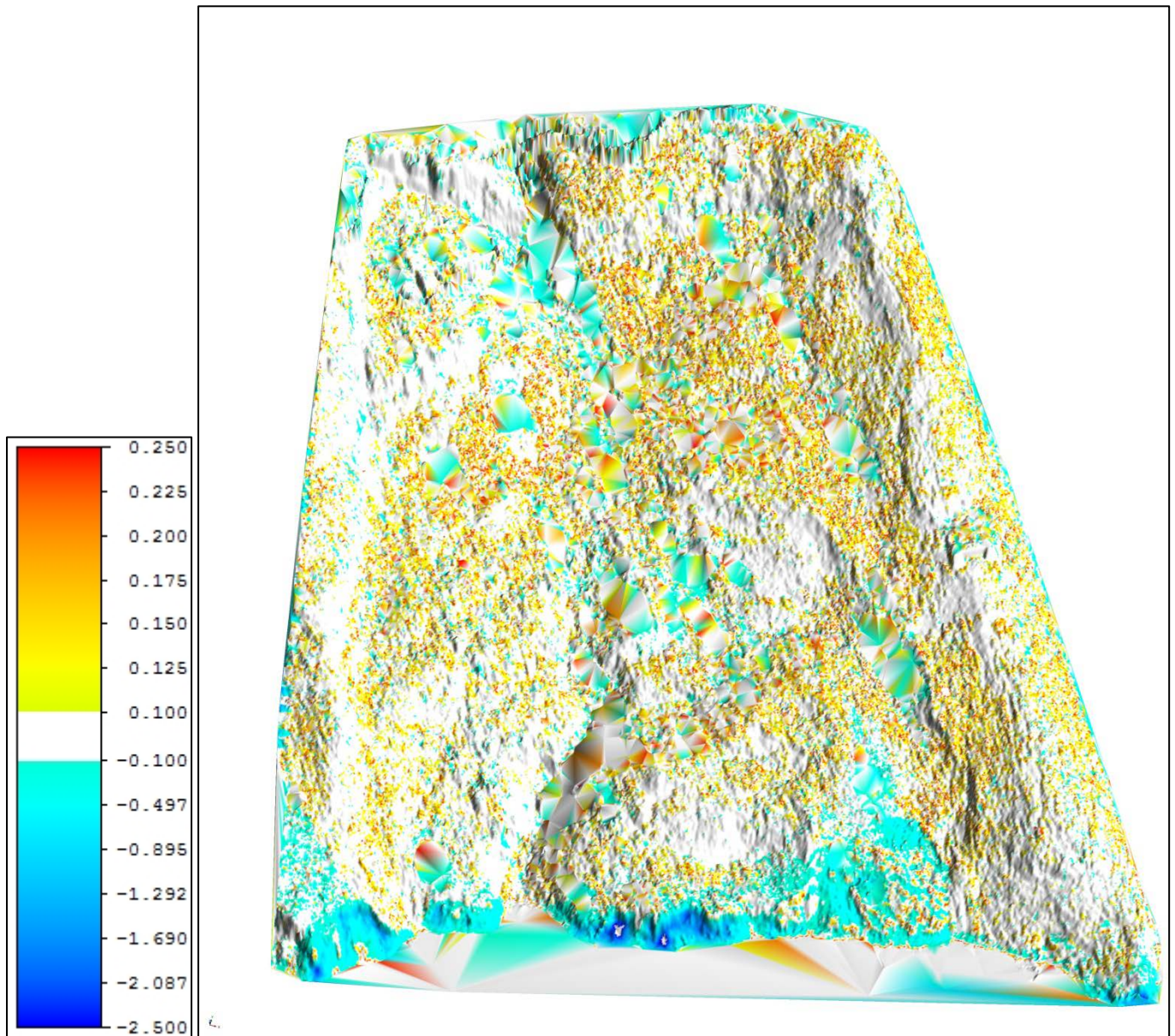


Figura 19 Movimiento de ladera: Borincho. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 03/2009

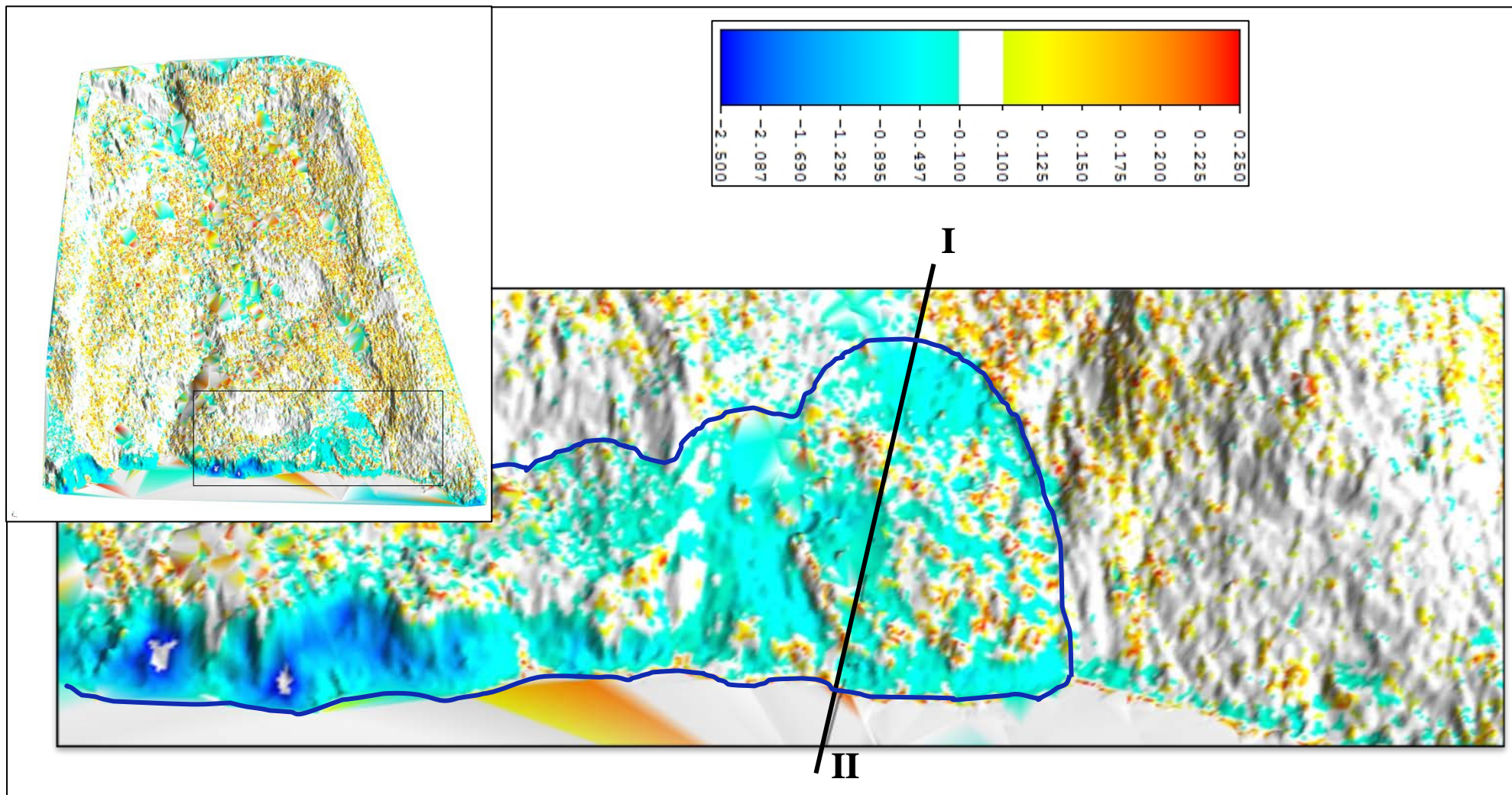


Figura 20 Movimiento de ladera: Borincho. Localización de la traza de los perfiles sobre la Figura 19

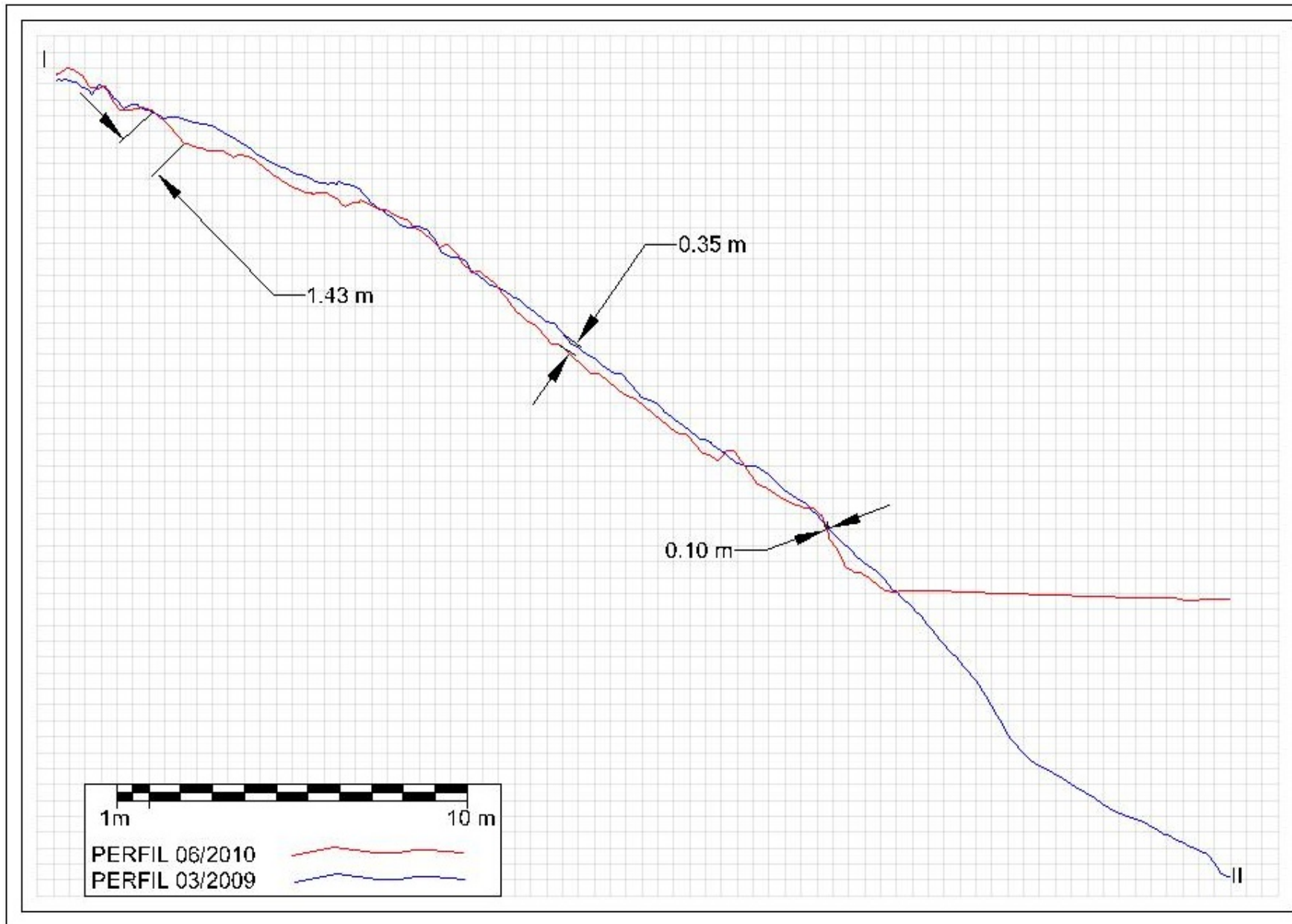


Figura 21 Movimiento de ladera: Borincho. Perfiles de 03/2009 y 06/2010 en la dirección de la traza I – II de la Figura 20

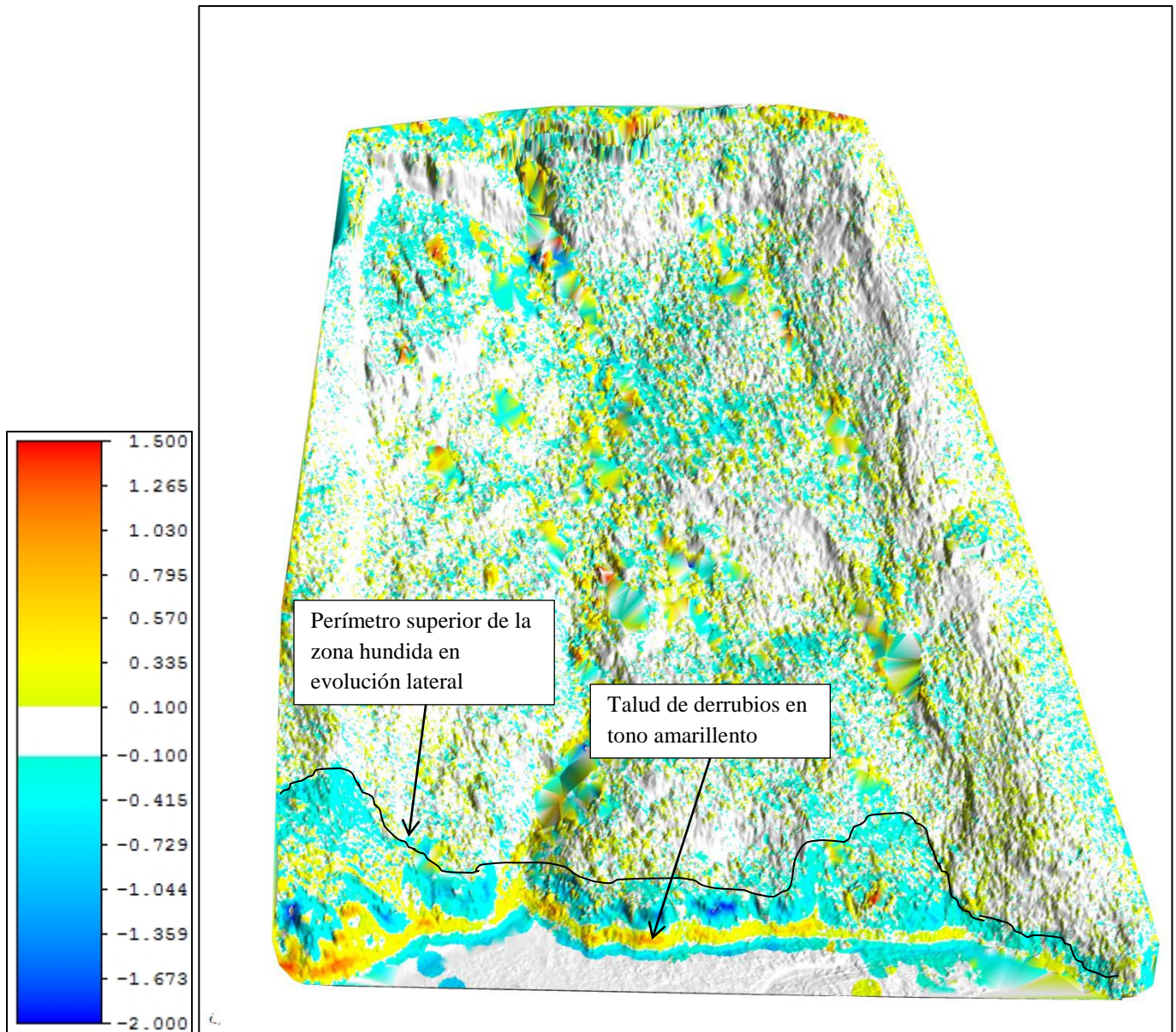


Figura 22 Movimiento de ladera: Borincho. Comparación del modelo de 04/2012 respecto al de 06/2010

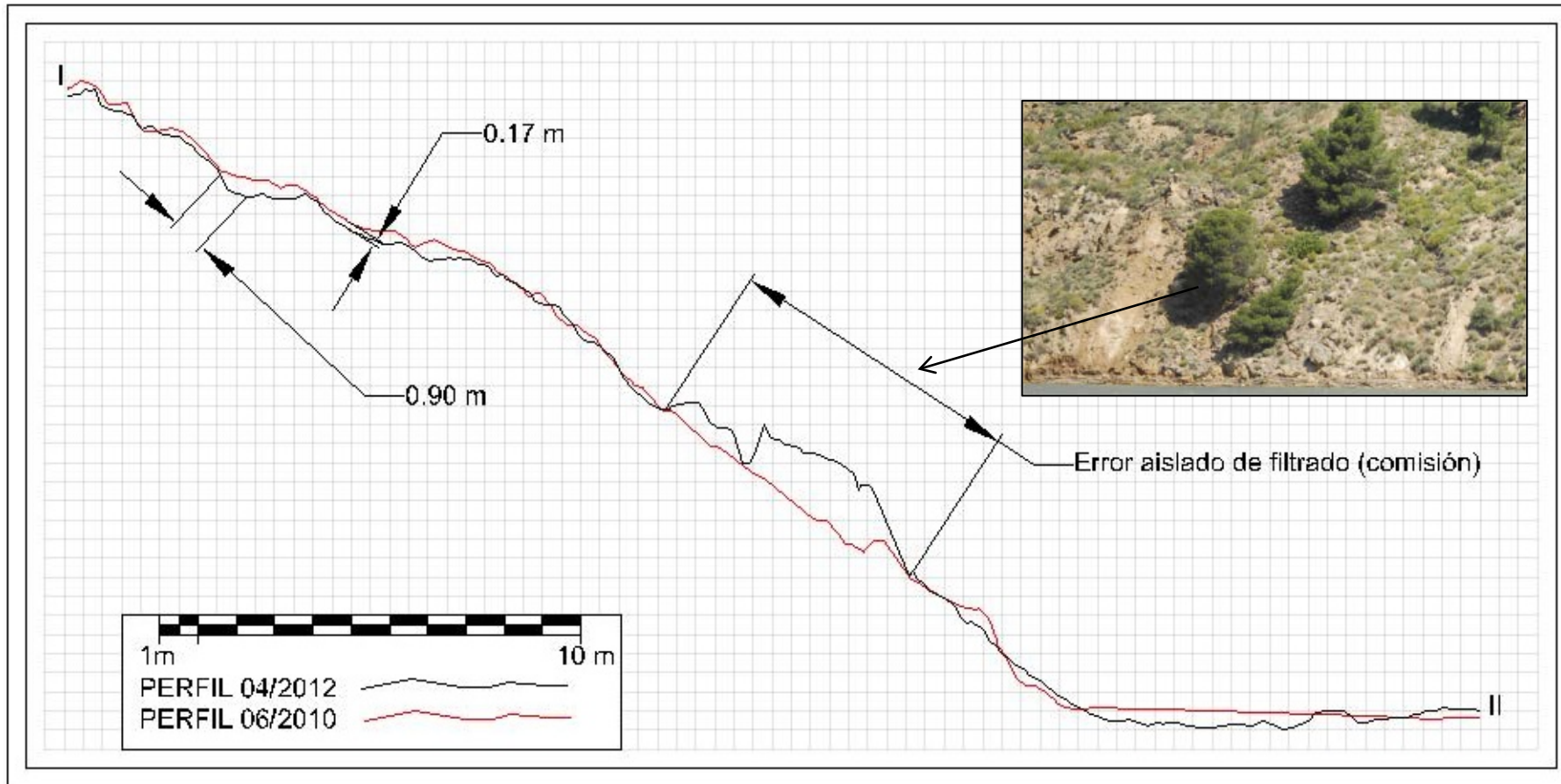


Figura 23 Movimiento de ladera: Borincho. Perfiles de 06/2010 y 04/2012 en la dirección de la traza I – II de la Figura 20

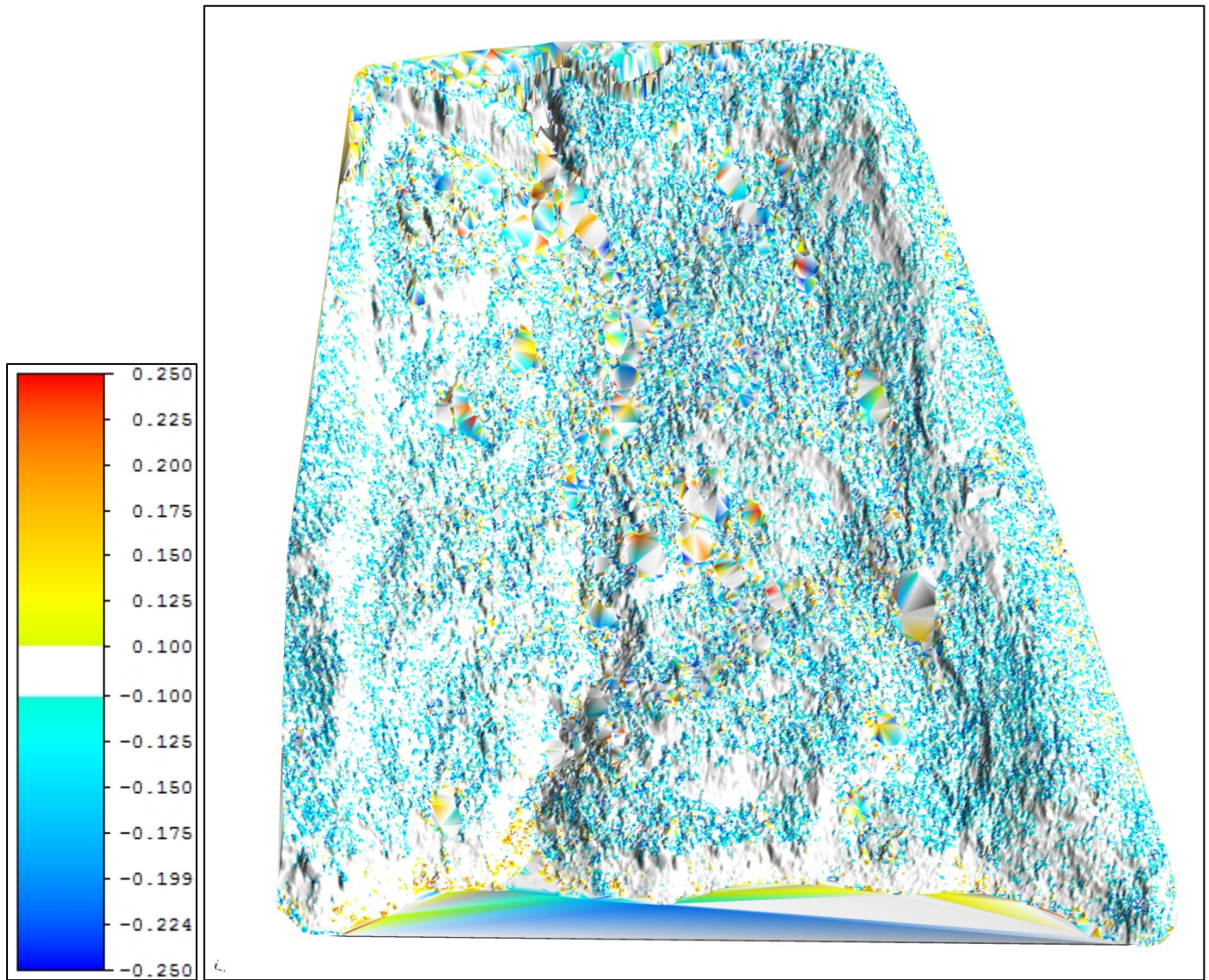


Figura 24 Movimiento de ladera: Borincho. Comparación del modelo de 11/2012 respecto al de 04/2012

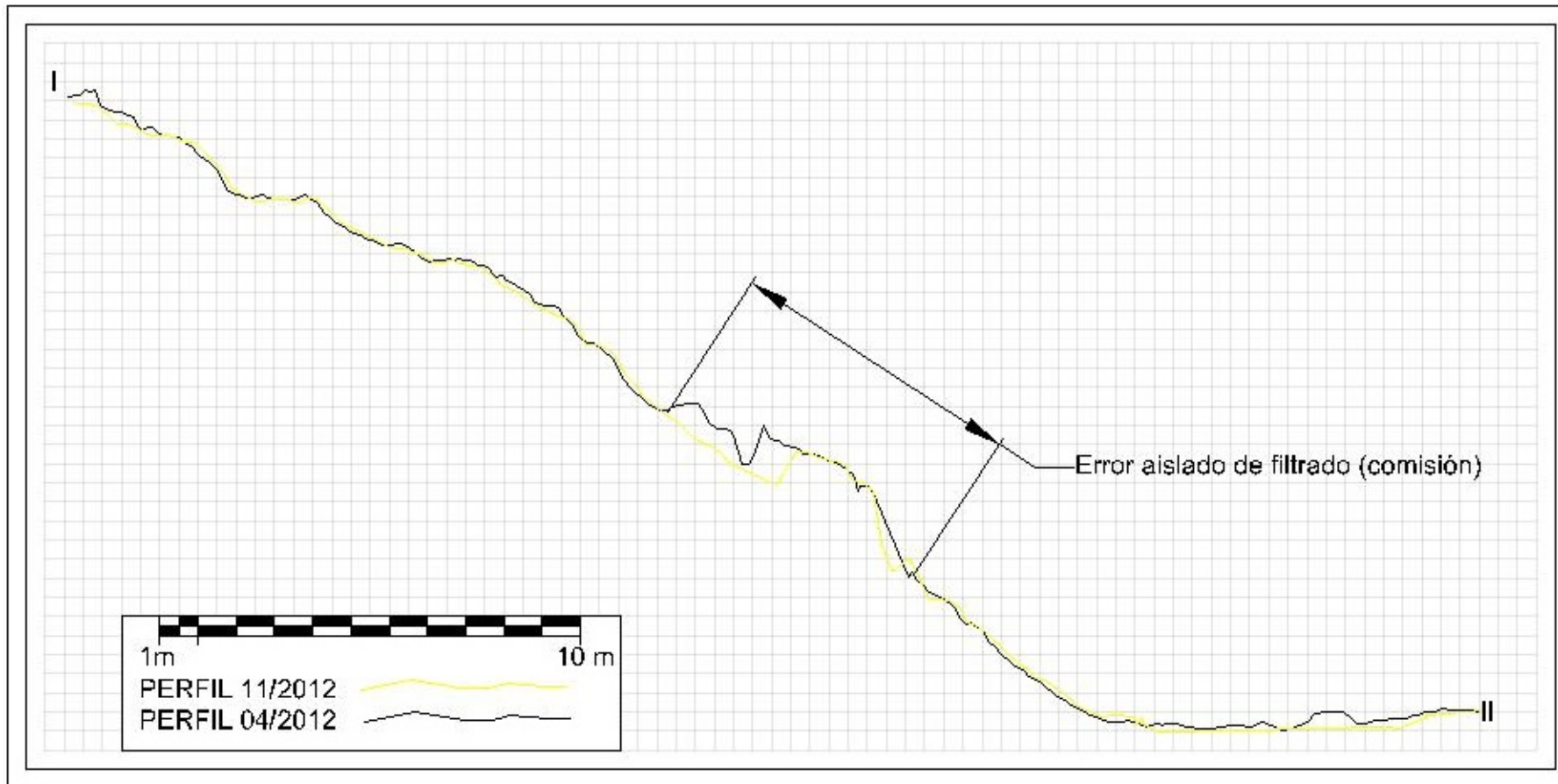


Figura 25 Movimiento de ladera: Borincho. Perfiles de 04/2012 y 11/2012 en la dirección de la traza I – II de la Figura 20

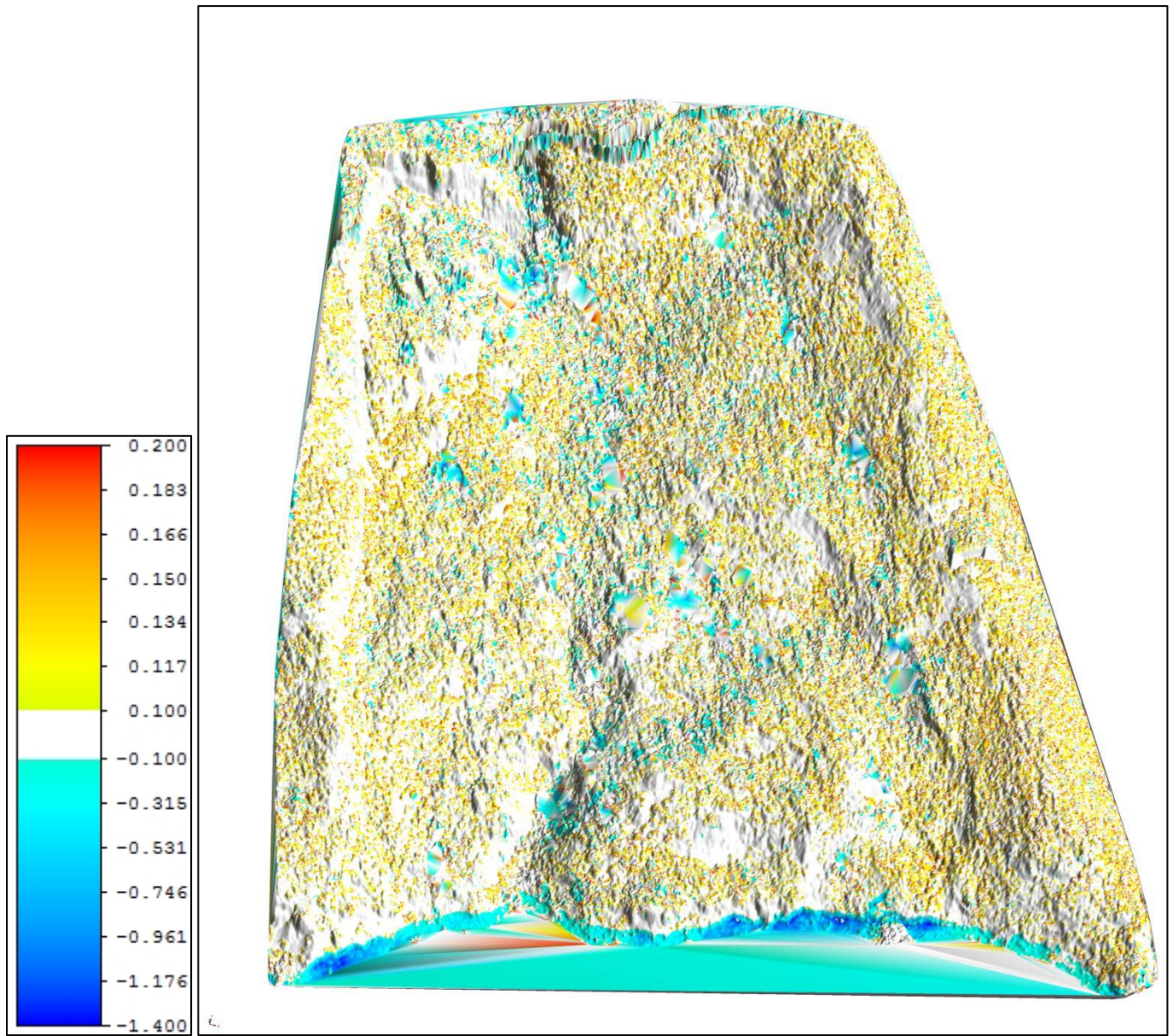


Figura 26 Movimiento de ladera: Borincho. Comparación del modelo de 05/2013 respecto al de 11/2012

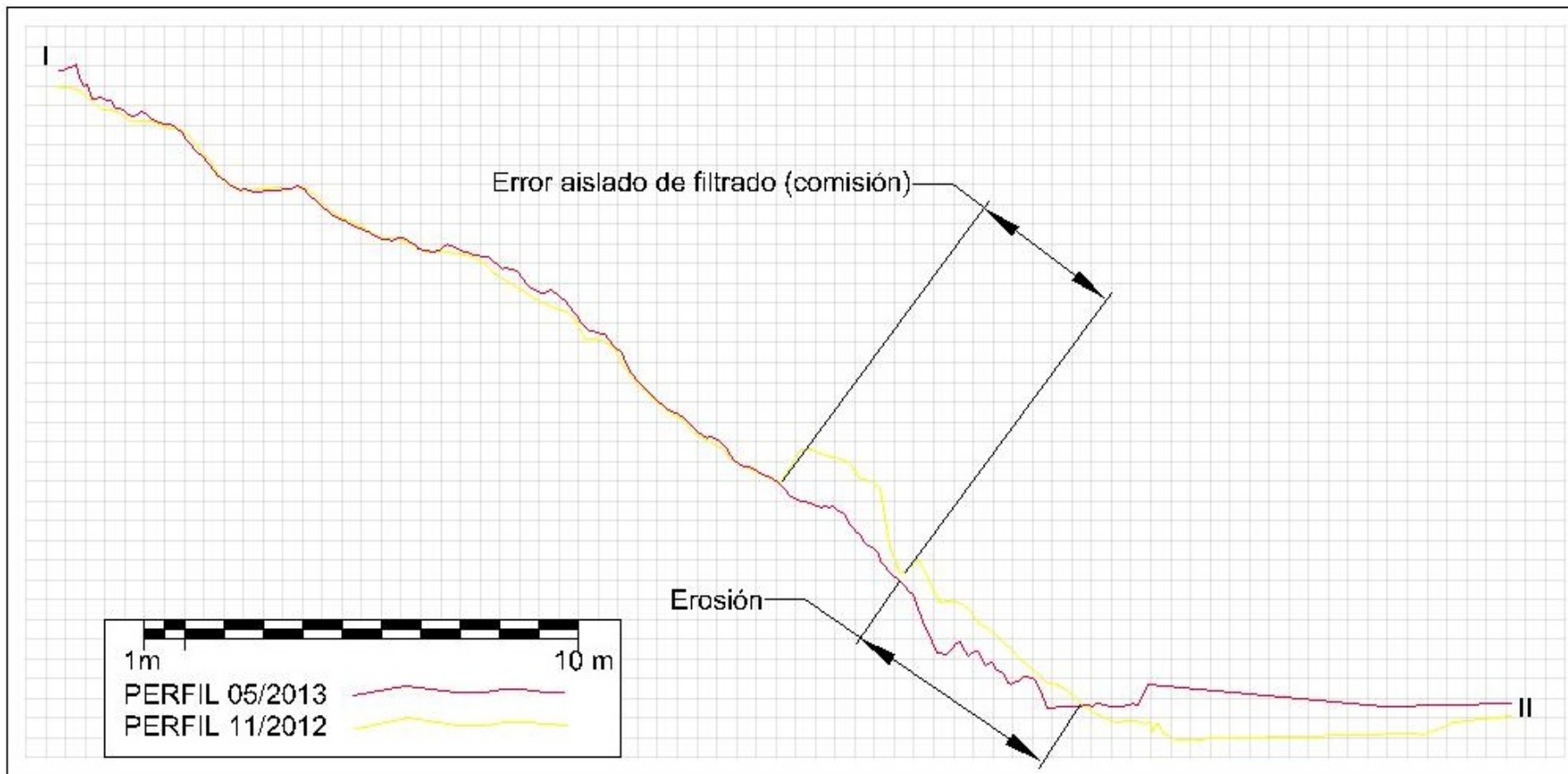


Figura 27 Movimiento de ladera: Borincho. Perfiles de 11/2012 y 05/2013 en la dirección de la traza I – II de la Figura 20

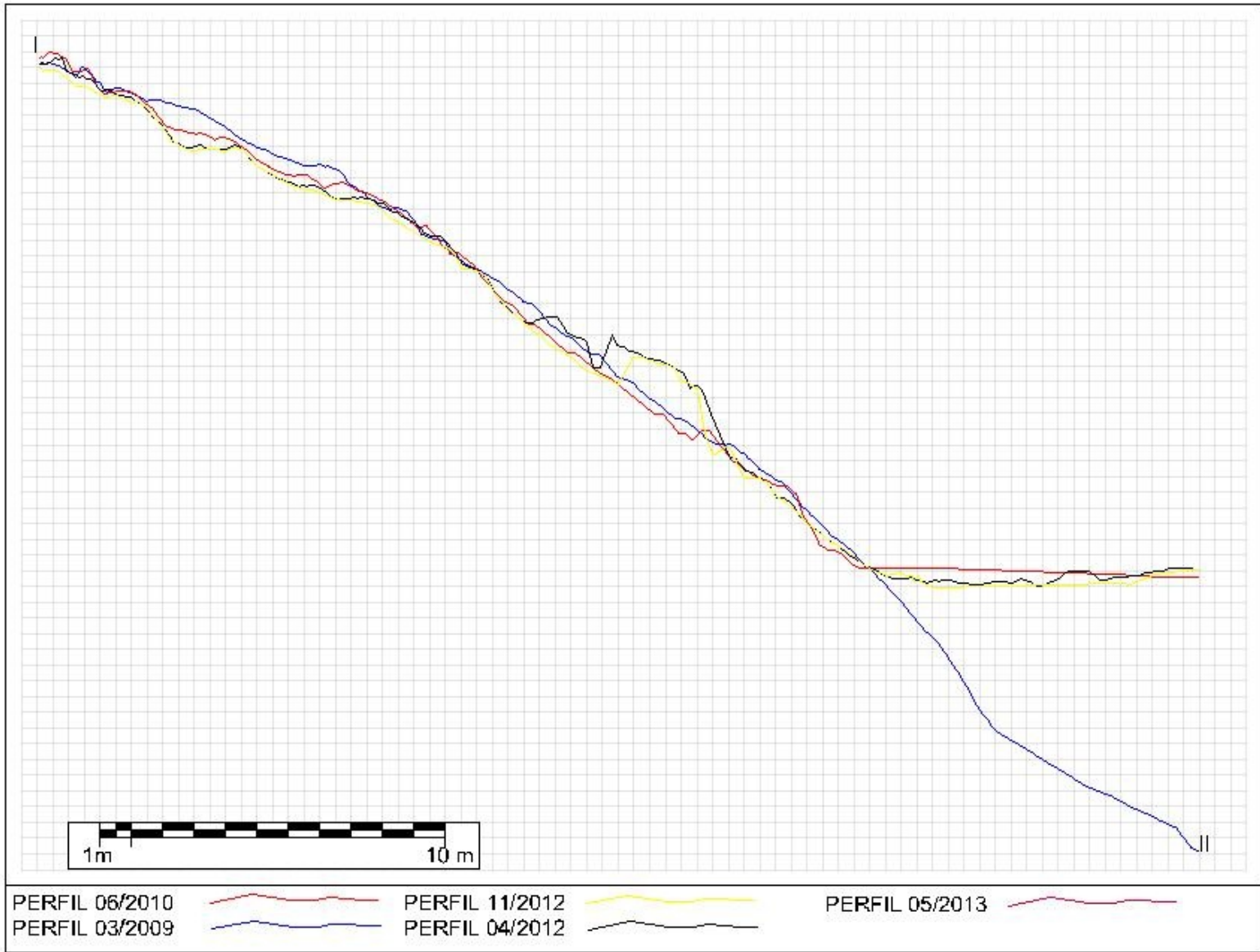


Figura 28 Movimiento de ladera: Borincho. Perfiles de 06/2009 a 05/2013 en la dirección de la traza I – II de la Figura 20

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL “PUENTE VIEJO”

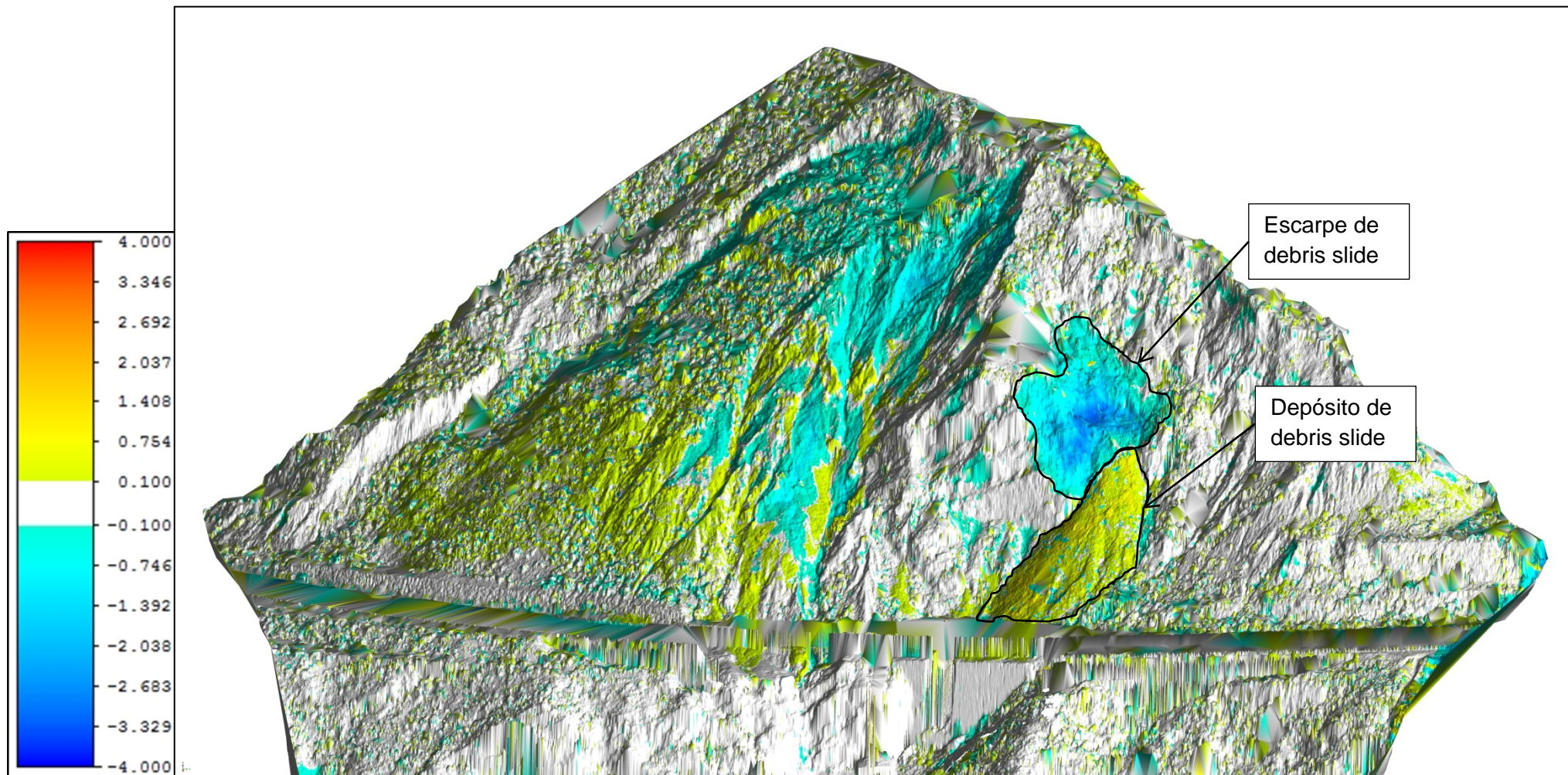


Figura 29 Movimiento de ladera: Puente viejo. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 05/2009

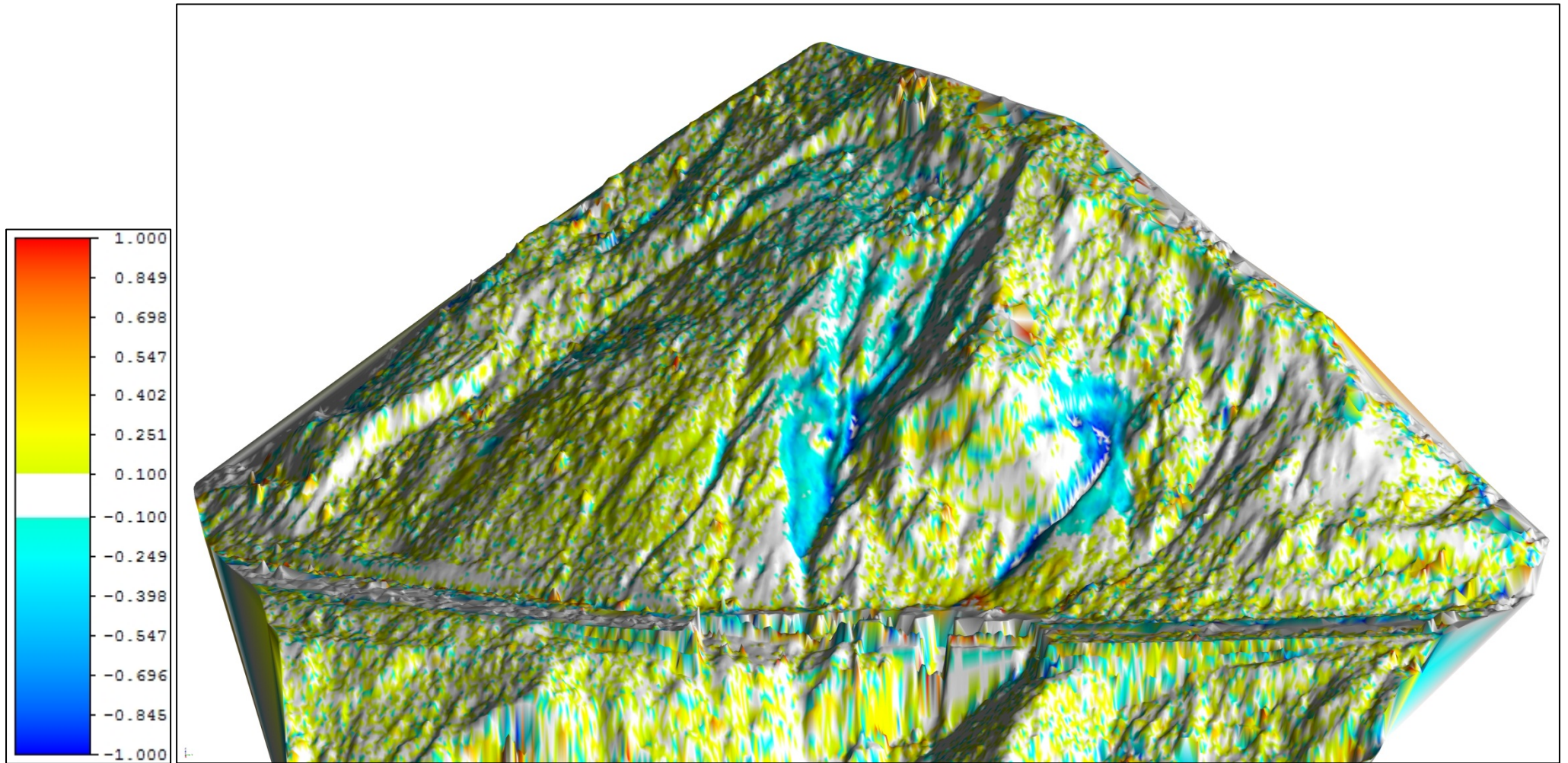


Figura 30 Movimiento de ladera: Puente viejo. Comparación del modelo de 04/2012 respecto al de 06/2010

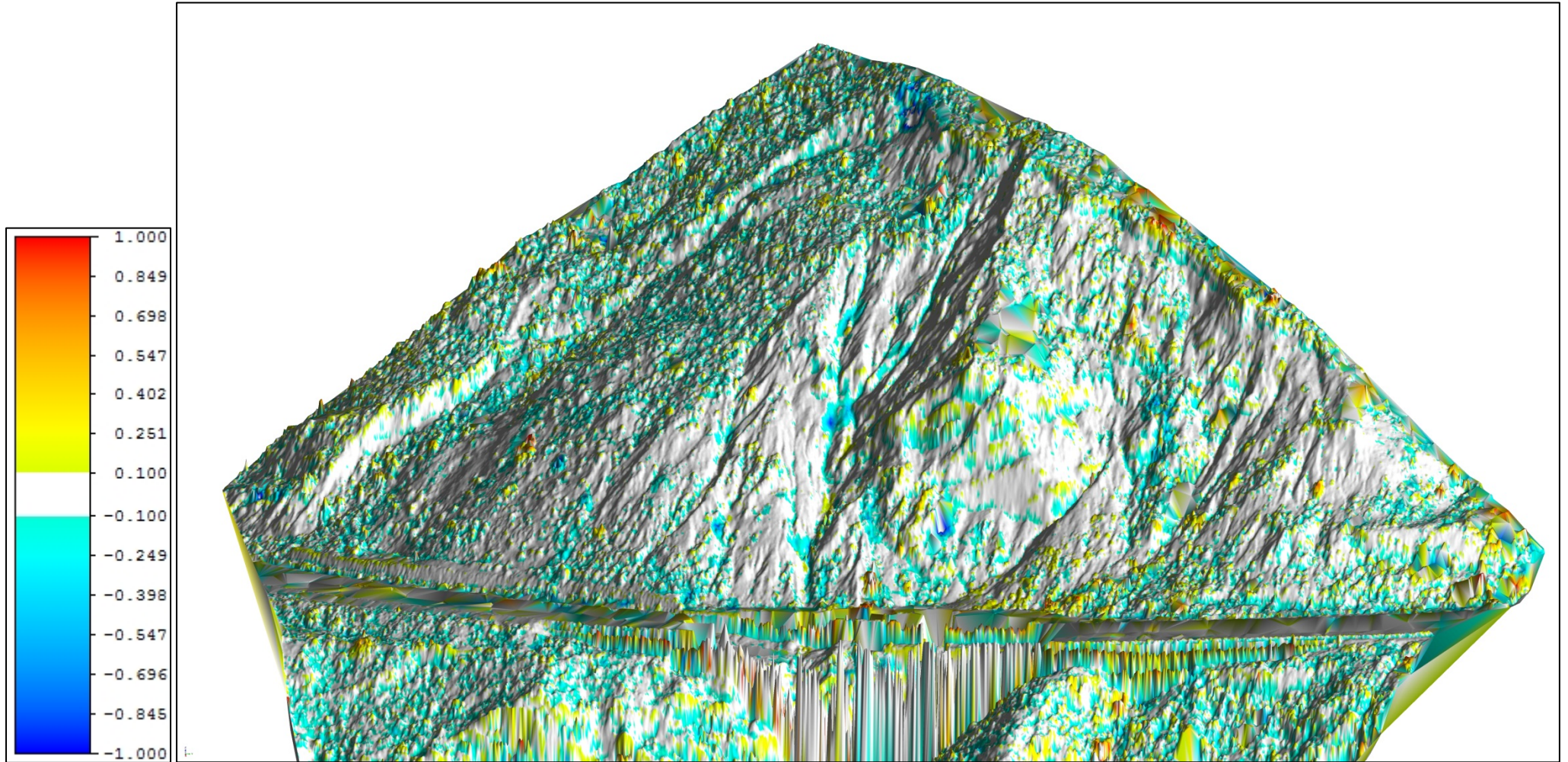


Figura 31 Movimiento de ladera: Puente viejo. Comparación del modelo de 11/2012 respecto al de 04/2012

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL “CHUCA”

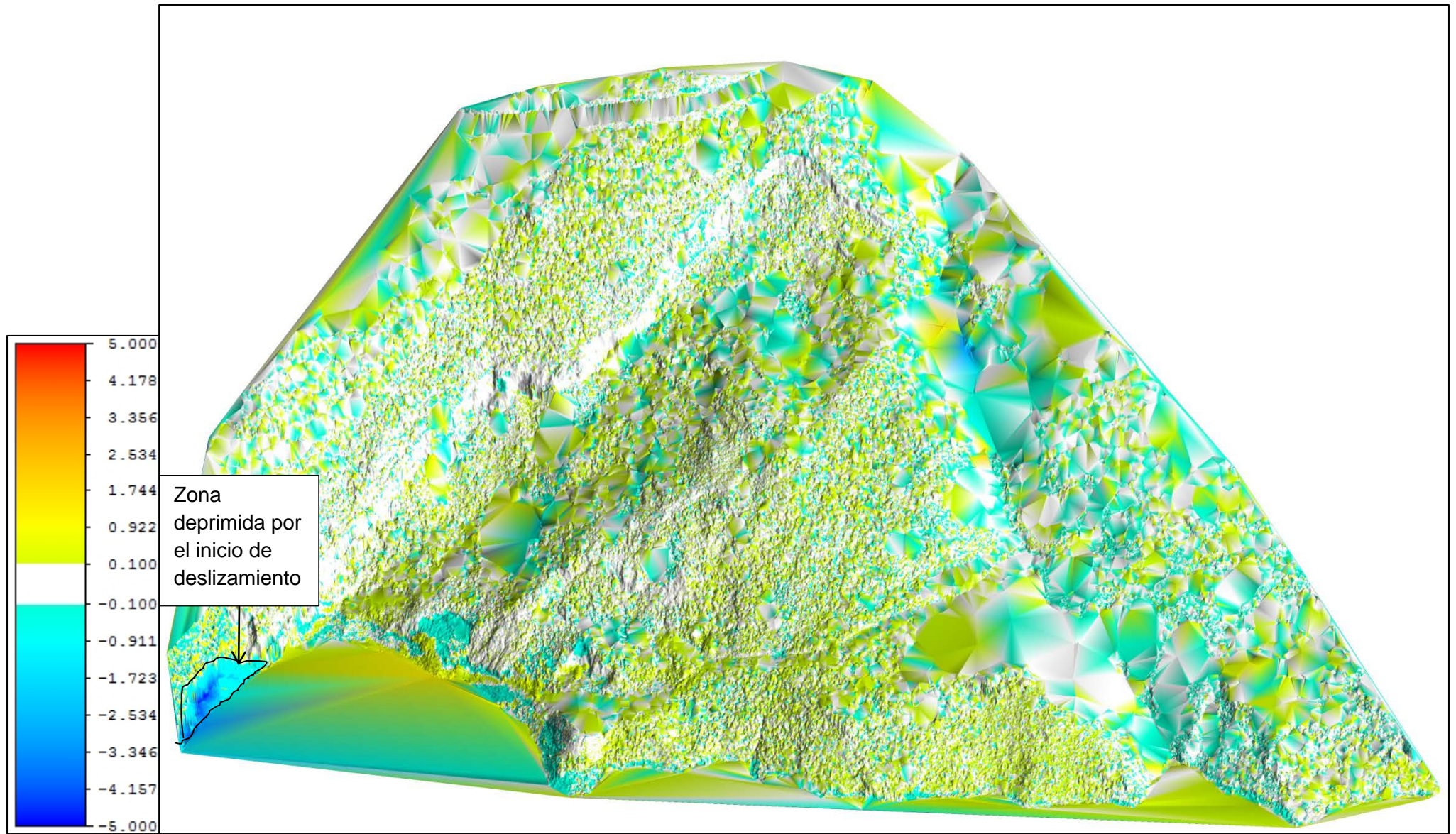


Figura 32 Movimiento de ladera: Chuca. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 12/2009

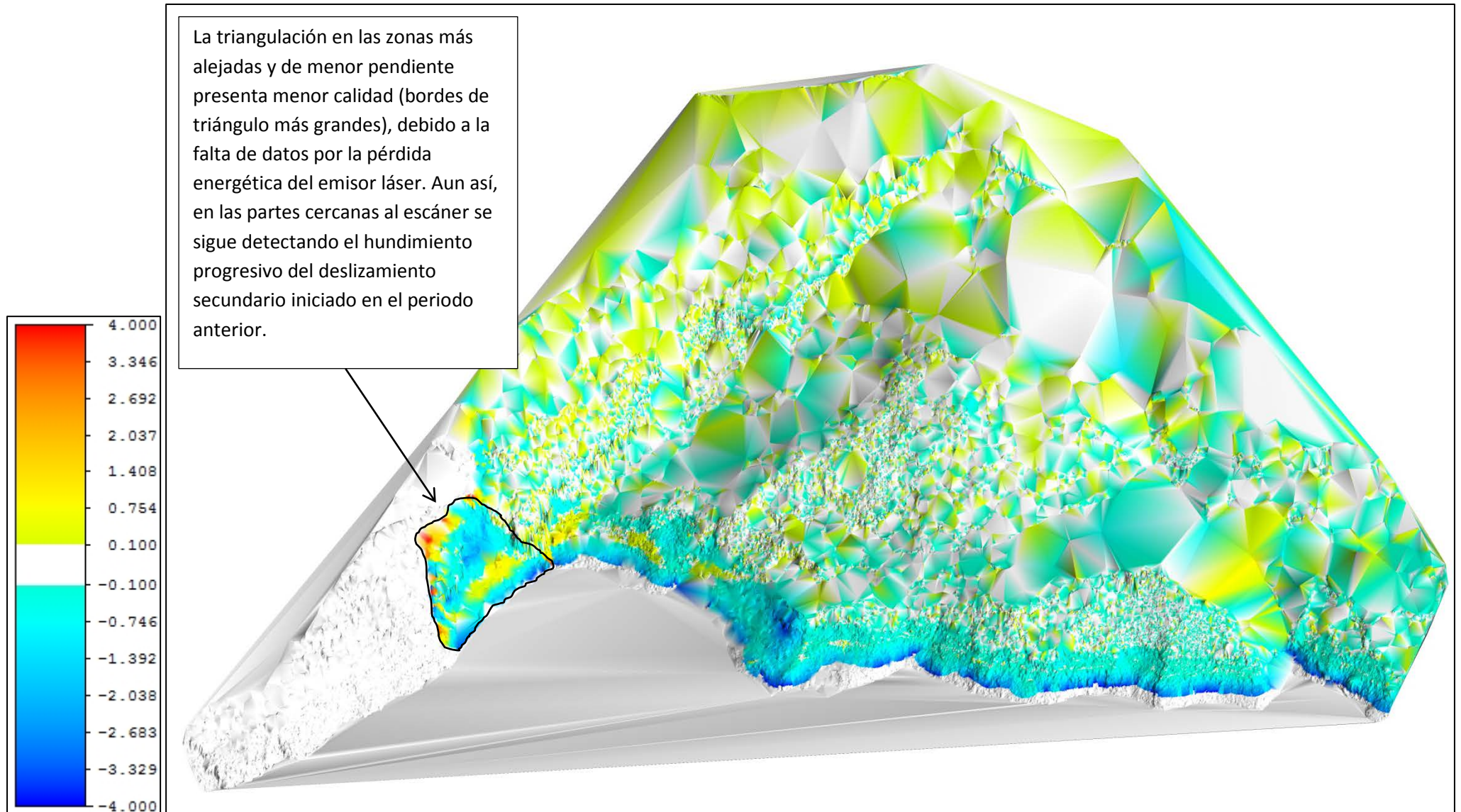


Figura 33 Movimiento de ladera: Chuca. Comparación del modelo de 09/2011 respecto al de 06/2010

La pérdida de calidad del escaneo de 2011 respecto a los demás hace que aparezcan algunos artefactos no relacionados con procesos de movimientos en masa, como la alternancia de bandas azuladas y amarillentas que aparecen la mayor parte de la zona clasificada dentro del movimiento principal.

Abajo se observa un área congruente azulada, la cual expresa la continuación de la subsidencia del deslizamiento secundario.

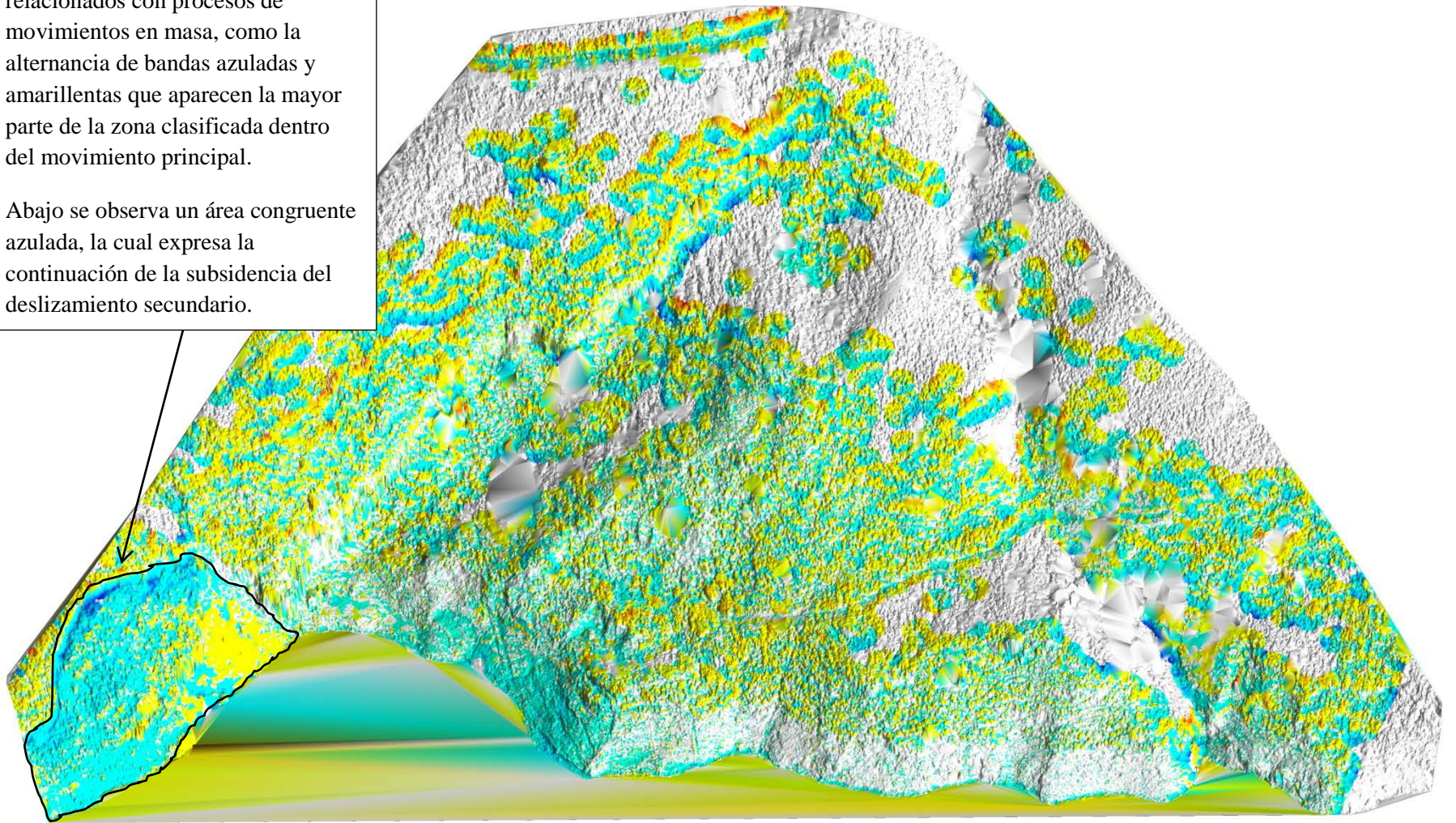
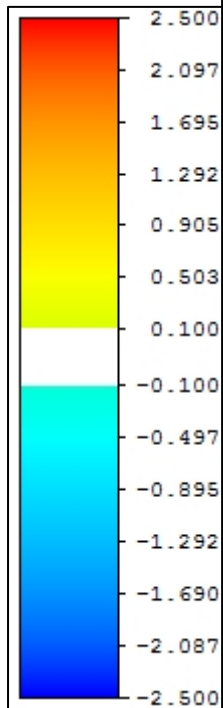


Figura 34 Movimiento de ladera: Chuca. Comparación del modelo de 04/2012 respecto al de 09/2011

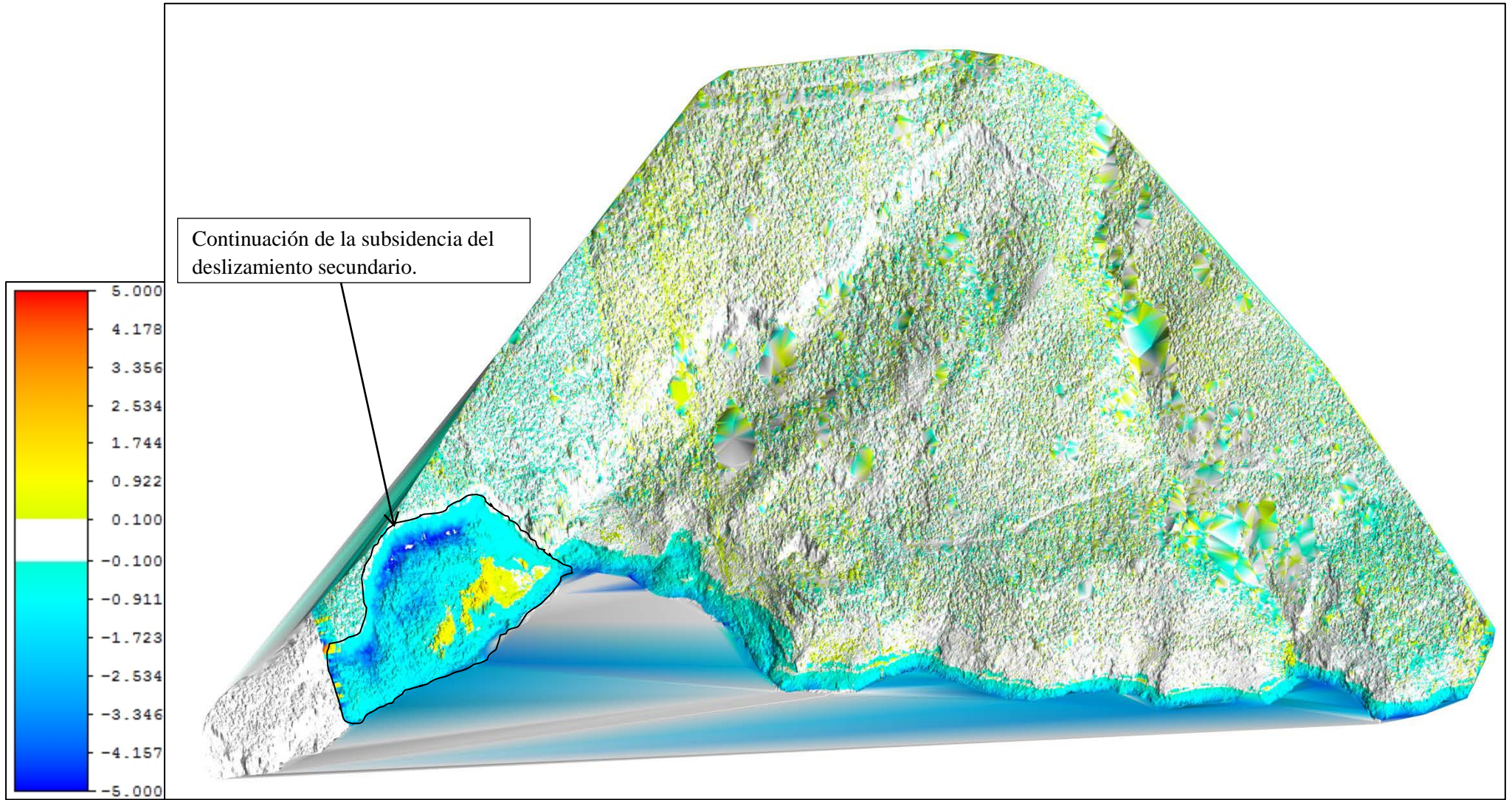


Figura 35 Movimiento de ladera: Chuca. Comparación del modelo de 11/2012 respecto al de 04/2012

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL “ÓRGIVA”

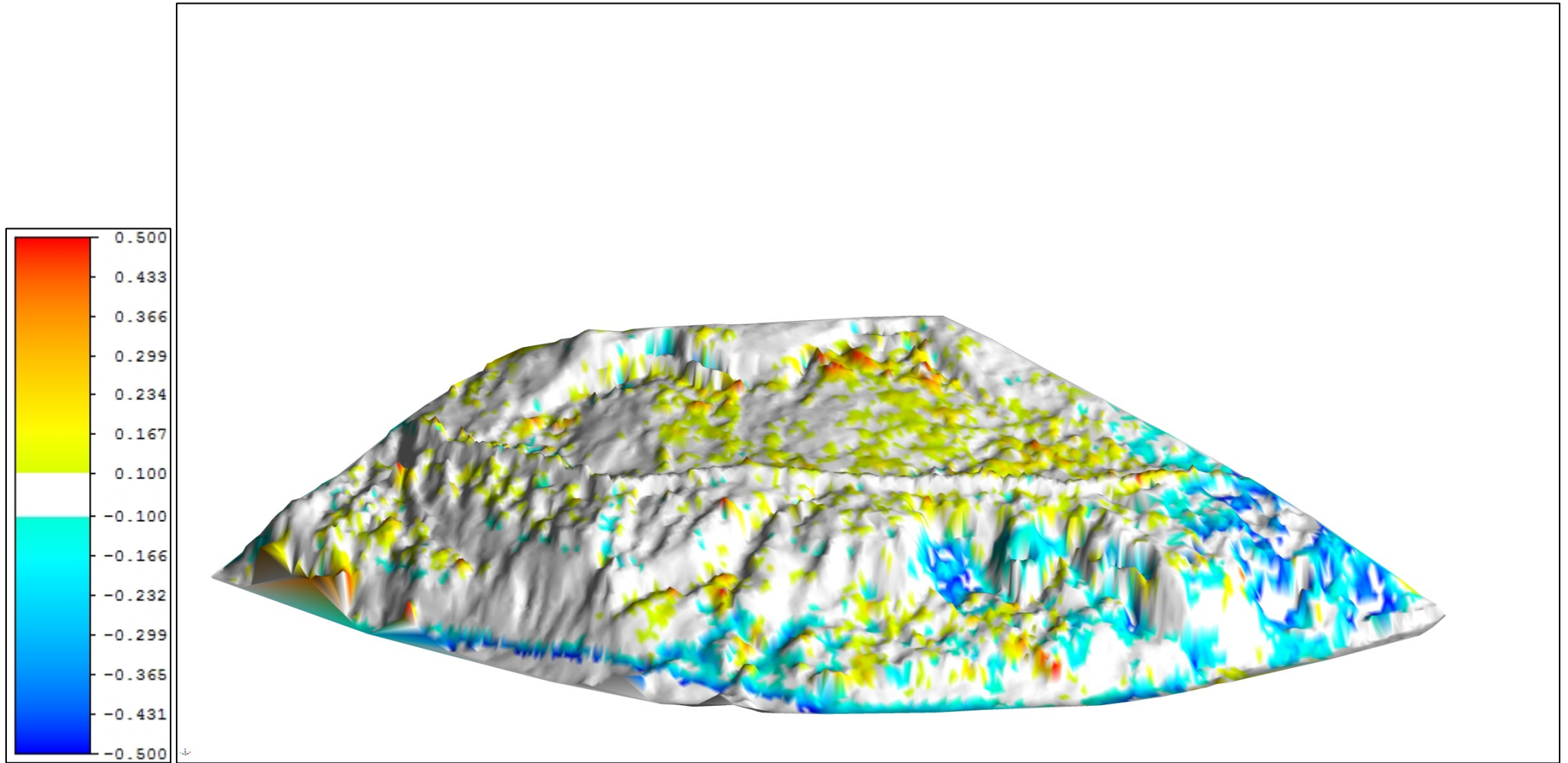


Figura 36 Movimiento de ladera: Órgiva. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 10/2009

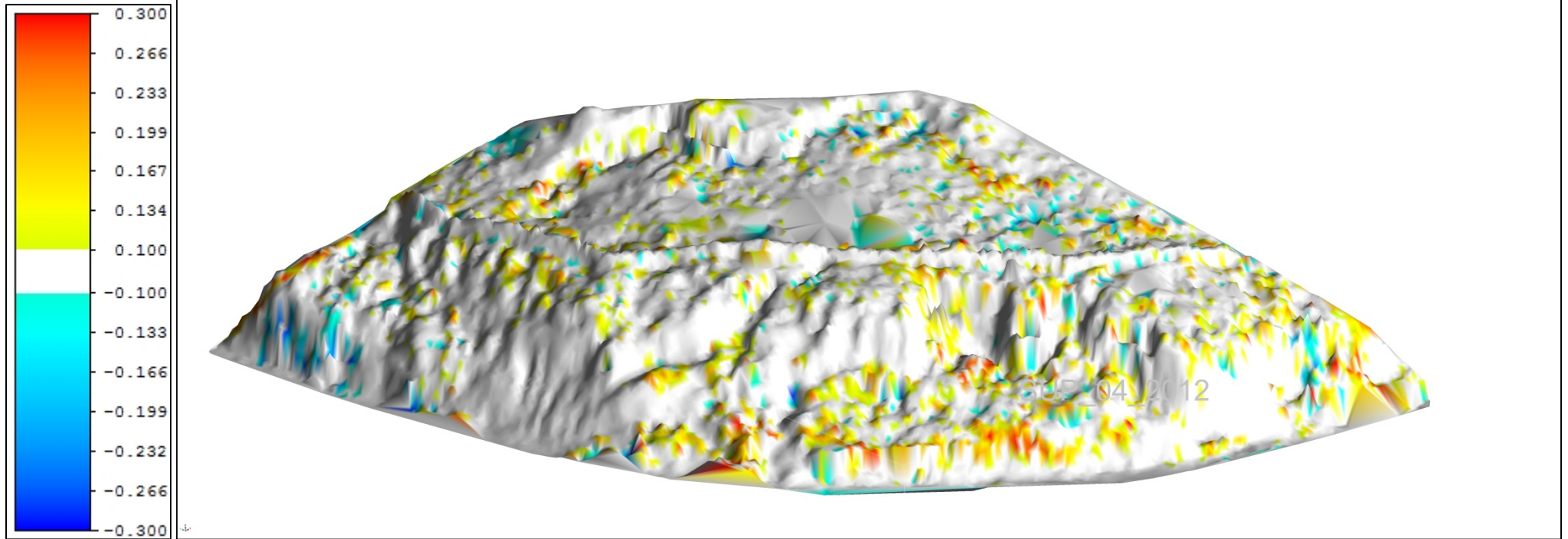


Figura 37 Movimiento de ladera: Órgiva. Comparación del modelo de 04/2012 respecto al de 06/2010

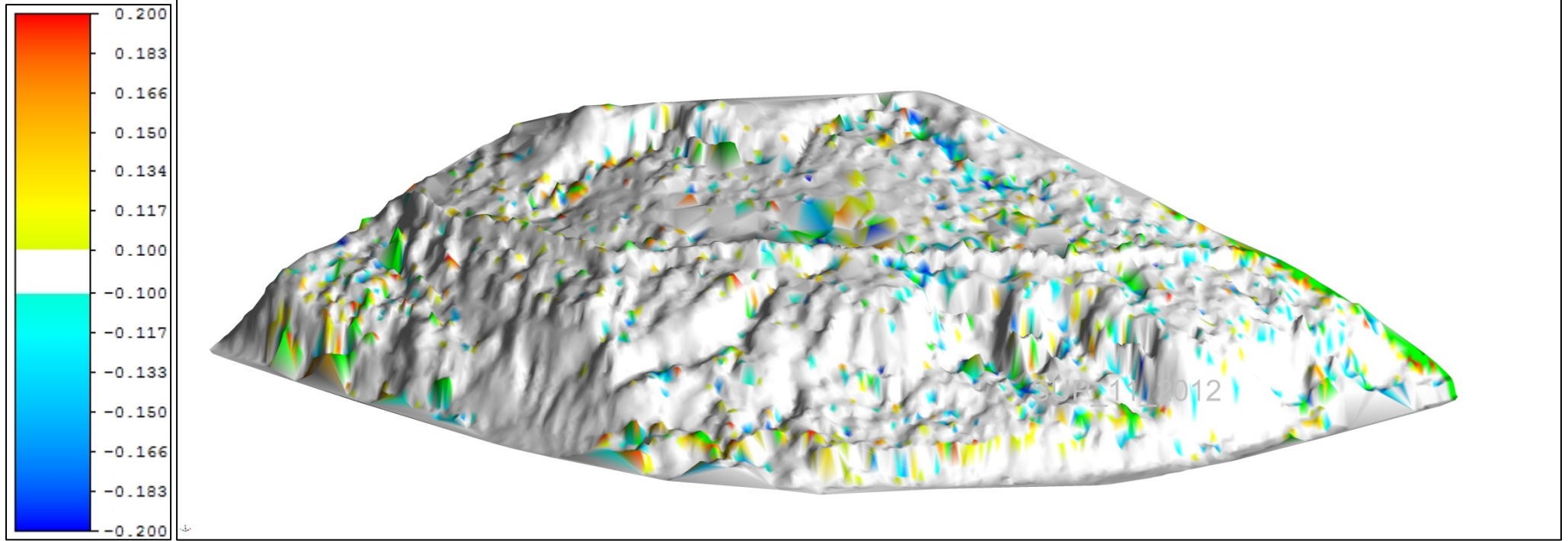


Figura 38 Movimiento de ladera: Órgiva. Comparación del modelo de 11/2012 respecto al de 04/2012

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL “LANJARÓN”

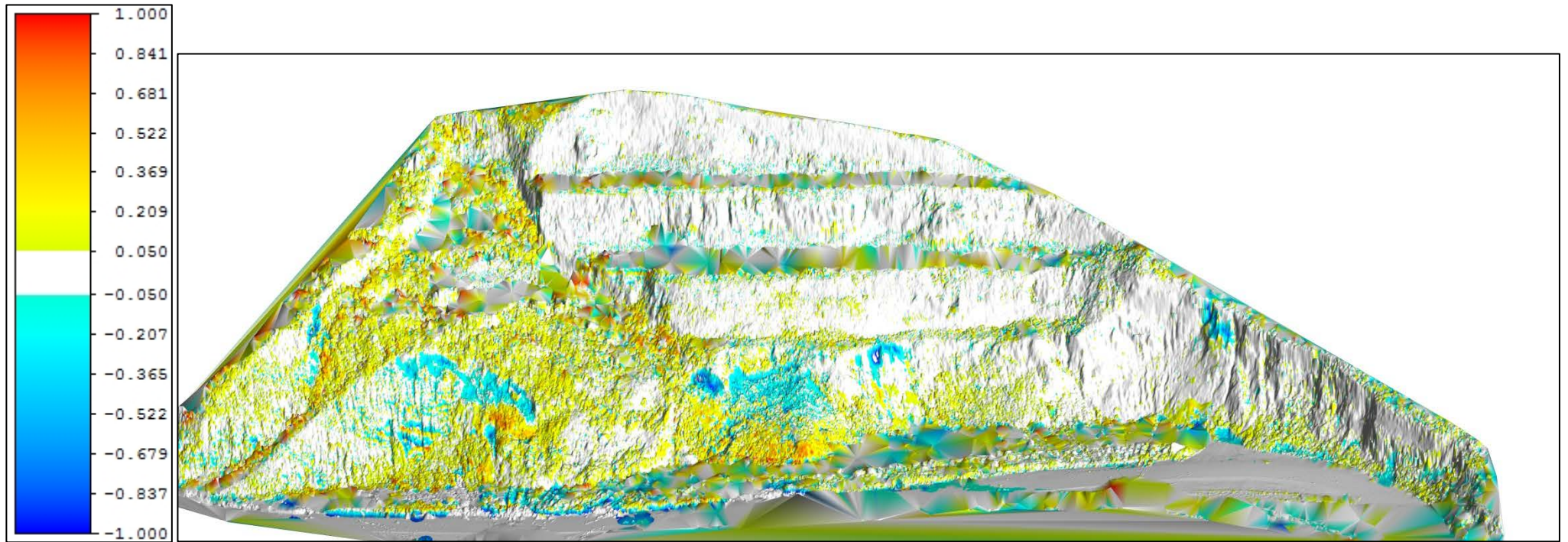


Figura 39 Movimiento de ladera: Lanjarón. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 02/2010

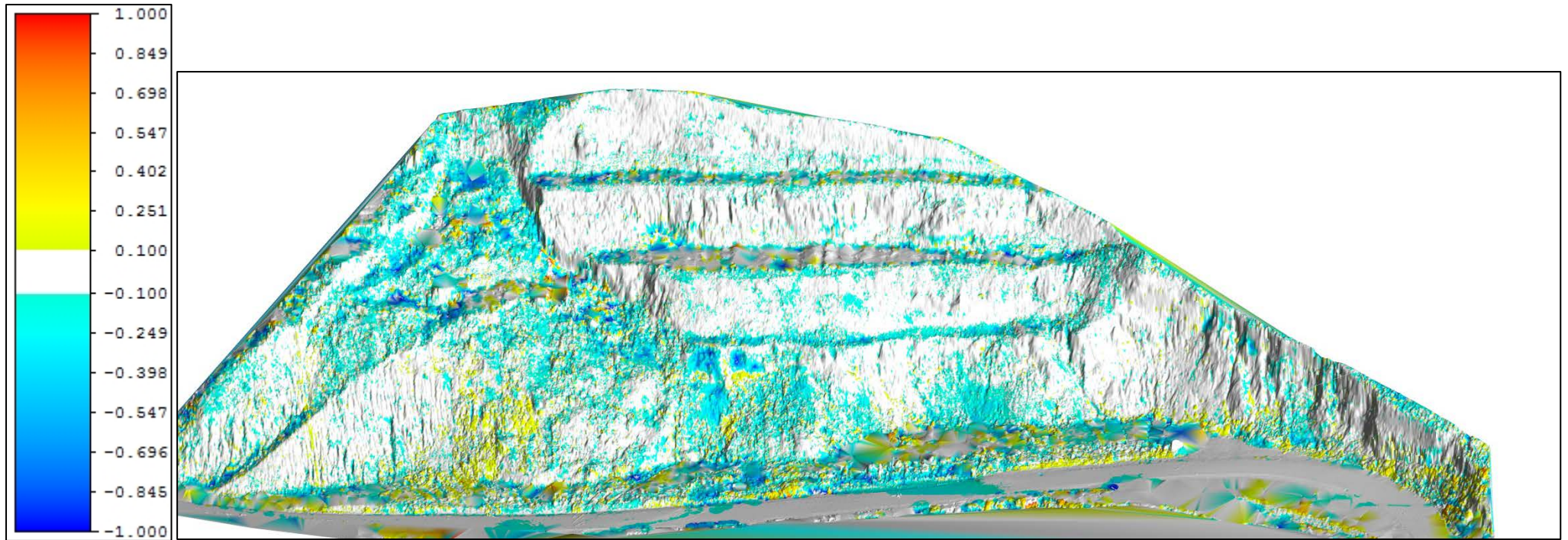


Figura 40 Movimiento de ladera: Lanjarón. Comparación del modelo de 04/2012 respecto al de 06/2010

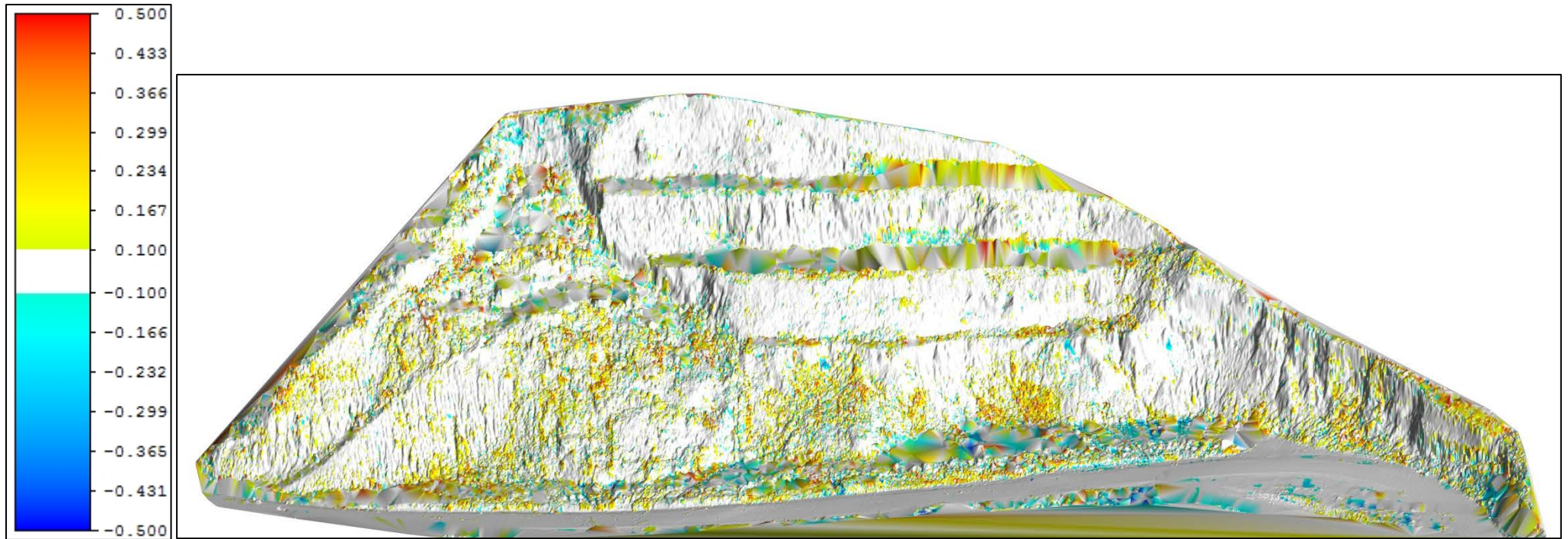


Figura 41 Movimiento de ladera: Lanjarón. Comparación del modelo de 11/2012 respecto al de 04/2012

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL “*BUDAS*”

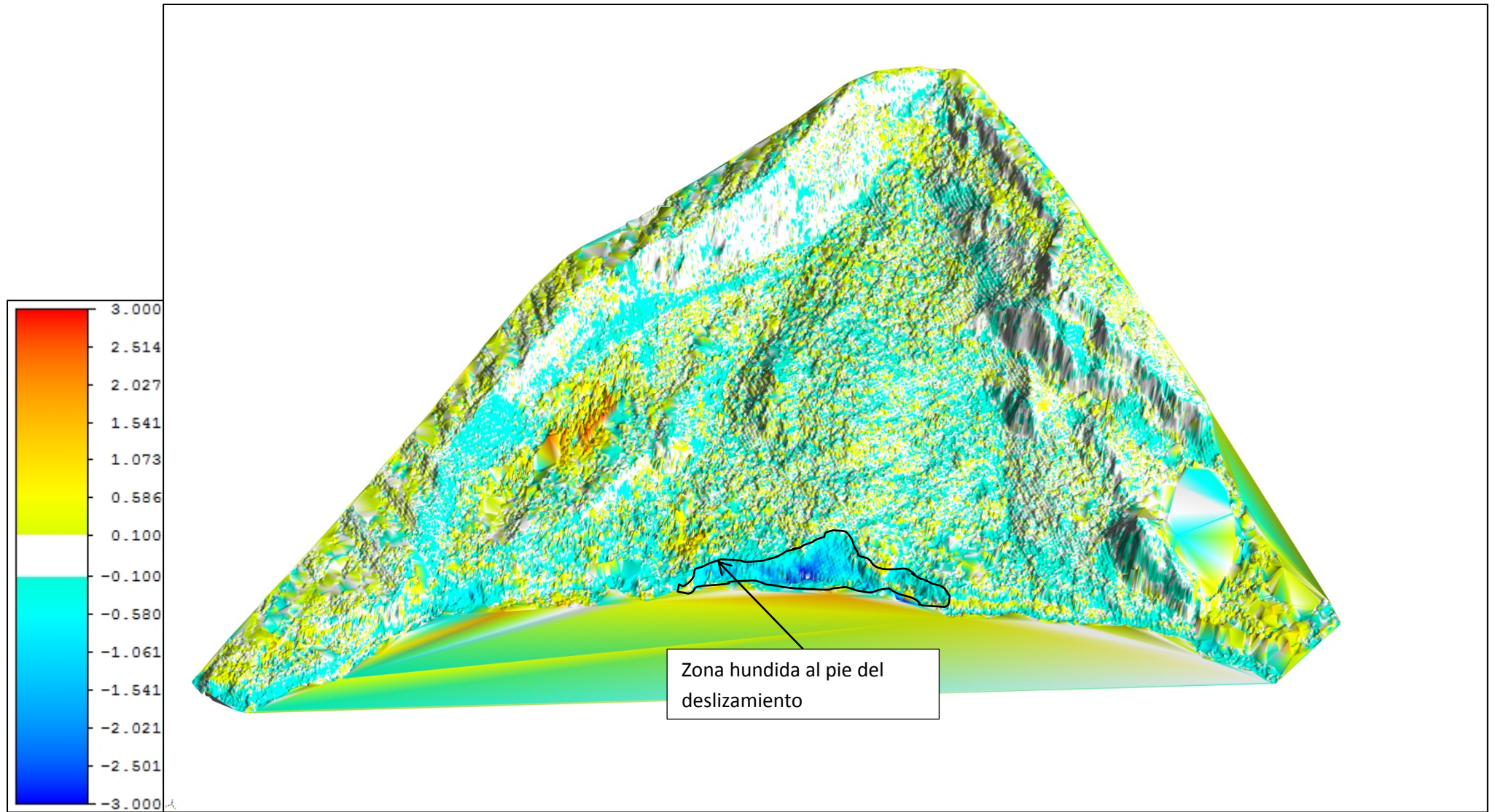


Figura 42 Movimiento de ladera: Budas. Comparación del modelo de 06/2010 respecto al de 06/2009

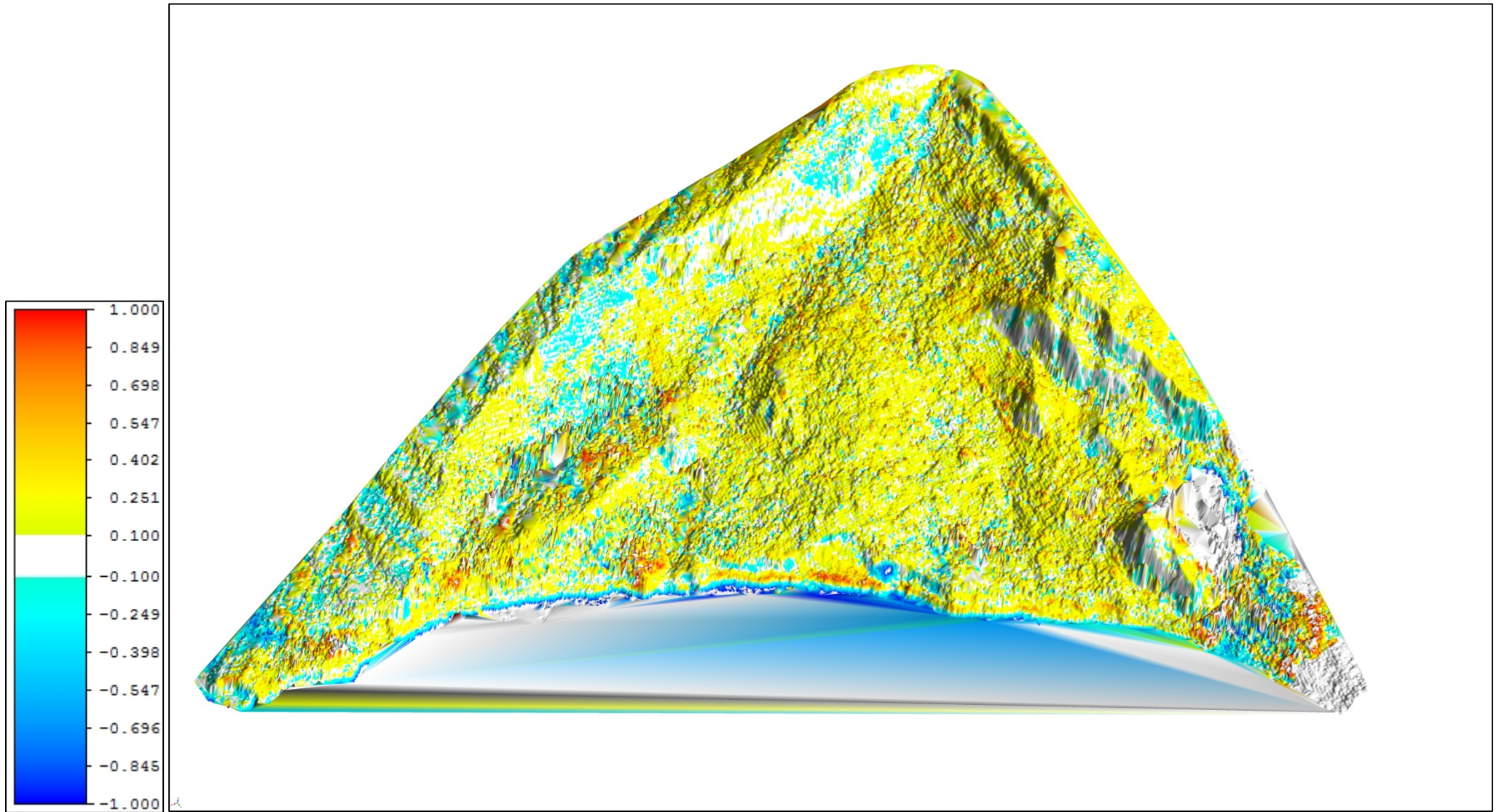


Figura 43 Movimiento de ladera: Budas. Comparación del modelo de 05/2012 respecto al de 06/2010

ANEXO III

Descripción de los Eventos de Movimientos de Ladera Documentados

TABLAS RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EVENTOS DE
MOVIMIENTOS DE LADERA CATALOGADOS

ID EVENTO	PAGS.	DESCRIPCIÓN	OBSERV.	FECHA EVENTO	FECHA. PUBLI.	LOCALIZACIÓN	X ETRS89	Y ETRS89	ERROR RADIAL (m)	FUENTE
31	6	Carretera cortada Torvizcón - Órgiva por desprendimientos y rotura de un puente		03/02/1996	27/02/1996	A -348 Torvizcón-Órgiva	Tramo			Hemeroteca Ideal.
39		Deslizamiento		31/01/1997		N-323, Área de Miriñaque	454944	4082880		Irigaray 2000
42		Colapso de uno de los carriles.		25/12/1996		N-323, km 171	453687	4083478	500	Irigaray 2000
44	1,8	Movimiento del terreno en el cementerio de Guájjar Faragüit		04/01/1997	05/01/1997	Guájjar Faragüit	448492	4077437		Hemeroteca Ideal
45	1,5,14	Pág. 1: “La Alpujarra aislada por la nieve y los desprendimientos ”. “Las localidades afectadas son Pampaneira, Bubión, Capileira, La Tahá, Pórtugos, Busquístar y Trevélez”. Pág. 5: “ La entrada por Órgiva a Pampaneira tiene varios cortes, el peor de ellos en las cercanías de Pampaneira . Dicho corte, según Obras Públicas, estará arreglado dentro de varios meses. Además, las salida por Trevélez está bloqueada por la nieve y las placas de hielo, a lo que hay que unir otro corte en Bérchules.”. “Las lluvias han provocado también cortes de carretera locales que han dejado incomunicados los núcleos de Capileira y Ferreirola, donde se ha hundido un Puente [...]”.	Resumen de zonas afectadas sin localizaciones aproximadas	06/01/1997	06/01/1997	Paraje de la Fuente de El Pontillón (Pampaneira)	467337	4088032		Hemeroteca Ideal

ID EVENTO	PAGS.	DESCRIPCIÓN	OBSERV.	FECHA EVENTO	FECHA. PUBLI.	LOCALIZA- CIÓN	X ETRS89	Y ETRS89	ERROR RADIAL (m)	FUENTE
45	1,3-7, 17,36	Valoración pérdidas. Pág. 1: “[...] siete municipios de la Alpujarra alta continuaban prácticamente aislados debido a un desprendimiento de tierra que ha sepultado la carretera que une Órgiva y Pampaneira .” Pág. 3: “La carretera Órgiva – Pampaneira...se encontraba cortada por desprendimientos de tierra de gran magnitud. Parte del trazado del acceso principal a Pampaneira ha desaparecido, literalmente, al quedar sepultado por un alud de tierra.” Pág. 5: “Un monumental desprendimiento de tierras y rocas ha sepultado la calzada <i>a la altura del paraje conocido como Fuente del Pontillón</i> .” Pág. 3. “Récord precipitaciones en el valle del Guadalfeo con más de mil litros en 21 días ”. La página 6 contiene descripciones de acontecimientos en diferentes carreteras así como 4 fotografías de estos y otros movimientos.	Finalmente la localización de la Fuente de El Pontillón fue localizada mediante una capa de puntos toponímicos y la visualización en Google Earth		07/01/1997					Hemeroteca Ideal
45	1,3-9	Recorrido por la catástrofe. Pág. 6: Imagen desprendimiento de Pampaneira y listado de carreteras cortadas. En la misma página se describe de forma aproximada la localización: “[...] gran desprendimiento del monte sobre la carretera, a unos cientos de metros de Pampaneira [...]”.			08/01/1997					Hemeroteca Ideal
45	6,33	Pág. 6: figura del corte de acceso al Brco. Poqueira por el gran desprendimiento. Pág. 33: se refiere a la predicción lluvia-sequia debido al fenómeno del ENSO (Niño y Niña) por investigadores de la Universidad de Barcelona que estudian la interrelación del fenómeno meteorológico del Pacífico Sur y el clima de España. Tras un periodo entre 3 meses a un año pasado el fenómeno de la Niña de carácter fuerte se esperan periodos de lluvias intensas.			16/01/1997					Hemeroteca Ideal
45		Volumen: 100 metros cúbicos	Descriptor de la magnitud del movimiento							Irigaray 2000

ID EVENTO	PAGS.	DESCRIPCIÓN	OBSERV.	FECHA EVENTO	FECHA. PUBLI.	LOCALIZACIÓN	X ETRS89	Y ETRS89	ERROR RADIAL (m)	FUENTE
45		“Desprendimientos, grietas y hundimientos en el paraje de El Pontillón [...]”	No se especifica el inicio de los hundimientos, si bien será antes del 30 de Enero de 2010.	30/01/2010	30/01/2010					Hemeroteca digital Ideal.
45		“Grietas, socavones y desprendimientos en una zona de la carretera del Barranco de Poqueira [...]”. “Se han acentuado en los últimos días los desprendimientos de tierra y rocas, las grietas que surcan la vía, los socavones y hundimientos [...]”. “Se podría surcar la carretera, como pasó hace unos lustros [...]”	REACTIVACIÓN		09/02/2010					Hemeroteca digital Ideal.
49	7	Tajo de 200 m de alto x 50 de ancho a punto de sepultar Albuñuelas. Evacuados el 2 de Enero de 1997. Varias fincas y sus cultivos se arrastran y caen desde una altura de 50 m acumulándose en el fondo del barranco.		02/01/1997	08/01/1997	Albuñuelas	443497	4086922	250	Hemeroteca Ideal
50	5	“El derrumbe de un talud entre los kilómetros 316 y 317 de la N-340 ha cortado el acceso a localidad de Almuñécar . El desprendimiento ha provocado una espectacular ondulación del asfalto [...] ”. (Posiblemente se refiere a un movimiento compuesto de deslizamiento planar + desprendimiento coalescente).	Por la profundidad bajo la carretera podría ser natural, si bien esta puede presentar menor resistencia que el macizo y moverse con facilidad	08/01/1997	09/01/1997	km 316-317 N-340 (Almuñécar)	439878	4066585		Hemeroteca Ideal
60	6	Desperfectos en la N-323 a la altura de Ízbor (km 171). “[...] el pasado Viernes se produjo otro desprendimiento de 150.000 metros cúbicos de tierra y piedras , que inundó el desvío provisional y provocó otro corte, cuando ya se anunciaba su apertura al tráfico. ”.	Continúa al menos hasta el día 27/01/1997	24/01/1997	30/01/1997	N-323, km 171 (Ízbor).	453687	4083478	500	Hemeroteca Ideal
60	5	Nuevos desprendimientos en la N-323. Km-171, frente a Ízbor. “El talud junto al que transcurre la vía en el kilómetro 171, frente a Ízbor, se ha desplomado sobre el carril habilitado en el lugar, en un punto que justamente ayer iba a ser devuelto al tráfico sin restricciones.”.		27/01/1997	28/01/1997	N-323, km 171 (Ízbor).				Hemeroteca Ideal
72		Desprendimiento en la única entrada a Soportújar		06/02/2009	07/02/2009	Entrada a Soportújar	464011	4087073		1. Hemeroteca digital Ideal. 2. www.soportujar.org

ID EVENTO	PAGS.	DESCRIPCIÓN	OBSERV.	FECHA EVENTO	FECHA PUBLI.	LOCALIZACIÓN	X ETRS89	Y ETRS89	ERROR RADIAL (m)	FUENTE
72		Soportújar continúa sufriendo deslizamientos de tierra y rocas por agua fluyente a través de un talud de la carretera.			10/02/2009					Hemeroteca digital Ideal
72		El delegado del Gobierno de la Junta, Jesús Huertas, y el titular de Obras Públicas, Jorge Rodríguez, visitaron Soportújar y deciden construir un muro de mampostería y la canalización y drenaje de las aguas con cargo a la Junta.			25/07/2009					Hemeroteca digital Ideal
74		“Un movimiento de ladera provocó ayer el corte al tráfico de la autovía A-7 en el tramo Albuñol-Adra.” “[...] ha afectado al estribo y a una pila del viaducto de La Alcazaba...”. “Descartamos que el movimiento se haya producido por la estructura, todo lo contrario, se trata de un deslizamiento natural de la tierra [...] brusco e imprevisible y desconocemos el origen”. Es el segundo desprendimiento importante: “El mismo día que se inauguró – el 26 de diciembre de 2007 – se cerró al tráfico dos de los diez kilómetros que se abrieron”.		30/01/2009	31/01/2009	A-7 Adra. Pilar viaducto La Alcazaba	492163	4067307		Hemeroteca digital Ideal
74		“La A-7 no sale del bache” “El pasado jueves, la mala fortuna –mientras no llegue la necesaria explicación técnica – solo se puede culpar al azar [...]”. “Un corrimiento de tierras afectó a un pilar del viaducto de la Alcazaba”			01/02/2009					Hemeroteca digital Ideal
78		Desprendimiento en talud de la N-340 que la cierra en su p.k. 310 a la entrada del túnel de la Punta de la Mona, desde las 13 a las 15 horas de esa mañana.		26/12/2009	26/12/2009	N-340 p.k. 310	435115	4066074		Hemeroteca digital Ideal
89		Desprendimientos de rocas sobre las viviendas y la carretera autonómica A 4050 en Otívar. “[...] últimos días, tras detectarse movimientos y deslizamientos en esta montaña de rocas.” “[...] hace unos días, los desprendimientos de rocas provocaron graves daños a los vehículos aparcados en la zona.”.		07/01/2010	07/01/2010	Otívar	439344	4074677	10	Hemeroteca digital Ideal

ID EVENTO	PAGS.	DESCRIPCIÓN	OBSERV.	FECHA EVENTO	FECHA. PUBLI.	LOCALIZACIÓN	X ETRS89	Y ETRS89	ERROR RADIAL (m)	FUENTE
94		“[...] la lluvia y el viento provocaron el deslizamiento de un tajo y desplome de gigantescas rocas sobre la pista forestal de las antiguas minas de Sierra Lújar . Éstas amenazan con desprenderse por una fuerte pendiente de cerca de un kilómetro de longitud , que carece de arbolado, para acabar en la carretera A-346 , que une las localidades de Órgiva y Vélez de Benaudalla.”	Por la orientación o línea directa hacia la carretera se piensa que se localiza en la parte alta de un cortafuego, además la caída sobre la pista o senda forestal se daría hacia la vertiente contraria a la de la carretera.	05/03/2009	06/03/2009	1 km hacia arriba en la pista forestal en dirección a las minas de Sierra de Lújar desde la carretera A-346.	462099	4080561	50	Hemeroteca digital Ideal
101				20/12/1996		C-333, km 53 (Órgiva-Albuñol). Ahora podría ser la entrada a Albuñol en la A-4131				Irigaray 2000
102				20/12/1996		C-451 Órgiva - Vélez de Benaudalla				Irigaray 2000
110		Colapso de uno de los carriles.		12/11/1996		N-323, Altura de Lanjarón	Tramo			Irigaray 2000
114				12/11/1996		Carretera entre Pitres and Bubión	Tramo			Irigaray 2000
153		Colapso de carretera N-323, km 175		01/01/1997		N-323, km 175	Tramos			Irigaray 2000
153	8	Se van abriendo grietas hasta producirse hundimiento de la calzada el día 04/01/1997. “[...] ayer destacó un desprendimiento que cortó dos de los tres carriles de la carretera de la Costa en Ízbor [...]”.	Los movimientos se hacen perceptibles a día 01/01/1997 y aumentan hacia el día 04/01/1997.		02/01/1997	10 km entre el 171 y 3l 181 en las cercanías de Ízbor, Acebuches y				Hemeroteca Ideal

ID EVENTO	PAGS.	DESCRIPCIÓN	OBSERV.	FECHA EVENTO	FECHA. PUBLI.	LOCALIZA- CIÓN	X ETRS89	Y ETRS89	ERROR RADIAL (m)	FUENTE
153	6	“El agua agrieta seis tramos de la carretera N-323 [...] grietas y hundimientos...Sólo en estos tramos, cuatro de los cuales se encuentran entre los kilómetros 171 y 181 de esa carretera, entre Ízbor y Vélez Benaudalla, los desprendimientos de piedras y tierra y el firme hundido han invadido completamente algún carril [...]. El punto kilométrico 171 registraba ayer dos puntos seriamente dañados . Si se transita desde Granada, en el primero una grieta semicircular de veinte metros de longitud divide en dos niveles distintos la misma calzada. A la caída de tierra sobre la carretera se sumó el día de Año Nuevo el hundimiento de la ladera que sostiene la vía y que va a terminar en el lecho del río Guadalfeo [...]. En el mismo punto kilométrico, frente a Los Acebuches otra grieta dejó útil solo un carril de los tres existentes anteayer por la noche.”			04/01/1997	Vélez de Benaudalla, en 4 puntos.				
153	8	“[...] Las lluvias caídas durante estos últimos días han provocado finalmente el cierre de la N-323...a la altura de Ízbor. El agua, que ya había originado que la vía se agrietara en varias zonas situadas en las cercanías de este municipio, ha originado el hundimiento de la calzada en el kilómetro 171 , según informaron fuentes de la Guardia Civil de Tráfico. El suceso se produjo a primeras horas de la mañana de ayer [...]”.			05/01/1997					
155		Escombros a lo largo de la ruta		08/01/1997		N-323, km 171	453687	4083478	500	Irigaray 2000

Tabla 1 Tabla con las descripciones encontradas sobre los eventos de ladera catalogados. Cuando solamente se especifica un tramo de carretera, a lo largo del cual acontecieron varios movimientos de ladera y no se encontraron sus localizaciones exactas, en las columnas X e Y se identifican como “Tramo”

ID EVENTO MOV. DE LADERA	ID PLUVIÓMETRO	FECHA DE EVENTO	TIPO DE LADERA*	INCLINACIÓN MEDIO (°)	LITOLOGÍA **	TIPO DE MOVIMIENTO DE LADERA***	Elevación (m)
31	183	03/02/1996	S	23,53	CR, SC, P	RF	779
39	225	31/01/1997	X	24,12	P	SL	60
42	225	25/12/1996	S	27,43	SC	SL	131
44	100	04/01/1997	N	27,87	SC	SL	358
45	153	06/01/1997	N	34,03	MS	COM (SL-RF)	881
45	153	30/01/2010	N	34,03	MS	COM (SL-RF)	906
49	8	02/01/1997	N	17,31	NQ	SL	303
50	22	08/01/1997	X	23,46	SC	COM (SL-RF)	973
60	225	27/01/1997	X	27,43	SC	COM (SL-RF)	973
72	220	06/02/2009	X	37,18	SC	COM (SL-RF)	1215
74	154	30/01/2009	N	31,47	SC	SL	33
78	22	26/12/2009	S	35,56	SC	RF	577
89	447	07/01/2010	N	28,08	CR, SC	RF	955
94	141	05/03/2009	N	29,29	CR	COM (SL-RF)	370
101	102	20/12/1996	X	21,38	CR, SC, P	RF	335
102	141	20/12/1996	X	25,36	CR, P	RF	370
110	392	12/11/1996	X	14,79	NQ	COM (SL-RF)	370
114	153	12/11/1996	X	25,19	MC	RF	328
153	225	01/01/1997	S	23,8275	SC, P, CR	COM (SL-RF)	559
155	225	08/01/1997	S	27,43	SC	RF	317

Tabla 2 Referencia o ID del evento de movimiento de ladera, referencia de la estación pluviométrica más cercana, fecha y características del movimiento de ladera. *TIPO DE LADERA: N (Natural), S (rotura de talud), X (varios tipos o desconocido). **LITOLOGÍA: CR (Rocas calcáreas, calizas, dolomías, mármoles y calcoesquistos), P (Filita), SC (Esquistos), MS (Micaesquistos), NQ (Detritus indiferenciado del Neógeno y Cuaternario). ***TIPO DE MOVIMIENTO DE LADERA SIMPLIFICADO: RF (Caída de rocas), SL (Deslizamiento), COM (Complejo)

EXTRACTOS DE TEXTO Y BLOGS, E IMÁGENES DE GOOGLE EARTH® PARA LA
LOCALIZACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE LOS MOVIMIENTOS DOCUMENTADOS EN EL
DIARIO IDEAL

LAS GABIAS

El Ayuntamiento asume la expropiación del agua del cortijo San Javier

MANUEL RODRIGUEZ
LAS GABIAS

El pleno del Ayuntamiento de Las Gabias asumió la expropiación forzosa de las instalaciones de suministro de agua al cortijo San Javier, instada con carácter de urgencia por la Diputación Provincial en favor del municipio.

El acuerdo, adoptado en sesión extraordinaria por unanimidad de todos los grupos políticos -PSOE, PP e IU-LV-, refrenda la decisión de la Diputación Provincial de relevar al Ayuntamiento como órgano promotor de la expropiación y dejar fuera a la Sociedad de Usuarios, integrada por propietarios de la zona rústica y que -según adelantó el alcalde, Jesús Romero, a preguntas de IU-LV- seguirá adelante con el expediente de estatutos que habrán de ser aprobados por la Junta de Andalucía.

Por su parte, los grupos de oposición municipal -PP e IU-LV- mostraron su coincidencia con la decisión de la Diputación, al considerar que éste debería haber sido el punto de partida, evitando dar un rodeo innecesario por la Sociedad de Usuarios. A su vez, Jesús Romero tachó de electoralista la intervención del grupo popular, a quien, junto a «algunas noticias aparecidas en la prensa», acusó de mentir.

La tensión vivida en los últimos minutos del pleno se trasladó a la calle, donde un grupo de vecinos de San Javier manifestó su desesperación por los «ochenta días sin agua», reclamando al alcalde una solución de urgencia. Jesús Romero, que entendió la protesta vecinal como amenazas a su persona, reclamó la presencia de la Guardia Civil, que no tuvo que intervenir al desparejarse pacíficamente el enfrentamiento verbal.

De otra parte, la persistencia del corte de agua potable en San Javier, pese a las expectativas de reanudación del suministro alentadas por la Diputación y Gobernación, ha movido a la jueza de Santa Fe a instar el nombramiento de un administrador judicial del agua, que ha recaído en Roberto Sánchez, concejal socialista del Ayuntamiento.



Un momento del corte de carretera protagonizado por un centenar de alpujarreños.

RAFAEL VILCHEZ

Alpujarreños cortan el tráfico en Orgiva para protestar por el cierre de la carretera a Torvizcón

Piden a la Junta que se reabra la vía, afectada por desprendimientos

Algo más de un centenar de vecinos alpujarreños pertenecientes, principalmente, a los municipios de Torvizcón, Almegíjar y Cástaras, acompañados en todo momento por sus respectivos alcaldes, se concentró ayer por espacio de algo más de seis horas en uno de los lados del puente de Los Siete Ojos, en Orgiva,

para cortar la carretera y pedir públicamente que la Delegación Provincial de Obras Públicas de la Junta de Andalucía abra de inmediato la vía Orgiva-Torvizcón, que, debido a unos desprendimientos y derrumbe de un puente, se encuentra cerrada desde hace varias semanas.

RAFAEL VILCHEZ
ORGIVA

Los tres alcaldes de Torvizcón, Almegíjar y Cástaras, tras contactar telefónicamente y en directo en Radio Alpujarra con el delegado provincial de Obras Públicas, Pedro Julián Lara, y así poder saber de éste que la carretera se abrirá de nuevo al público este fin de semana, desconvocaron, tras consultar a las personas concentradas, dicho corte de carretera, que se había prolongado desde las siete de la mañana hasta la una y media de la tarde.

Sobre la concentración de vecinos y corte de carretera el alcalde de Torvizcón, José Manuel Santiago, manifestó a IDEAL que «desde hace 23 días estamos prácticamente incomunicados los vecinos de Torvizcón, Almegíjar, Cástaras, Notáez, etc... y todo porque pudiendo dar paso por la carretera Orgiva-Torvizcón, ya que existe solución para ello, aunque se sabe que hay desprendimientos y la rotura de un puen-

te, la Delegación de Obras Públicas lo prohíbe».

A la espera

El alcalde continúa diciendo que «lo que no comprendemos es por qué estas obras de reparación de la carretera no se realizan con urgencia y trata esa empresa de poner en perfecto estado la vía, porque lo que no puede ser es que tras más de veinte días de incommunicación sigamos como antes, sin haber avanzado nada. Esto ha provocado que nos manifestemos pacíficamente junto al puente de Orgiva, y si para este fin de semana la cosa no la solución Obras Públicas emprenderemos otras concentraciones y protestas en otros lugares para ver si así nos hace más caso la Administración».

El delegado de Obras Públicas y Transportes, Pedro Julián Lara, dijo a Radio Alpujarra que «el cierre de la carretera no se demorará, y dentro de pocos días estará abierta al público. Si ahora he ordenado que permanezca cerrada es para evitar

posibles accidentes y esto toda persona sensata debe de comprenderlo».

Nota del Ayuntamiento

El Ayuntamiento de Torvizcón ha hecho pública una nota sobre el tema en la que, entre otras cosas, afirma que «no se entiende que en este Ayuntamiento no se haya recibido ningún comunicado oficial al respecto, ni del corte ni del horario intermitente que se ha establecido con posterioridad».

Más adelante señala como necesario «conocer los informes técnicos que, según se nos ha manifestado verbalmente, avalan el mencionado corte y que, según parece, ponen de manifiesto la situación de peligro y riesgo para el tráfico».

Concluye la nota que «sería conveniente conocer la situación en la que se encontraba esta carretera hace unos dos años, cuando diariamente se realizaban voladuras, y parece ser que no existía peligro alguno, y sólo se cortaba el tráfico durante la realización de la obra».

CUEVAS DEL CAMPO

Inminente comienzo de las obras del tramo vial que conecta con Pozo Alcón

ROGELIO BURNAD
CUEVAS DEL CAMPO

Esta semana o a principios de la próxima, y si nada nuevo lo impide, comenzarán las obras del tramo de carretera que une Pozo Alcón (Jaén) con Cuevas del Campo (Granada). Este tramo tenía previsto su comienzo para hace varios meses, pero debido a las dificultades orográficas del terreno ha habido que retrasarlas hasta estas fechas.

Según el consejero de Obras Públicas, Francisco Vallejo, ya han comenzado todas las expropiaciones, por lo cual no habrá ningún tipo de problemas para comenzar lo antes posible las obras y, además, entren en licitación los tramos siguientes de esta zona, con lo cual la conexión con la autovía del 92, Baza-Sevilla, van a estar en menos de tres años prácticamente terminadas, con todas las entradas que supone para el Parque Natural de Cazorla y con unos accesos como los adicionales que hay que corregir, porque son muy peligrosos en toda esta zona.

Modificaciones

Las mencionadas obras corresponden a la carretera comarcal 323, Villacarrillo a Huércal Overa, a su paso por Pozo Alcón y el puerto del Tiscar. Fueron adjudicadas a la empresa Sacir hace ya bastantes meses, pero, como ha quedado dicho, debido a la orografía no se han podido comenzar hasta ahora, debido, sobre todo, a las modificaciones hechas por la empresa del primer proyecto; estas modificaciones ya tienen el visto bueno de Obras Públicas.

Según los estudios realizados, la cuantía de estas obras de mejora y nuevas carreteras tendrán un presupuesto aproximado de cerca de mil millones de pesetas, y se espera terminen en el menor plazo de tiempo posible, debido a que las actuales carreteras, según palabras del consejero, «no son dignas del siglo en que vivimos».

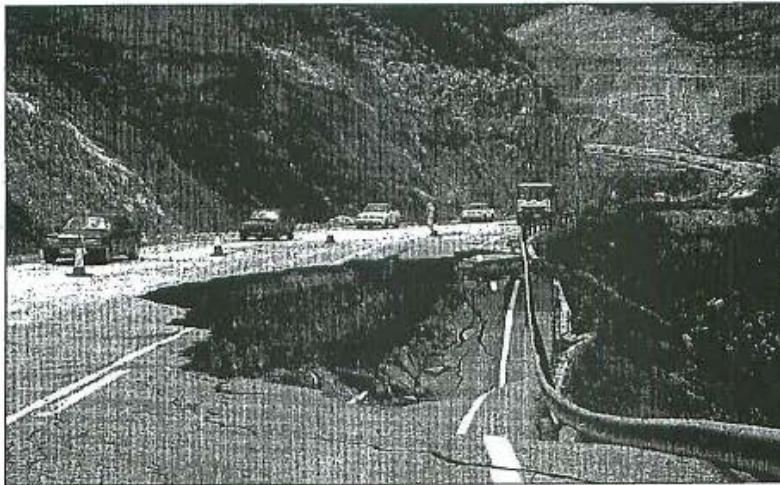
Temporal de lluvias en la provincia

La Administración evalúa en unos 2.500 millones los daños en carreteras por desprendimientos

Récord de precipitaciones en el valle del Guadalfeo al caer más de mil litros en 21 días

AMINA NASSER
GRANADA. Las intensas lluvias caídas en Granada en las últimas tres semanas han ocasionado destrozos de consideración en las carreteras de la provincia. Según una primera evaluación realizada por distintas administraciones, los daños en la red de carreteras de la Diputación y de la Junta de Andalucía superan los 2.500 millones de pesetas. Eso, al margen de los perjuicios ocasionados por el agua en la red nacional.

Al menos 2.500 millones de pesetas tendrán que invertir la Junta de Andalucía y la Diputación Provincial para reparar los daños ocasionados por desprendimientos del terreno en su red de carreteras. Esta cifra corresponde a la primera estimación realizada sobre los



CONZALEZ MOLERO

EL BALCON

La borrasca

ANTONIO CAMBRIL

LA noticia es ese temporal de frío, viento, agua y nieve con nombre de puta antillana, la borrasca, en cuyo infierno húmedo han quedado ensimismados los pueblos de España, se corren gustosos y terribles las gentes más desamparadas. Y mientras averiguamos si los movimientos tectónicos de tierras, las grietas en la piel de las carreteras y las aguas desperdiciadas que van a parar a la mar son fruto de la imprevisión y el chapuz de los representantes públicos y empresas constructoras o corchimos que el dominio de la naturaleza por parte del hombre nunca será completo y las catástrofes seguirán produciéndose pese a nuestros ridículos desvelos, nos queda el consuelo de poder hablar del tiempo sin que se nos acuse de estar en las nubes.

La madre naturaleza ha derrochado sus dones, así, de repente y a un tiempo. Y uno da en pensar que para el futuro sería deseable que se aumentaran las infraestructuras hidráulicas, especialmente las que facilitan los trasvases —nadie discutiría hoy la llevada de agua desde el Guadalfeo a tierras de Almería—, que el desastre, en parte, es fruto del fervor del pueblo que el año pasado sacó a pasear a todos los santos, invocó a la plantilla entera de dioses y vírgenes de la lluvia, puso a trabajar al censo sideral que ahora, en una

quitarieves. siete pueblos parecían ayer comunicados, al el límite de la La carretera ra, de la red Junta de And a cortada por tierra de gran el trazado del ampaneira ha mente, al que n alud de tie abierto desde a través de



dependiente u lucía. Aun así vncial de la C Públicas y T Julián Lara, e unos 800 millo

Récord de pro
 El agua, en alg Alpujarra, ha En este caso, ilustrativos. E feo y el barrat registrado su



Fecha de las imágenes en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 05/2014

Un movimiento del terreno en el cementerio de Guájjar Faragüit obliga a sacar de sus nichos 120 féretros

de la Alpujarra. Ayer, los alcaldes de Torvizcón y Almegíjar solicitaron ayuda al quedar aislados sus municipios. En Guájjar Faragüit, un movimiento del terreno en un lateral del cementerio obligó a trasladar los restos que se encontraban depositados en 120 nichos ante el riesgo de apertura de lápidas y posterior caída de ataúdes. Los movimientos de tierra, acentuados con las últimas lluvias, ya habían resquebrajado la estructura de algunos nichos.

PAGINA 8



Vecinos de Guájjar Faragüit rescatan un ataúd de los nichos destruidos por los desprendimientos.

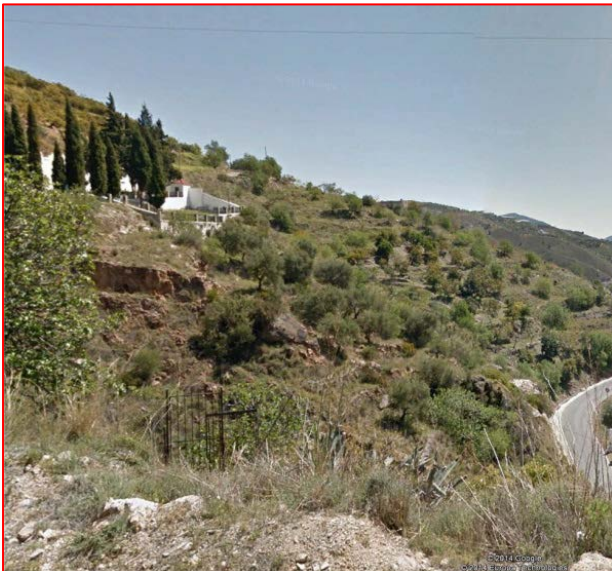
Traslado de un cementerio

EFE • GRANADA. El movimiento del terreno en un lateral del cementerio de la localidad de Guájjar Faragüit ha obligado al traslado de los restos humanos depositados en 120 nichos ante el riesgo de apertura de las lápidas y posterior caída de ataúdes, según informó un portavoz de la Policía Local de este municipio. La alcaldesa de Guájjar, María Francisca Arnedo, adoptó ayer esta decisión al comprobar que el rebaje del terreno, observado hace una semana, se había acentuado con las últimas lluvias hasta hacer peligrar la estabilidad de parte del camposanto.

El desequilibrio del terreno ya había resquebrajado la estructura de algunos nichos, e inclu-

so había sacado restos humanos al exterior, agregó la Policía Local de Guájjar, localidad situada en la Sierra de los Guájjar, a unos 20 kilómetros de la costa granadina.

Con la orden de la alcaldesa, numerosos vecinos del pueblo se personaron en el cementerio para ayudar en las labores de traslado de los restos, parte de los cuales, los más deteriorados, fueron introducidos en bolsas y llevados a una dependencia municipal. Los demás, que aún conservaban el ataúd en buen estado, han sido depositados en nichos del cementerio de la localidad aneja de Guájjar Fondón, donde no existe riesgo de desprendimientos.



Fecha de las imágenes en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 04/2014

La Alpujarra, aislada por la nieve y los desprendimientos

Habilitado un carril de tierra en la N-323

Alrededor de 4.000 vecinos de siete municipios de la Alpujarra alta estaban ayer incomunicados debido a la nieve, el hielo y los desprendimientos de tierra. Las localidades afectadas son Pampaneira, Bubión, Capileira, La Tahá, Pórtugos, Busquístar y Trevélez. Los alcaldes de estos pueblos celebraron ayer un encuentro para evaluar la situación e instar a las autoridades a que adopten las medidas oportunas para romper el bloqueo que sufre la zona.

El temporal ha producido situaciones curiosas en la Alpujarra, caso de la localidad de Pitres, donde los vecinos han tenido que guardar los santos de la deteriorada iglesia en sus casas.

Protección Civil ha pedido tranquilidad a los perjudicados y asegura que el abastecimiento de suministros está garantizado.

De otro lado, los operarios de mantenimiento de carreteras habilitaron ayer un carril de tierra que permite aún circular por la N-323 que une Granada con la Costa Tropical, aunque los autocares y los camiones se ven todavía obligados

a desviarse a través de Málaga.

En España, el temporal ha causado en las últimas horas un muerto en Burgos, en accidente de tráfico, mientras continúan cerrados 39 puertos de montaña y varias carreteras, lo que impide la circulación fluida en un día de regreso de viajeros tras las vacaciones navideñas. En el norte del país, varios pueblos continúan todavía incomunicados. En Andalucía, la provincia más afectada ayer fue Málaga.

PAGINA 3, 5, 14 y 47

en este número

Felipe González se presentará como testigo en el juicio sobre los GAL

El ex presidente del Gobierno Felipe González está dispuesto a comparecer voluntariamente como testigo en el juicio

Temporal de lluvias en la provincia

La nieve y los desprendimientos aíslan a cerca de 4.000 vecinos de siete pueblos alpujarreños

Protección Civil pide tranquilidad y asegura que los suministros están garantizados

C. M.
GRANADA. Llegar hoy a las distintas localidades que saiplcan la Alpujarra alta es prácticamente una misión imposible, según aseguran los alcaldes de aquella zona. Las nevadas, las placas de hielo y los desprendimientos han «incomunicado totalmente» a siete municipios, que suman una población cercana a las 4.000 personas. Protección Civil ha pedido calma a los afectados y asegura que los suministros están garantizados.

Los pueblos alpujarreños que sufren con más intensidad los problemas derivados de los rigores del invierno son los siguientes: Pampaneira, Bublón, Capileira, La Tahá, Pórtugos, Busquistar y Trevélez.

Los alcaldes de estas localidades se reunieron ayer en Pampaneira para evaluar la situación. Su análisis no es optimista. «La entrada por Orgiiva a Pampaneira tiene varios cortes, el peor de ellos en las cercanías de Pampaneira. Dicho corte, según Obras Públicas, estará arreglado dentro de varios meses. Además, la salida por Trevélez está bloqueada por la nieve y las placas de hielo, a lo que hay que unir otro corte en Bérchules», refieren los regidores municipales en un comunicado hecho público tras el encuentro que mantuvieron en Pampaneira.

Capileirilla y Ferrelroia

El catálogo de dificultades elaborado por los municipios no acaba ahí. «Las lluvias han provocado también cortes de carretera locales que han dejado incomunicados los núcleos de Capileirilla y Ferrelroia, donde se ha hundido un puente», refieren los alcaldes.

Los afectados temen que este estado de cosas acabe por impedir la llegada a los pueblos de materias de primera necesidad. «Estos cortes imposibilitan la entrada de



RAFAEL VILCHEZ

Las primeras nevadas en la Alpujarra fueron un divertimento; ahora sólo dan problemas.

Los pueblos afectados son Pampaneira, Bublón, Capileira, La Tahá, Pórtugos, Busquistar y Trevélez

suministros a toda la zona, especialmente cuando se trata de vehículos pesados. El butano y la leña se han agotado. El gasoil y la gasolina están a punto de acabarse», explican.

Cajeros agotados

Los vecinos de la Alpujarra alta tampoco pueden disponer de dinero, porque los cajeros automáticos han agotado sus existencias. Por lo demás, numerosos visitantes y turistas han quedado bloqueados y no pueden regresar a sus lugares de origen.

Ya el pasado sábado, los alcaldes de otras dos localidades alpuja-

reñas, Torvizcón y Almegíjar, advirtieron que el temporal les había dejado prácticamente aislados.

Un portavoz de Protección Civil en Granada pidió «tras conocer la evaluación efectuada por los alcaldes alpujarreños» tranquilidad y aseguró que los suministros a la zona están garantizados. «Si no se puede llegar con vehículos pesados, pues se hará con ligeros. Lo importante es mantener la calma, porque ahora mismo no se puede hablar de una situación de riesgo o emergencia. Van a tener butano y lo que les haga falta», declaró a este periódico el portavoz de Protección Civil.

En este sentido, las autoridades recomiendan a la población de aquellas localidades que no hagan acopio de mercancías. «No hay razón para ello. El verdadero problema llegará si se empiezan a acaparar suministros. En el caso del butano, ya hemos hablado con la

El Instituto Nacional de Meteorología prevé para hoy el predominio de cielos nubosos, con posibilidad de nuevas precipitaciones

empresa responsable y nos han asegurado que no va a haber escasez. Además, los pronósticos meteorológicos prevén una tendencia hacia la mejoría», insistieron desde Protección Civil.

El Instituto Nacional de Meteorología anuncia para hoy en la provincia de Granada el predominio de intervalos nubosos, con posibilidad de que se produzcan precipitaciones que serán en forma de nieve por encima de los 1.200 metros. Las temperaturas mínimas descenderán hasta los cero grados centígrados, mientras que las máximas no superarán los seis grados.

Una roca de 200 toneladas

IDEAL

GRANADA. Una avalancha de tierra provocó, la noche del pasado sábado, el desprendimiento de una roca de más de 200 toneladas en la carretera local SO-18, que une las localidades de Fornes y Arenas del Rey, informa Antonio Arenas.

El incidente, que no causó daños personales, se produjo a unos 400 metros de Fornes, en la denominada curva del Peñón rodado. Durante toda la jornada de ayer una máquina intentó, infructuosamente, dejar expedita la vía. El corte en la carretera obliga a los conductores que se dirigen a La Resinera o Arenas del Rey a dar un rodeo de más de 20 kilómetros por el pantano de Los Bermejales.

De otro lado, las fuertes lluvias que durante toda la jornada de ayer volvieron a caer sobre Granada no ayudaron precisamente a aliviar la situación que se vive en localidades como Zafarraya o Albuñuelas, que ya han solicitado la declaración de zona catastrófica.

En esta última población, el deslizamiento de tierra que obligó a desalojar a 22 familias continúa avanzando, según informó el alcalde, Antonio Durán. «Las personas que tuvieron que abandonar sus viviendas no pueden regresar a ellas, y las comunicaciones siguen siendo desastrosas», dijo Durán.

Aplazada la I Conferencia sobre la Alpujarra

La I Conferencia sobre la Alpujarra, patrocinada por la Cátedra Unesco de la Universidad de Granada, ha sido aplazada debido al temporal de nieve que impide llegar a Capileira. El encuentro tendrá lugar del 12 al 15 del próximo mes de febrero. Los organizadores de la conferencia se han sumado a las peticiones de ayuda efectuadas por los alcaldes de la Alpujarra alta.

El temporal provoca 2.500 millones de pérdidas de infraestructuras en la provincia

La rotura de una alberca causa daños de otros mil millones en invernaderos de Motril

Siete municipios de la Alpujarra alta continuaban ayer aislados por un gran desprendimiento cerca de Pampaneira

La Junta y la Diputación tendrán que invertir al menos 2.500 millones de pesetas para reparar los daños causados por el temporal en las carreteras que gestionan. Eso, al margen de los perjuicios ocasionados por las lluvias en la red viaria nacional de Granada. Pero la cuantía de los destrozos puede ser muy superior. No en vano, hay que sumar los efectos del agua en viviendas, equipamientos y agricultura. En este sentido, hay que añadir la rotura de una alberca que destruyó 200 hectáreas de invernaderos en Motril. Los daños se calculan en unos mil millones. Entre tanto, siete municipios de la Alpujarra alta continuaban prácticamente aislados debido a un desprendimiento de tierra que ha sepultado la carretera que une Orgiva y Pampaneira.

En el resto de España, cientos de pueblos, ubicados sobre todo en la mitad norte continuaban aislados tras las intensas nevadas.

PAGINAS 3 a 7, 17 y 36
EDITORIAL EN PAGINA 20



ALFREDO AGUILAR

Un gran desprendimiento de tierra cubre totalmente la calzada entre Orgiva y Pampaneira.

en este número



El Rey, durante el discurso.

El Rey pide comprensión al Ejército por los recortes económicos

El Rey don Juan Carlos pidió «comprensión» a los Ejércitos por los recortes económicos y animó a superarlos con imaginación, durante la celebración de la Pascua Militar. El Rey resaltó que la defensa «no sólo constituye un deber, sino que también ha de ser un orgullo». A su juicio, es preciso que todo el pueblo «sienta esa defensa».

PAGINA 24

Andalucía

16 de enero de 1997

Temporal de lluvias en la provincia

La Administración evalúa en unos 2.500 millones los daños en carreteras por desprendimientos

Récord de precipitaciones en el valle del Guadalfeo al caer más de mil litros en 21 días

AMINA NASSER

GRANADA. Las intensas lluvias caídas en Granada en las últimas tres semanas han ocasionado destrozos de consideración en las carreteras de la provincia. Según una primera evaluación realizada por distintas administraciones, los daños en la red de carreteras de la Diputación y de la Junta de Andalucía superan los 2.500 millones de pesetas. Eso, al margen de los perjuicios ocasionados por el agua en la red nacional.

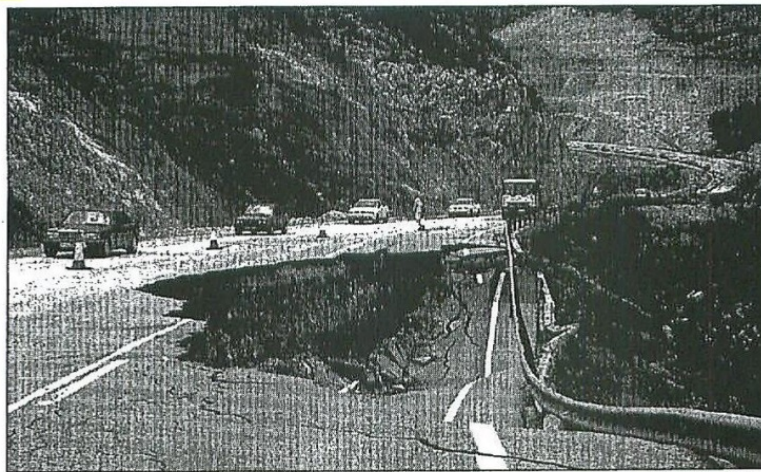
Al menos 2.500 millones de pesetas tendrán que invertir la Junta de Andalucía y la Diputación Provincial para reparar los daños ocasionados por desprendimientos del terreno en su red de carreteras. Esta cifra corresponde a la primera estimación realizada sobre los efectos del temporal de nieve y lluvia que azota a la provincia de Granada.

La evaluación de los destrozos puede ser muy superior. Porque a los daños en las carreteras de la Diputación y de la Junta de Andalucía hay que agregar los de la red nacional. Pero también, los efectos que ha tenido el agua en la agricultura, en viviendas, en equipamientos y en infraestructuras, como las canalizaciones de abastecimiento y saneamiento.

Representantes de la Administración central, Junta de Andalucía y Diputación mantendrán hoy una reunión para estimar el valor de los daños. De momento hay aproximaciones. Los perjuicios causados por las intensas lluvias en la red de carreteras provincial superan ya los 1.500 millones de pesetas, según datos facilitados ayer por el vicepresidente primero de la Diputación Provincial, Francisco Rodríguez Ríos. Los destrozos son de menor envergadura en la red dependiente de la Junta de Andalucía. Aun así, el Delegado Provincial de la Consejería de Obras Públicas y Transportes, Pedro Julián Lara, evaluó los daños en unos 800 millones.

Récord de precipitaciones

El agua, en algunas zonas, como la Alpujarra, ha causado estragos. En este caso, sólo dos datos son ilustrativos. El Valle del Guadalfeo y el barranco de Poqueira ha registrado su récord histórico de



GONZALEZ MOLERO

Estado de la carretera de la Costa, a la altura de Izbor, ayer.

precipitaciones. En tan sólo tres semanas han caído más de mil litros de agua por metro cuadrado. Esta cifra resulta significativa si se compara con índices pluviométricos anteriores. Las lluvias registradas en dos años completos, 1994 y 1995, sumadas, apenas superan los 600 litros por metro cuadrado.

Protección Civil, Diputación y Junta de Andalucía han movilizado a todos sus efectivos para intervenir en las situaciones de emergencia. Más de 50 personas dependientes de la corporación trabajan, desde que comenzó el temporal, en la red provincial, con una flota de 50 camiones y 10 retroexcavadoras. Pese a ello, la Diputación mantenía ayer cinco carreteras

cortadas al tráfico, en la mayoría de los casos, a consecuencia de desprendimientos de tierra de consideración. A ello se suma el mal estado de la carretera de Guájares, que la institución provincial mantiene abierta de forma provisional

Costa y Alpujarra

Los daños se localizan fundamentalmente en la Costa y la Alpujarra, precisamente, la zona en la que Diputación tiene menos kilómetros de red (de un total de 110 en la provincia).

A su vez, la Delegación Provincial de la Consejería de Obras Públicas mantiene a unas 40 personas concentradas en la zona de la Alpujarra, con once palas excavadoras y un camión quitanieves.

Pese al despliegue, siete pueblos de la Alpujarra permanecían ayer prácticamente incomunicados, al igual que Laroles, en el límite de la provincia con Almería. La carretera Orgiva-Pampaneira, de la red dependiente de la Junta de Andalucía, se encontraba cortada por desprendimientos de tierra de gran magnitud. Parte del trazado del acceso principal a Pampaneira ha desaparecido, literalmente, al quedar sepultado por un alud de tierra. El único acceso abierto desde Orgiva a Pampaneira —a través de Cádiz, por Trevélez— también presentaba dificultades para el tránsito rodado a causa de la nieve y el hielo.

Tres horas y media en autobús

P. T. • GRANADA. El tráfico restringido en la carretera nacional 323 que une Granada con la Costa provocó ayer una nueva jornada de trastornos para los que se desplazan desde el litoral granadino al interior y viceversa. Los turistas pueden circular aunque el trayecto se alarga hasta noventa minutos. Frente a Izbor se mantiene el paso alternativo para uno y otro sentido sobre un carril de tierra. Por su parte, autobuses y camiones se ven obligados a dar un amplio rodeo para alcanzar estos puntos. Alsina Graells, la compañía de transporte interurbano que realiza los trayectos con la Costa, informó ayer de que las líneas con poblaciones del litoral tienen que llegar hasta

Málaga ciudad y de allí recorrer la nacional 340 para acceder a la costa Tropical. En total, una quincena de viajes se ven afectados cada día. Un ejemplo: los usuarios del transporte pueden tardar hasta tres horas y media en llegar de Granada a Motril o viceversa. «Los viajeros son los que están pagando el trastorno» de una comunicación como la actual, afirmó un portavoz de la estación de autobuses granadina. El mal estado de la N-323, eso sí, ha hecho descender el número de personas que usan el autobús. El resto de las alternativas —la carretera de la Cabra, peligrosa para el tráfico, o el desvío por la Alpujarra— siguen siendo inseguras, y más para los autobuses.

EL BALCON

La borrasca

ANTONIO CAMBRIL

La noticia es ese temporal de frío, viento, agua y nieve con nombre de puta antillana, la borrasca, en cuyo infierno húmedo han quedado ensimismados los pueblos de España, se corren gustosos y terribles los montes y encuentran la muerte las gentes más desamparadas. Y mientras averiguamos si los movimientos tectónicos de tierras, las grietas en la piel de las carreteras y las aguas desperdiciadas que van a parar a la mar son fruto de la imprevisión y el chapuz de los representantes públicos y empresas constructoras o concluimos que el dominio de la naturaleza por parte del hombre nunca será completo y las catástrofes seguirán produciéndose pese a nuestros ridículos desvelos, nos queda el consuelo de poder hablar del tiempo sin que se nos acuse de estar en las nubes.

La madre naturaleza ha derrochado sus dones, así, de repente y a un tiempo. Y uno da en pensar que para el futuro sería deseable que se aumentaran las infraestructuras hidráulicas, especialmente las que facilitan los trasvases —nadie discutiría hoy la llevada de agua desde el Guadalfeo a tierras de Almería—, que el desastre, en parte, es fruto del fervor del pueblo que el año pasado sacó a pasear a todos los santos, invocó a la plantilla entera de dioses y vírgenes de la lluvia, puso a trabajar al censo sideral que ahora, en una especie de conjura, responde con creces y nos ahoga en bienes. Queda esperar que la experiencia sirva de provecho y en el futuro se preste un poco más de atención a los asuntos terrestres —como la sed de nuestros vecinos—, que no se mire ni se ruegue tanto al funcionario celestial, no sea que nos vuelva a oír. Puesto que ha llovido mucho, pero no torrencialmente, y se podría haber evitado, en parte, este naufragio provincial. Es un consuelo volcar las culpas sobre los de arriba, santos o políticos. Y no entender que, en este siniestro, algo de responsabilidad —aunque mínima— tiene una población insolidaria y poco acostumbrada al agua. Y al jabón.

Temporal de lluvias en la provincia

«El cerro ha echado a andar»

Un monumental desprendimiento sepulta la carretera Orgiva-Pampaneira

La naturaleza ha hecho un trabajo tan faraónico como desastroso en la carretera que une las localidades alpujarreñas de Orgiva y Pampaneira. Un monumental desprendimiento de tierra y rocas ha sepultado la calzada

a la altura del paraje conocido como Fuente del Portillón. «Es que todo el cerro se ha echado andar, y ahí es poco lo que se puede hacer», describía la situación un empleado de Obras Públicas destacado en la zona.

ARRIBA la nieve y abajo la nada. «Por esta carretera se puede salir de Pampaneira andando, en mula o en parihuelas. Como se hacía antaño. Pero si sigue lloviendo, ni eso». Antonio acaba de cruzar a pie la frontera que la naturaleza ha establecido entre el Barranco de Poqueira, quizá la zona más turística de la Alpujarra, y el resto del mundo. Son unos cien metros de barro, cascotes y riesgo. Es como si hubiera caído un obús. El paso peatonal, por llamarle de alguna forma, discurre entre una impresionante mole de rocas sujetas por una red de acero. De cuando en cuando, se escucha el rumor de las piedras que caen. La calzada es allí un mero recuerdo. Sencillamente, no existe. Una señal de tráfico limita la velocidad a un tráfico imposible.

«El cerro ha echado a andar, y ahí es poco lo que se puede hacer. Todavía no hemos podido meterle mano a esto porque no ha dejado de llover. De todas formas, se tardará, vaya que sí...», resumía la situación uno de los empleados de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía, que trabajan ininterrumpidamente en la zona desde el pasado día 18. «No sabemos lo que son ni sábados ni domingos ni nada... La carretera no nos deja», agregaba.

40 años sin desaguar

El origen de la catástrofe está en las cañerías naturales que son las tripas del Monte de la Tala, el gigantesco farallón sobre el que se agazapa la carretera entre Orgiva y Pampaneira. «Hacia 40 años que ese monte no desagaba. Han vuelto a manar 30 fuentes que creíamos ya desaparecidas. Ha habido que trabajar muy duro para hacer canalizaciones. El agua es tan peligrosa para el monte como el fuego en tiempo de sequía. En el mismo pueblo también han brotado fuentes en lugares sobre los que ahora se asientan casas, y el agua ha arruinado las solerías de los pisos», explicaba la alcaldesa de Izquierda Unida de Pampaneira, Mercedes Carrascosa.

Para colmo de desgracias, la castigada vía sufrió ayer otro desprendimiento pocos metros antes de llegar a la minúscula localidad de Carataunas. Alrededor del mediodía, varias toneladas de tierra y cascotes se precipitaban sobre la calzada. Seis horas y dos máquinas excavadoras después, la carretera quedaba expedita nuevamente. No obstante, en ese lapso de tiempo se creó un peculiar territorio de nadie entre los dos desprendimientos. En medio de las dos murallas naturales quedaban atrapados los automovilistas que bajaban desde el derrumbe de Pampaneira, y totalmente aislada la villa de Carataunas. «Llegamos a pasar un par de días y habíamos dejado el coche junto al desprendimiento de Pampaneira y llegamos andando. Esta mañana —por ayer— hemos deshecho el camino y cuando ya creíamos que habíamos pasado lo peor nos encontramos con esto», explicaba María Jesús, que regenta una galería de arte en Pampaneira.

«La situación en los pueblos del barran-



ALFREDO AGUILAR

Unos vecinos de Pampaneira se disponen a cruzar el espectacular corte que los separa de Orgiva.

co no es muy buena. Se está acabando todo. Los camiones de suministros creo que están llegando desde Trevélez, que es un rodeo bastante importante. Pero si vuelve a nevar por allí, las cosas se van a poner aún peor. Para los que vivimos del turismo, el temporal ha sido un verdadero desastre», añadía la galerista.

A su lado, un grupo de campistas de Sevilla no dejaban de lamentarse. «Es increíble lo que ha ocurrido aquí. Parece que han bombardeado la carretera. Esta-

mos desesperados. Mañana tenemos clase, y aún no sabemos si vamos a poder salir de aquí», se quejaban.

Los más optimistas creen que el acceso al Barranco de Poqueira desde Orgiva quedará libre en unas pocas semanas. Los pesimistas hablan de meses. Siempre que no llueva, coinciden unos y otros. Porque si el temporal prosigue, el cerro volverá a echar a andar.

CARLOS MORAN. GRANADA



ALFREDO AGUILAR

Dos excavadoras limpian el desprendimiento de Carataunas.

Tres horas de Pampaneira a Orgiva

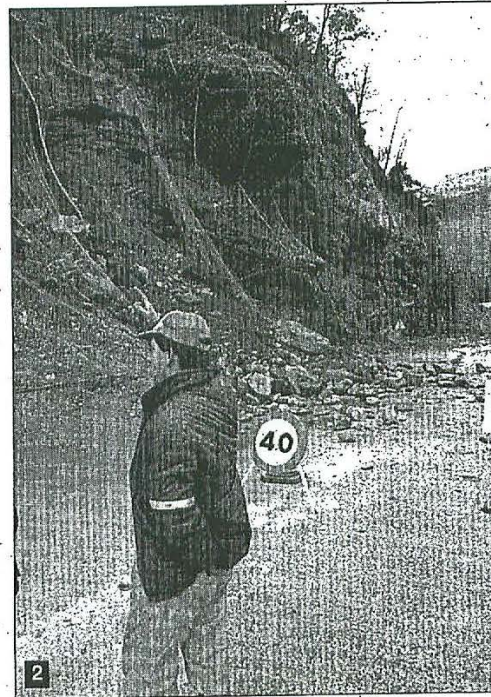
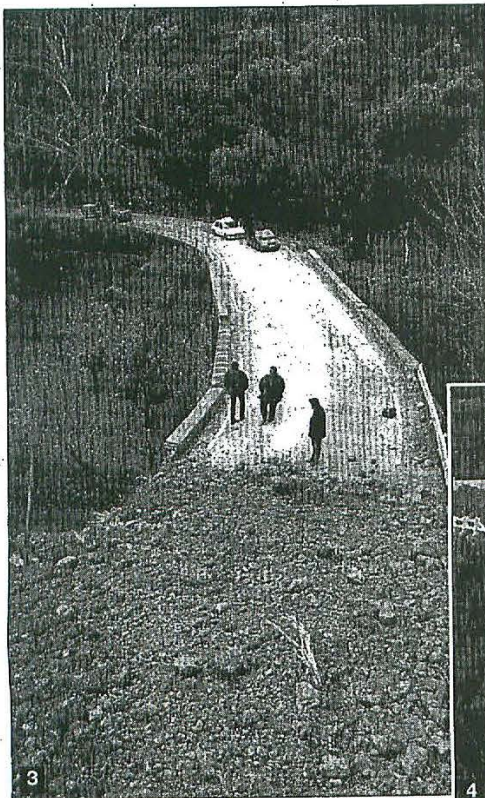
Estamos prácticamente incomunicados. El único acceso desde Orgiva a Pampaneira, por Trevélez y Cadiar, supone tres horas de trayecto, ida y vuelta. Pero eso sólo es posible si no hay hielo y nieve en Trevélez». La afirmación fue realizada ayer por la alcaldesa de Pampaneira, Mercedes Carrascosa. Pampaneira es uno de los siete pueblos de la Alpujarra que sufre los efectos del temporal de nieve y agua. Las poblaciones tienen el compromiso de las administraciones de garantizar el suministro de bienes de consumo, que empiezan a escasear. El servicio de recogida de basura no funciona desde hace varios días a causa del corte de la carretera principal. Los alcaldes afectados contemplan la posibilidad de volver a habilitar el vertedero de la zona, que fue sellado al entrar en funcionamiento la planta de reciclaje de basuras de Vélez de Benaudalla. Sin embargo, para la alcaldesa de Pampaneira, lo más grave son las cuantiosas pérdidas económicas de su municipio por la falta de turismo.

Temporal de lluvias en la provincia



Ahogados en tierra

1. Lugareños y turistas esperan a que las máquinas despejen un desprendimiento cerca de la localidad de Carataunas.
2. Un empleado de Obras Públicas, junto al monumental deslizamiento del terreno de Pampaneira.
3. La carretera entre Orgiva y el Barranco de Poqueira, sepultada por la tierra.
4. Los hundimientos también afectan al trayecto entre Lanjarón y Orgiva.



REPORTAJE FOTOGRAFICO: ALFREDO AGUILAR

CARRETERAS

Hay 16 carreteras cortadas o con dificultades para circular por ellas en la provincia de Granada:

- **N-323** Bailén-Motril. Solamente está abierta para los vehículos menos pesados. Un carril de tierra entre los Acebuchés e Izbor y en Pinos del Valle mantiene la carretera en uso. Los vehículos pesados deben desviarse por la N-340, pasar a la N-331 y luego a la A-92.
- **GR-451** de Orgiva a Vélez de Benaudalla.
- **GR-SO-2** del Suspiro del Moro a Almuñécar. Cortada en Otívar.
- **GR-332** de Orgiva a Cádizar.
- **GR-232** de Láchar a la Estación de Illora. Cortada por desbordamiento del río Genil.
- **N-340** de Cádiz a Barcelona, recorre el litoral granadino. A partir del kilómetro 358 la carretera está cortada. Los conductores que se dirijan hacia Almería deben cambiar su itinerario costero por el de Granada y Guadix, através de la A-92.
- Comarcal entre Rubite y Castel de Ferró.
- Comarcal de Guadix a Adra.
- **GR-333** entre Orgiva y Albuñol.
- **GR-NO-16** en Huétor Tájar.
- Comarcal entre Ugjar y Cádizar.
- **GR-SE-30** de Murtas a Venta del Tarugo.
- **GR-421** cortada en Capileira.
- **GR-100** cortada en Zafarraya.
- **GR-SO-18** entre Fomes y Arenas del Rey. La única forma de ir de un municipio a otro es dar un rodeo de 20 kilómetros alrededor del pantano de Los Bermejales.
- **Puerto de la Ragua** cerrado al tráfico por la nieve. Este paso une la Alpujarra con la zona norte de Granada.
- **A-395** Carretera de la Sierra. Es necesario el uso de cadenas a partir del kilómetro 31. La vía solamente está abierta hasta Pradolano.
- **Líneas férreas** La línea ferroviaria entre Sevilla y Granada quedó restablecida ayer por la mañana. En cambio continúa cortada entre Loja y Bobadilla, tramo en el que Renfe trasladó a los viajeros en autobús.



Recorrido por la catástrofe



La carretera que asciende a Pampaneira, en la Alpujarra, permanece cortada por el desprendimiento de tierras y de rocas.

«Lo malo es que siga»

En la Alpujarra temen que la lluvia los deje aislados

Todo normal, pero un poco preocupados. En La Alpujarra ven venir el cielo color panza de burra que amenaza más lluvia, más nieve. La tierra se ha comido la carretera poquito antes de Pampaneira. Hay que rodear por Torvizcón para ir o volver de Orgiva. El temporal ha dejado incomodidades y nada más por el momento. Pequeñas avalanchas, un par de horas o una mañana para abrir el paso a los vehículos. «Lo malo es que siga». Que se sigan cayendo los montes.

ANTONIO ha tardado una hora en desplazarse desde el gran desprendimiento del monte sobre la carretera, a unos cientos de metros de Pampaneira, hasta Orgiva. A pie. Por los barrancos. Al fin y al cabo era la manera más rápida de llegar, aunque la cosa no está tan mala como para seguirle el ejemplo. La entrada por el oeste a la Alpujarra tardará un buen tiempo en quedar expedita.

Mientras tanto, en coche se puede llegar al barranco del Poqueira por Trevélez (más de tres horas de trayecto) o desde anteayer por Torvizcón, donde las excavadoras han habilitado un carril de tierra. El temporal se ha dedicado en las últimas semanas a sembrar de incomodidades la vida en la Alpujarra, aunque desde luego Antonio espera que no pase de ahí, de las incomodidades. Que no siga lloviendo y nevando, que el monte se quede donde está y no se desplome sobre las carreteras, que los vehículos no tengan que usar cadenas en el resto de la carretera hacia el interior de la comarca.

«Que no haya ninguna urgencia, un accidente o que alguna persona se ponga mala», dice. Es el mayor temor si el tiempo se mantiene mal como hasta ahora y las poblaciones que se reparten por la cara sur de Sierra Nevada acaban por comunicarse. Tener que salir corriendo por algo grave, y no es plan por el monte como Antonio. Al centro de salud de Orgiva no se puede llegar, pero sí al de Pitres. Por el momento, el cielo inclemente se ha

quedado en sembrar incomodidades. Algún guiño de aislar los pueblos y los cortijos, pero nada duradero.

Desde Orgiva, a lo largo de la carretera, desprendimientos grandes y medianos interrumpen el acceso. Las máquinas despejan el camino para los vehículos en una mañana o en un par de horas, pero con otro chaparrón vuelve a cortarse y a empezar de nuevo.

Carataunas, medio centenar de habitantes reales, doscientos censados, pilla en medio de los cortes. Aislado un rato y otro no. Ha llovido «lo más grande». Magdalena, mientras pone cafés calientes en la barra de la venta El Venao, confirma lo que dice Antonio: todo normal pero un poco preocupados. «Hombre, si se caen los terreros sobre la carretera y nos quedamos cortados pues qué sé le va a hacer, pero estamos más asustados de que los terrenos nos caigan encima a nosotros. No se está seguro ni en las casas».

Antonio vive en Capileira, en las alturas del barranco. La nieve ha caído en abundancia en este lugar. El temporal sólo ha amagado con dejarles a la deriva. Se puede subir en coche, siempre con precaución y en ocasiones con cadenas a causa del hielo y la nieve. O a pie, cruzando por encima de los despojos que el monte ha depositado en este lado de la carretera, aunque «está mu comprometido pasar». Por eso él pasa deprisa y corriendo, y siempre que haya alguien delante por si se desprenden más tierra y más piedras. De hecho, para bajar cruzó entre las piedras porque tres se pusieron de acuerdo para bajar. No tiene vehículo, pero a él el corte de la carretera también le ha



Un vecino cruza el barranco de Poqueira.

estorbado: nadie le puede subir hasta Capileira.

Según dice, la cosa ayer estaba calmada en el pueblo. No hay necesidad de suministros, pero a más de uno le había entrado el susto en el cuerpo la semana anterior: «Hace tres días subió por última vez el del butano. Llevó las bombonas al Ayuntamiento y se acabaron en minutos». Lo malo, efectivamente, es que siga el temporal.

Laroles, comunicado

En otra zona de la Alpujarra, la comunicación por carretera con el pueblo de Laroles, en el límite con la provincia de Almería, quedó restablecida ayer, después de permanecer cortada durante tres días, al abrirse al tráfico una de las tres vías de acceso a la localidad.

Así, quedó abierta la carretera que une el pueblo con la localidad de Cherín, mientras que la que transita por Mairena permanece cerrada por desprendimientos y la del puerto de la Ragua, por nieve.

P. T. CARATAUNAS

CARRETERAS

Dieciséis carreteras siguen cortadas o con dificultades en Granada:

- **N-323** Bailén-Motril. Solamente está abierta para los vehículos menos pesados. Un camión de tierra entre los Acebuches e Izbóir mantiene la carretera en uso. Los vehículos pesados deben desviarse por la **N-340**, pasar a la **N-331** y luego a la **A-92**. También hay dificultades en la autovía entre Jaén y Granada, en el puerto del Carretero, donde quedaron cortados dos carriles.
- **GR-451** de Orgiva a Vélez de Benaudala.
- **GR-SO-2** del Suspiro del Moro a Almuñécar. Cortada en Otívar.
- **GR-332** de Orgiva a Cádiar.
- **GR-232** de Láchar a la Estación de Illora. Cortada por desbordamiento del río Genil.
- **N-340** por el litoral granadino. A partir del kilómetro 358 la carretera está cortada. Los conductores que se dirijan hacia Almería deben cambiar su itinerario costero por el de Granada y Guadix, a través de la A-92.
- Comarcal entre Rubite y Castel de Ferro.
- Comarcal de Guadix a Adra.
- **GR-333** entre Orgiva y Albuñol.
- **GR-NO-16** en Huétor Tájar.
- Comarcal entre Ugíjar y Cádiar.
- **GR-SE-30** de Murtas a Venta del Tarugo.
- **GR-421** cortada en Capileira.
- **GR-100** cortada en Zafaraya.
- **GR-SO-18** entre Fornes y Arenas del Rey. La única forma de ir de un municipio a otro es dar un rodeo de 20 kilómetros alrededor del pantano de Los Bermejales.
- **Puerto de la Ragua** cerrado al tráfico por la nieve.
- **A-395** Carretera de la Sierra. Es necesario el uso de cadenas a partir del kilómetro 31.
- **Líneas férreas** La línea ferroviaria entre Sevilla y Granada quedó restablecida ayer por la mañana. En cambio continúa cortada entre Loja y Bobadilla, tramo en el que Renfe traslada a los viajeros en autobuses.

Los alpujarreños obligan a los políticos a andar dos kilómetros para que sufran el corte de la vía

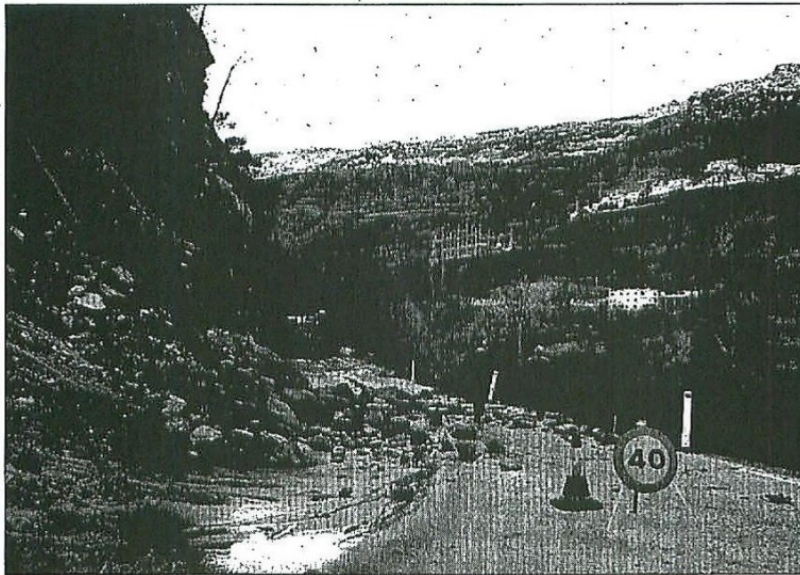
Los bajaron en coche después de recibir la promesa de un pronto arreglo de la carretera

RAFAEL VILCHEZ • PAMPANEIRA

Unos doscientos vecinos de la Alpujarra obligaron ayer al consejero de Obras Públicas de la Junta de Andalucía, Francisco Vallejo, y a un buen número de políticos a subir andando dos kilómetros por la carretera para que sufrieran en sus carnes y en sus pies los efectos del enorme corte que padece la vía que da acceso al barranco del Poqueira.

«¡Andando, como todos hacemos cada día!». Así se pronunciaron ayer unos doscientos vecinos de la Alpujarra que esperaban al consejero, al delegado provincial de Obras Públicas y a los diputados provinciales Julio Perea y Antonio Carvajal en la visita que éstos hicieron a la comarca. Los políticos fueron a entrevistarse con los siete alcaldes alpujarreños que están encerrados en protesta por el corte de la carretera, aunque la reunión fue después más masiva.

Al llegar al corte de la carretera, a dos kilómetros de Pampaneira, los políticos bajaron de sus coches.



JUAN ORTIZ

Corte de la carretera que da acceso al barranco del Poqueira desde Orgiva.

La Fiscalía no investiga los destrozos de las carreteras por no tener medios

EFE • GRANADA

El fiscal jefe del Tribunal Superior de Justicia de Andalucía (TSJA), Luis Portero, ha lamentado que la ausencia de medios técnicos y humanos impida a este órgano judicial emprender una investigación penal o civil para depurar las posibles responsabilidades por los destrozos sufridos en las carreteras andaluzas por el temporal de lluvia.

Portero señaló que de haber dispuesto de un cuerpo de Policía Judicial adscrito a la Fiscalía del TSJA, habría ordenado la apertura de diligencias para depurar la presunta existencia de negligencias u otras infracciones en la construcción y mantenimiento de las carreteras andaluzas, cuyos desperfectos, sólo en la red autonómica, han sido valorados en 11.000 millones de pesetas.

«Es preocupante observar el derroche de dinero que supondrá reparar las carreteras y ponerlas en funcionamiento. Todo lo que se hace, y en especial con dinero público, debe

Dos científicos españoles descubren un método para predecir las épocas de lluvias y sequías

Un fenómeno que se produce en el Pacífico afecta a España tres meses después

EFE • BARCELONA

Dos investigadores de la Universidad de Barcelona han establecido por primera vez la interrelación entre un fenómeno meteorológico del Pacífico Sur y el clima de España, que permitiría predecir con una antelación de entre tres meses y un año periodos prolongados de sequías y de lluvias.

Francisco Comín, profesor de Ecología de la Universidad de Barcelona, y Xavier Rodó, investigador de esa universidad y profesor de Estadística de la Escuela Universitaria de Mataró, han descubierto esta relación de forma casual, mientras investigaban la ecología de la laguna de Gallocanta, en Teruel.

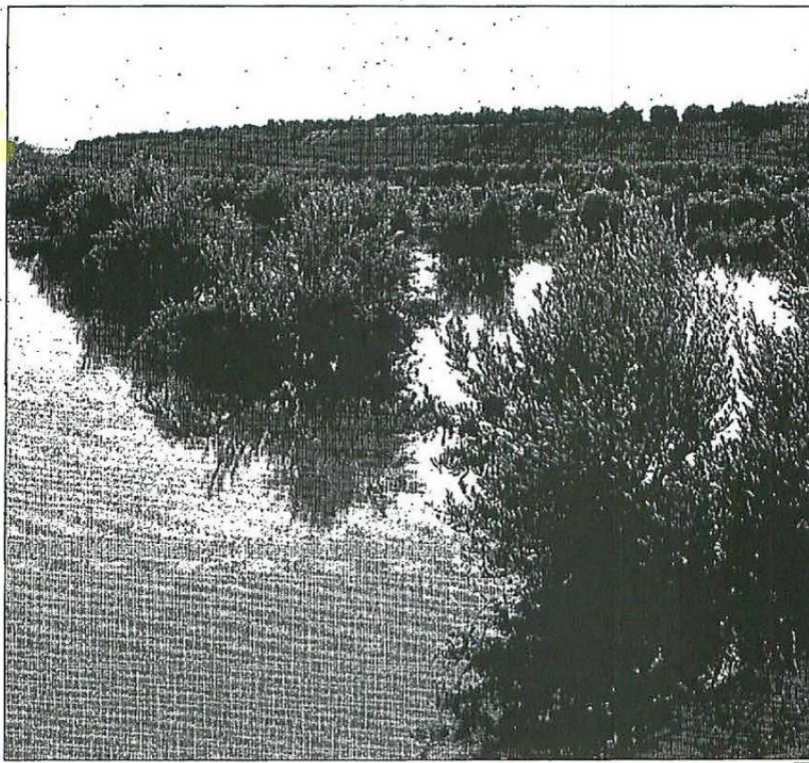
Según la teoría de los investigadores españoles, que será próximamente publicada en la revista científica *Climate Dynamics*, la aparición en el Pacífico Sur de alguna de las dos fases del fenómeno atmosférico ENSO (el Niño o la Niña), es previa a la llegada a España de periodos de extrema sequía o de lluvias prolongadas, especialmente en el sur y en el sureste peninsular, informó el doctor Francisco Comín.

El fenómeno del Niño, que se repite con una frecuencia variable de entre 3 y 7 años, consiste en el cambio en la localización de los centros de alta y baja presión entre zonas de ese océano, que originan un aumento de la temperatura superficial del agua del sur del Pacífico de entre 2 y 8 grados.

La Niña

Por el contrario, el fenómeno adverso, conocido como la Niña, se caracteriza por un enfriamiento anormal de ese océano. La manifestación del primero es previa a la aparición de sequías en España, mientras que la del segundo es anterior a épocas de lluvias intensas.

La influencia del Niño y la Niña en el clima de determinadas zonas de la Tierra es conocida desde hace



Olivares jienenses anegados por la lluvia.

años —sequías extremas en Australia, lluvias torrenciales en el Noreste del Pacífico Sur, paralización temporal del afloramiento marino del Perú, oleadas de calor e incendios en California—, aunque ésta es la primera vez que se establece su efecto sobre el clima en Europa.

Investigación

Después de más de veinte años investigando el ecosistema de la laguna de Gallocanta, los investigadores observaron que los periodos de desecación del lago coincidían con la aparición del fenómeno del Niño.

Tras esta observación, los dos investigadores cotejaron los años de aparición de este fenómeno atmosférico-oceánico con series de datos pluviométricos de España de los últimos cien años y comprobaron que, después de un periodo de tiempo de entre 3 meses y un año de que un Niño fuerte se desencadenara en el Pacífico Sur, las condiciones meteorológicas en España eran de extrema sequía.

Por el contrario, después de que se produjera una Niña de características fuertes en esa zona de la Tierra, comenzaba en la Península un período de lluvias intensas.

El descubrimiento permitirá,

según explicó el doctor Comín, predecir con suficiente antelación la llegada de épocas de extrema sequía y de lluvias prolongadas en el sur y en el sudeste peninsular.

La posibilidad de predecir los periodos de fuertes lluvias o de sequías pueden ser de vital importancia para la previsión de acciones a tomar en materia de agricultura, carreteras, infraestructuras en general, e incluso en previsiones de carácter económico en todos los países de la zona Sur de Europa. Estos investigadores aseguran que habrá que pulir sus trabajos, pero la base científica está ya totalmente demostrada.

La OCU detecta exceso de antibióticos en carne para consumo humano

EUROPA PRESS • MADRID

España ocupa el tercer lugar entre los países de la UE en cuanto a la presencia de residuos de antibióticos en la carne que se consume. En especial se ha detectado una mayor presencia de tetraciclinas, en especial en ternera y cerdo.

El estudio realizado por la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) indica que los mayores porcentajes de residuos, en orden descendente, los tienen Irlanda, en cerdo (17 por ciento); Grecia, en cerdo (8 por ciento); España, en ternera (7 por ciento); Bélgica, en pollo (6 por ciento); Bélgica, en ternera (5 por ciento) y España, en cerdo (5 por ciento). Por el contrario, no se detectaron residuos en las carnes de Dinamarca, Finlandia, Suecia y Portugal.

Estos resultados positivos indican que los baremos superan los niveles permitidos por la UE, aunque la OCU señala que las tetraciclinas no son tóxicas y se utilizan para prevenir y tratar, entre otras, las enfermedades respiratorias. No obstante, según la legislación comunitaria esa carne no sería apta para el consumo humano, si bien no presenta niveles peligrosos.

Fallece en Fuentevaqueros a los 81 años de edad la madre de Tico Medina

EFE • GRANADA

María Dolores García Cobo, madre de periodista Tico Medina, murió ayer en la localidad granadina de Fuentevaqueros como consecuencia de una bronquitis aguda y un infarto de miocardio, según constataba el parte médico de la defunción.

El funeral y el entierro de María Dolores García Cobo, de 81 años, tendrá lugar al medio-

Clasificados | 11870.com | Vivienda | Empleo | Coches | mujerhoy.com

Martes, 21 octubre 2014  Hoy 18 30 Mañana 17 30 +

ideal.es

Edición: Granada | Edición Almería | Edición Jaén | Personalizar

Iniciar sesión con   | Regístrate

Portada Local Deportes Economía Más Actualidad Gente y TV Ocio Participa Blogs Servicios Hemeroteca

Granada Costa Provincia Huétor Vega Maracena Loja Guadix Baza Motril

idea tv.es

Estás en: Granada - Ideal > Noticias Granada > Noticias Provincia > Pampaneira pide ayuda a la administración para poner fin a los desprendimientos

PROVINCIA-GRANADA

Pampaneira pide ayuda a la administración para poner fin a los desprendimientos

30.01.10 - 02:00 - RAFAEL VÍLCHEZ | PAMPANEIRA.

Comenta esta noticia |  0 |  0 |  Compartir |  0

     1 votos   

La alcaldesa de Pampaneira, Mercedes Carrascosa (PSOE), desea que las ayudas que la Junta aporta a los desprendimientos de tierra, árboles y roca que se producen casi a diario en distintos lugares del Barranco de Poqueira por las lluvias, lleguen a su fin. Fincas, caminos y un pequeño puente rural han desaparecido. Carrascosa pretende también que técnicos de la Junta elaboren otro proyecto para acometer unas obras para acabar con los deslizamientos, grietas, socavones y hundimientos que se producen en la carretera de la Alpujarra alta, en el paraje de El Pontillón, cercano a la Central Hidroeléctrica de Pampaneira.

Carrascosa indicó que se ha puesto en contacto con las consejerías de Obras Públicas y Medio Ambiente «para que traten de 'sujetar' Pampaneira porque, de lo contrario, pudiéramos acabar poco a poco en el río Poqueira».

Asimismo afirma que en la zona de El Pontillón existe una gran 'lengua' profunda de launa y cuando llueve con fuerza se 'traga' parte de la carretera y la ladera. «En este lugar, la mitad de la vía ha desaparecido con el último temporal. Y si no se toman medidas urgentes puede que ocurra lo que sucedió hace casi tres lustros, cuando un enorme desprendimiento fue el causante de que la vía de la Alpujarra alta estuviese inutilizable y cortada varias semanas», señaló.

Mirar hacia atrás

Mercedes Carrascosa manifestó también que existen acequias muy dañadas y el sendero G-7, que hace poco lo habíamos arreglado, está muy deteriorado. Además, se han roto muchos balates y el camino del río y el camino real han sufrido graves daños. Creo que para 'sujetar' el Barranco de Poqueira, es decir para que no se produzcan desprendimientos y desplazamientos en Pampaneira, Bubión y Capileira, la Junta debería construir diques o muros de contención, según los técnicos, desde la Junta de los Ríos hasta el río Poqueira.



Los deslizamientos están afectando seriamente a la carretera.
:: R. V.

PUBLICIDAD

Clasificados | 11870.com | Vivienda | Empleo | Coches | mujerhoy.com Martes, 21 octubre

ideal.es
Edición: Granada | Edición Almería | Edición Jaén | Personalizar ▾

Portada **Local** Deportes Economía Más Actualidad Gente y TV Ocio Participa Blogs Servicios ▾

Granada Costa **Provincia** Huétor Vega Maracena Loja Guadix Baza Motril

Estás en: Granada - Ideal > Noticias Granada > Noticias Provincia > Grietas, socavones y desprendimientos en una zona d

PROVINCIA-GRANADA

Grietas, socavones y desprendimientos en una zona de la carretera del Barranco de Poqueira

09.02.10 - 01:45 - RAFA VÍLCHEZ | PAMPANEIRA.

Comenta esta noticia | 0 | 0 | | 0 ★★★★★ 0 votos

La carretera de la Alpujarra alta va de mal en peor. En la zona del Pontillón de Pampaneira, cercana a la Central Hidroeléctrica, se han acentuado en los últimos días los desprendimientos de tierra y rocas, las grietas que surcan la vía, los socavones y hundimientos.

La parlamentaria andaluza del Partido Popular Lidia Reyes visitó ayer este lugar. «Creo que si la consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía no acomete, con carácter de urgencia, unas obras para sujetar de una vez por todas el trozo de la vía afectada, se podría cortar por completo la carretera, como pasó hace unos lustros, porque ese tramo se lo tragará el Barranco de Poqueira», afirmó.

Lidia Reyes anunció que solicitará a la Junta, con carácter de urgencia, la construcción de diques y muros escalonados de contención en algunos lugares del Barranco de Poqueira. «Solicitaré este proyecto para que la Junta trate de sujetar y estabilizar la carretera de la Alpujarra alta, a su paso por los términos municipales de Pampaneira, Bubión y Pampaneira, así como las fincas, acequias, puentes y algunos inmuebles de una de las zonas más turísticas de la Alpujarra. De lo contrario, si la Junta no se interesa seriamente y urgentemente por el Barranco de Poqueira, no con promesas y parcheos, sino a través de un proyecto importante, los tres núcleos urbanos, lentamente, pudieran acabar en el Río Poqueira con el paso del tiempo», señaló Lidia Reyes.




Grietas en un tramo de carretera de la Alpujarra alta. :: R. VÍLCHEZ

Publicidad

Publicidad

ID 45



Fecha de las imágenes en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 9/2012

ID 45



Fecha de las imágenes en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 9/2012



Recorrido por la catástrofe

Un tajo de 200 metros de alto y 50 de ancho amenaza con sepultar Albuñuelas

No hay agua potable y las vías están cortadas

ANGELES HUERTAS

GRANADA. La localidad de Albuñuelas se encuentra en alerta desde hace seis días. El municipio, con 1.300 habitantes y situado en la depresión de un barranco, está perdiendo las 14.000 hectáreas de terreno que tenía antes de la lluvia. Un tajo de más de cincuenta metros de alto y doscientos de ancho se está precipitando contra las casas del pueblo.

Los vecinos del pueblo de Albuñuelas, situado en las cercanías del pantano de Béznar, que fueron evacuados la noche del 2 de enero, temen entrar a sus domicilios simplemente para salvar sus pertenencias. «El tajo se nos está cayendo encima. Todas las plantaciones de árboles de varios magales de tierra que estaban en lo alto del monte ahora se encuentran sepultados bajo el lodo, en el fondo del barranco, al lado de las casas», afirma el alcalde del pueblo, Antonio Durán. Más de quince metros de altura ha aumentado el nivel de la tierra en esta zona. Los olivos, las piedras y la tierra que hasta hace días formaban fincas se encuentran apiladas en el suelo, después de arrastrarse y caer desde una altura de cincuenta metros. «Sin ir más lejos, el lunes cayó una alberca de cinco metros de larga y ahora ya ni se la ve. Ha quedado enterrada entre la tierra», mantiene un vecino.

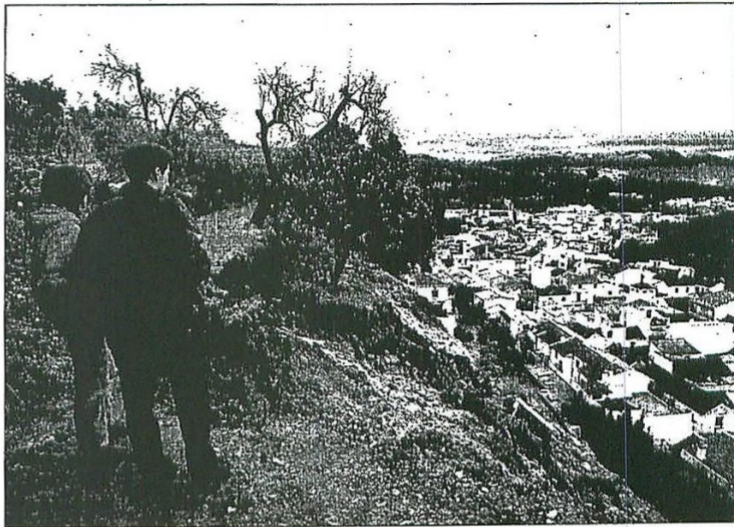
Un río

Algunas de las 22 familias evacuadas, que viven, por el momento, en otras casas del municipio, se han resignado a perder su vivienda. El pueblo entero es un riachuelo de agua. Según uno de los concejales del Ayuntamiento, «la tierra ha absorbido toda la lluvia y ahora la está soltando de tal forma que las alcantarillas no pueden tragar tanta agua. El día de la tromba el barro y las piedras llegaron hasta las ventanas de la segunda planta». Los movimientos de tierra han causado la desaparición de al menos cien fincas. El alcalde mantiene

que es «prácticamente imposible evaluar los daños, porque no sabemos todavía el volumen de tierra que ha desaparecido. Los caminos no existen y el corrimiento ha provocado que los terrenos se mezclen unos con otros, aparezcan grietas, saltos y elementos que antes no existían. Hemos vaciado las albercas, piscinas y depósitos de agua. Sin embargo, la riada no para y la lluvia amenaza con sepultar entre lodo y piedras a todo el pueblo».

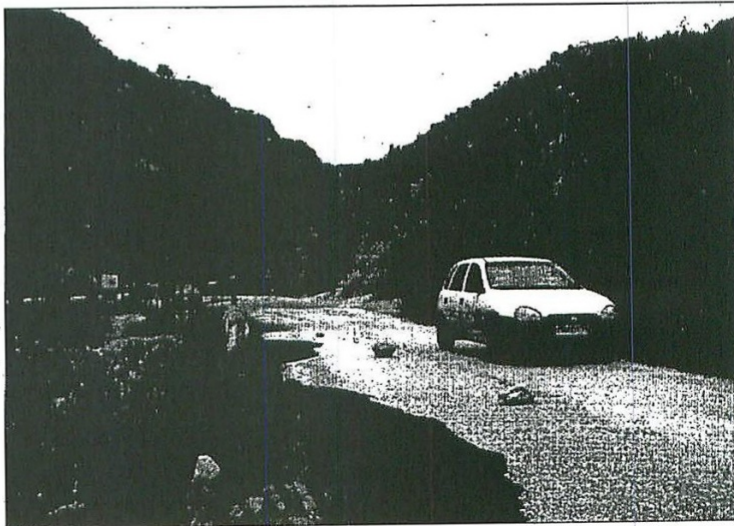
Sin agua

Pero no sólo el barranco de La Conca amenaza a la población. El lugar, que ha sido declarado zona catastrófica por los responsables del pueblo, está rodeado de otros dos tajos: el del Castillo y el Molino Bajo. «Lo que ocurre es que en estas zonas no se nos cae el barranco encima, sino que nosotros vamos hacia el barranco», dijo. Las comunicaciones dentro y fuera del pueblo se han visto afectadas. La carretera de Villamena está cortada desde hace una semana y la de Pinos del Valle «está tan mal que finalmente quedaremos incomunicados», mantiene Durán. Los habitantes tampoco tienen agua potable desde hace varios días. «Arreglamos las tuberías, pero se han vuelto a romper con los deslizamientos. La gente coge agua de las fuentes y la hierve para beber. Las cinco acequias están cortadas en distintos tramos y la situación es insostenible», afirma el alcalde. Los responsables del Ayuntamiento aseguran que Antonio India, el presidente de la Diputación, visitará hoy la zona.



RAMÓN L. PÉREZ

Vecinos de la localidad contemplan Albuñuelas desde encima del barranco.



RAMÓN L. PÉREZ

Enorme corte de la carretera en las proximidades de la localidad de Albuñuelas.



Un desprendimiento corta el acceso a Almuñécar por la N-340 El derrumbe de un talud entre los kilómetros 316 y 317 de la N-340 ha cortado el acceso a localidad de Almuñécar. El desprendimiento ha provocado una espectacular ondulación del asfalto, informa **Juan Manuel de Haro**. Así las cosas, los automovilistas que circulan hacia Málaga deben utilizar un carril anterior a la construcción de los túneles que dan acceso a Almuñécar. Por contra, los usuarios que viajan hacia Almería tienen que realizar un largo rodeo por la playa de Velilla, para finalmente salir al carril mencionado. En este sentido, y dada la confluencia de los dos flujos circulatorios en ese vial, se recomienda extremar las precauciones. FOTO: DE HARO.

ID 50



Fecha de las imágenes en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 12/2008

Nuevos desprendimientos de tierra incomunican la Costa con Granada por la carretera N-323

Una veintena de empresas se unen para protestar por el aislamiento de la comarca

P. TRUJILLO / G. PÉREZ • GRANADA / MOTRIL

La carretera N-323, que comunica el interior de Granada con la Costa Tropical, está de nuevo inservible frente a Izbora. Una gran cantidad de tierra y piedras se desplomó en la madrugada de ayer en el kilómetro 171, justo en el lugar donde se

han producido los daños más graves a causa del temporal. Ayer, además, estaba previsto restaurar para todo el tráfico esta cuesta. Fuentes de la Guardia Civil y de la Demarcación de Carreteras señalaron que no hay fecha para volver a abrir el paso. Desde Año Nuevo este tramo se

ha visto cortado casi todos los días aunque los trabajos de recuperación mantenían útil la carretera. La precariedad en las comunicaciones ha provocado que una veintena de empresas de la comarca se alíen en una Plataforma contra el Aislamiento de la Costa.

Un nuevo alud de piedras y tierra cortó ayer la comunicación entre la Costa y el interior de Granada a través de la carretera nacional 323. El talud junto al que transcurre la vía en el kilómetro 171, frente a Izbora, se ha desplomado sobre el carril habilitado en el lugar, en un punto que justamente ayer iba a ser devuelto al tráfico sin restricciones.

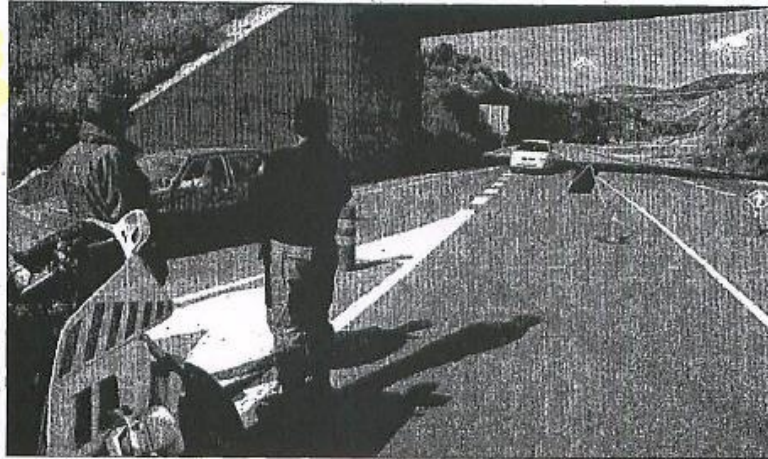
Según la Guardia Civil, no hay fecha para poder restaurar la circulación. Los camiones pesados tienen que desviarse por Málaga o Almería para dirigirse en un sentido u otro. Los turistas y el transporte de viajeros, por su parte, pueden acceder a través de Los Guájares para saltarse el tramo cortado. El uso de la carretera de la Cibra está también limitado por los desprendimientos en Otívar. Ayer tarde, Tráfico había restringido la circulación por este punto a vehículos de menos de siete toneladas.

Ingenieros de la Demarcación de Carreteras se trasladaron ayer al punto más dañado de la N-323 para estudiar lo ocurrido. No hay fecha, a diferencia de anteriores ocasiones, para tener despejada la vía.

La continuidad en los cortes de este tramo de carretera ha animado a una veintena de empresas motrileñas a unirse en una Plataforma contra el Aislamiento de la Costa. Por una parte, los empresarios motrileños esperan las explicaciones del jefe de la Demarcación de Carreteras de Andalucía Oriental, Domingo Quesada, en una reunión que previsiblemente se celebre al final de esta semana en Motril. Después convocarán una asamblea en la que se formalizará la plataforma y se dispondrán los criterios sobre las protestas y reivindicaciones que iniciarán.

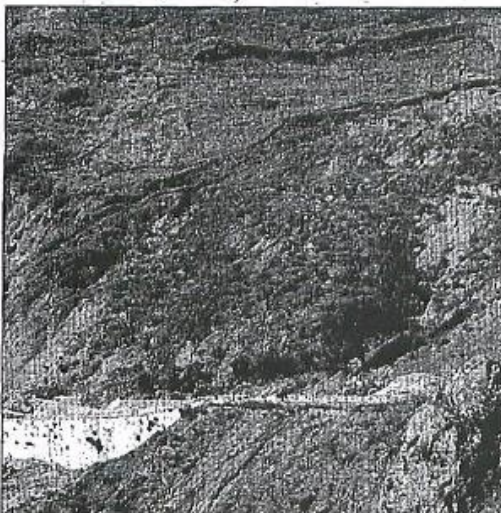
Conocimiento a nivel general

La idea de Juan Carlos Ortigosa, perteneciente a la empresa consiguaria de buques López Guillén y uno de los artífices de la plataforma, es la de hacer saltar las fronteras de lo local y provincial, para que se conozca la situación a nivel general. Por otra parte, se



Desvío de la N-323 hacia la presa de Bézora.

ALFREDO AGUILAR



Impresionante aspecto del trazado de la N-323.

ALFREDO AGUILAR

alberga el deseo de no hacer de la plataforma un «mero gabinete de crisis», sino que su actividad continúe hasta que la Costa de Gra-

nada esté totalmente vinculada a la red general por autovías.

Ya son más de veinte las empresas que han apoyado la idea. Así-

Un grupo de Ingenieros se trasladó ayer al punto más dañado de la Carretera Nacional 323 para estudiar lo ocurrido

mismo, han declarado su adhesión la Cámara de Comercio de Motril, la Asociación de Comerciantes y otras empresas de zonas próximas como la almeriense de El Ejido. «Nuestra finalidad —afirman en una nota— es la de tratar de conseguir que la muy deficiente situación en que se encuentran las comunicaciones con la Costa granadina, y en particular Motril, sea conocida y se le encuentren las soluciones que juzgamos impresionables para nuestro desarrollo».

El comunicado hace referencia al daño que este hecho supone para la economía de la comarca. La agencia Efe recogió ayer que, según la Asociación de Jóvenes Agricultores (Asaja) de Motril, el cierre total de la carretera 323 ha elevado entre un 20% y un 30% los costes de transporte de sus productos, en especial los subtropicales, y con ello su precio final.

El ministro de Fomento Rafael Arias Salgado anuncia que visitará la Costa

J. M. DE HARO • ALMUECAR

El ministro de Fomento Rafael Arias Salgado podrá visitar próximamente la Costa de Granada, según ha anunciado el concejal y diputado provincial del Partido Popular Andrés Palacios.

Andrés Palacios manifestó a los medios de comunicación que se están haciendo intensas gestiones para que el máximo responsable de Fomento a nivel nacional conozca *in situ* los daños producidos por la tormenta de lluvias caídas en esta parte de Andalucía durante las últimas semanas, tanto en las carreteras nacionales 323 y 340 como en las distintas viviendas, en los campos de agricultura así como en otras diversas infraestructuras de la comarca.

Pero no sólo las más altas instancias política prometen girar visita por estos pagos costeros. Sin ir más lejos, el que tiene ya confirmada la visita a la Costa Tropical para esta semana es el gobernador civil de la provincia de Granada, Julián Urbano.

Ayer por la mañana Andrés Palacios, acompañado por las cinco familias que fueron desalojadas de sus viviendas en la barriada almuequera de Taramay, fueron recibidos por Urbano.

Le expusieron la situación en las que habían quedado tras ser desalojados, ante el peligro inminente de derrumbe de sus viviendas, situadas junto al kilómetro 317 de la N-340, y que motivó incluso el corte de la vía en este punto y el cierre, por varios días, del túnel próximo.

A fondo perdido

«En la entrevista el gobernador ha informado a los vecinos sobre las ayudas que el Gobierno central pondrá en marcha, tanto a fondo perdido como en créditos blandos», señaló Palacios.

Precisamente, a primeras horas de la tarde de ayer «las casas se derrumbaron», manifestaron los vecinos. Algunos testigos presenciales confirmaron que «la hora exacta fue sobre las tres y cuarto».

Ayer se cumplía un mes exacto del desalojo de las cinco familias que habitaban estas viviendas de Taramay.

Domingo Quesada no puede aventurar una fecha para la reapertura al tráfico de la N-323

Estudia las alternativas de los empresarios motrileños para llegar hasta la Costa

GERARDO PEREZ • MOTRIL

Domingo Quesada, jefe de la Demarcación de Carreteras de Andalucía Oriental, no pudo adelantar ayer una fecha para el restablecimiento del tráfico en el tramo Motril-Granada de la N-323 hasta que los técnicos aporten soluciones. Mientras tanto, los empresarios proponen dejar la carretera de Orgiwa para los vehículos ligeros, mientras que las de la 'Cabra' y Guájares serían para el uso del tráfico pesado, según se fuera en vacío o con carga.

Domingo Quesada se reunió ayer en Motril con numerosos empresarios locales que, desde hace ya veinte días, se ven imposibilitados a transportar sus mercancías con normalidad. Como consecuencia, el ambiente está cada vez más tenso, hasta el punto de anunciarse, desde diversos sectores, movilizaciones contra esta situación.

Quesada explicó los últimos acontecimientos ocurridos en la zona de Izbor, donde el pasado viernes se produjo otro desprendimiento de unos 160.000 metros cúbicos de tierra y piedras, que inundó el desvío provisional y provocó otro corte, cuando ya se anunciaba su apertura al tráfico.

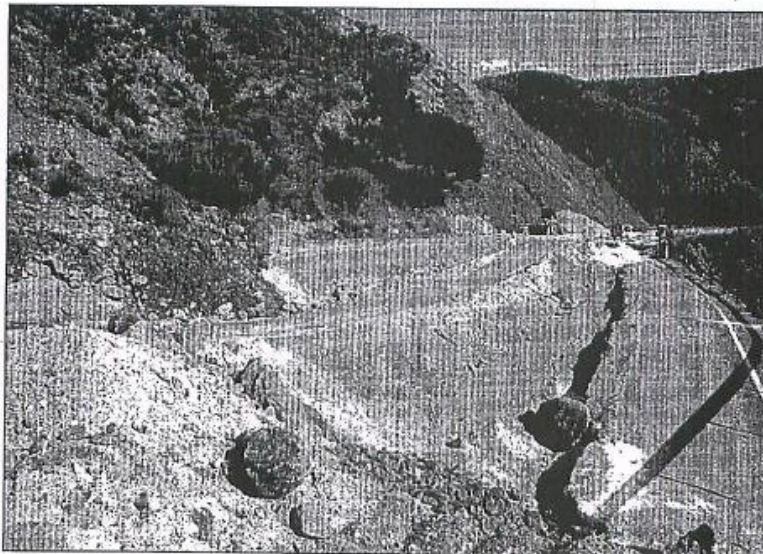
Ahora, los técnicos investigan la parte alta del cerro: una llanura rajada, con riesgo de desprenderse hacia la carretera.

De momento, se desconoce si el movimiento de tierra pasa bajo la carretera, «cosa probable», o tiene su pie a la altura de la carretera. Si es así, se podría remover todo lo posible y aplicar una solución técnica de estabilización.

Simultáneamente se realizan obras de drenaje de las aguas que alberga el cerro, para que no afecten a la plataforma de la carretera.

«Si el movimiento fuese profundo —señaló Quesada— no puedo aventurar nada; así de claro. No vale la pena ocultar la realidad geotécnica de la zona; pero creemos que ese movimiento no es tan bajo».

Actualmente están trabajando



Aspecto que presentaba el pasado lunes la carretera nacional 323, a la altura de Izbor.

tres máquinas grandes y una de menor envergadura, más todo un equipo de técnicos. El problema no es, por tanto, de medios técnicos ni humanos, según Domingo Quesada, sino de los estudios necesarios para aplicar las soluciones adecuadas.

El objetivo de Fomento es el de restablecer el tráfico para todos los vehículos. «Posiblemente mañana viernes podamos tener más datos —insistió Quesada—, pero ahora no puedo aventurar una fecha de apertura».

Puntos delicados

Ade más, entre Izbor y Vélez hay puntos delicados. Salvo el Miriñaque, donde la Administración sabe qué hacer, en el resto se actúa contra el desmoronamiento para habilitar el paso de vehículos.

A pesar del despliegue técnico y humano, Quesada recomienda esperar la evaluación de las máquinas de sondeo.

No obstante, cree interesante desplazar al tráfico ligero por Orgiwa, carretera de competencia de la Junta de Andalucía, donde espera que se restablezca pronto la normalidad.

Los empresarios apuntan la posibilidad de dejar esa vía en exclusiva para vehículos ligeros, y usar, para el tráfico pesado, los accesos por la 'Cabra' y los Guájares. La que estuviese en peores condiciones de las dos, se dejaría para vehículos en vacío. Fue esta una solución recogida por Quesada como «posible», y que será sometida al criterio del gobernador civil de forma inmediata.

Algunos empresarios criticaron la postura de la Administración, incluso algunas de las obras que se desarrollaban en la zona afectada. Incluso mostraron la situación que padecen a nivel económico, así como sus repercusiones posteriores.

Quesada respondió a todas las

cuestiones, incluso a las que afectaban a la solución definitiva de la autovía Granada-Motril.

Futura autovía

Sobre el particular dijo que el tramo Alhendín-Dúrcal será adjudicado en mayo; el Dúrcal-Vélez estará adjudicado en 16 meses para su redacción, porque es imposible, dijo, rebajar más los plazos, dada la complejidad y los numerosos estudios preceptivos. Por último, el tramo Vélez-Motril lleva una tramitación mayor, por las características medioambientales que conlleva.

Por último, Domingo Quesada se comprometió a ofrecer información puntual del estado de las obras y posibles soluciones técnicas.

Por su parte, algunos empresarios propusieron la posibilidad de negociar con el Gobierno rebajas en el gas-oil, incluso el abono de daños y perjuicios.

Dos semanas de plazo

G. P. • MOTRIL

Jesús Pérez, alcalde en funciones de Motril, se ha pronunciado en torno a la situación de la carretera N-323. Es consciente de que las soluciones se están estudiando sin limitaciones de medios, pero si dentro de unos días —dos semanas, precisó después— no se aportan esas soluciones, el gobierno local se pondría al frente de las reivindicaciones.

Pérez afirmó que el alcalde se entrevistará el próximo 6 de febrero con el director general de Carreteras para plantearle la situación. Incidió en que esta obra necesita proyectos serios y, más que nada, que esos proyectos se realicen teniendo en cuenta la futura autovía. Preciso que las cosas no pueden acometerse de cualquier manera para evitar posibles víctimas, pero dejó claro que el gobierno local estará a la expectativa de lo que realice el Gobierno central.

Por último, Pérez indicó que desde la Administración se había omitido la información precisa a los ciudadanos, por lo que invitó a las autoridades gubernativas a venir a dar explicaciones a la Costa. «Es necesaria esa información, preciso, pero también ofrecer un margen de confianza para ver si se acometen los arreglos».

Pésimo tráfico portuario

G. P. • MOTRIL

Si a primeros de mes las previsiones del tráfico portuario eran algadefias, cuando finaliza éste las cifras registradas son un 30% inferiores al mismo mes del pasado año, debido, esencialmente, al lamentable estado de las comunicaciones por carretera, por lo que enero se convertirá en el peor mes de cuantos se llevan contabilizados en los últimos años.

Las autoridades portuarias han reiterado su preocupación ante los resultados obtenidos por las operaciones de carga y descarga. En caso de prevalecer la actual situación en las

06
FEB
2009

Desprendimiento por el temporal en Soportújar

Esta pasada madrugada y después de las últimas lluvias que llevamos, con el temporal de viento, frío, lluvia y nieve; al igual que está ocurriendo en toda la Alpujarra, con numerosos pueblos con carreteras cortadas, caídas de árboles. En el lavadero se ha derrumbado la parte de arriba cayendo tierra, rocas y árboles sobre la calzada. Se han avisado a los servicios de emergencia, tanto Guardia Civil como sanitarios por si había alguna emergencia y a Obras Públicas.

(click sobre las fotos para verlas más grandes)



Han respondido rápidamente desde el primer momento, se han desplazado a la zona técnicos de Diputación para evaluar el terreno y se está trabajando desde el primer momento a contrareloj para retirar la gran cantidad de materiales y dejar el paso libre. Estas labores llevarán su

tiempo, hasta que esté totalmente restablecida la normalidad, parece ser que uno o dos días si no hay más desprendimientos, para poder pasar bien.

PUBLICADO POR SOPORTÚJAR EN 20:36

Enlace: <http://www.soportujar.org/2009/02/desprendimiento-por-el-temporal.html>

ideal.es Hemeroteca | E
Personaliz

Portada | **Local** | **Deportes** | **Más Actualidad** | **Multimedia** | **Ocio** | **Participación** | **Servicios**

Estás en: [Granada - Ideal](#) > [Noticias Granada](#) > [Noticias Provincia](#)

NUEVA VÍA DE ACCESO AL MUNICIPIO

Diputación comenzará mañana a drenar el terreno de la ladera desprendida en Soportújar

10.02.09 - 19:18 - E. P. | GRANADA

Vota ☆☆☆☆☆ | 0 votos ☆☆☆☆☆ Opina Ver comentarios (0) Imprimir Enviar Rectificar

Responsables de la Diputación de Granada se desplazaron hoy al municipio alpujarreño de Soportújar para examinar la zona afectada por el desprendimiento la pasada semana de una ladera sobre la única vía de acceso al pueblo y determinaron comenzar mañana con el drenaje del terreno para propiciar que se seque antes de comenzar a construir un muro de contención.

Así lo informó hoy el alcalde de la localidad, José Antonio Martín (PSOE), quien indicó que los desprendimientos de tierra y piedras sobre la vía son "constantes", dado que la ladera afectada cuenta con varias fuentes naturales que se "han descontrolado" y emanan agua desde quince metros de altura, "desmoronando todo el terreno que se encuentra debajo".

Así, desde el pasado viernes varios técnicos se afanan "día y noche" en limpiar los restos de piedras y barro que se acumulan en la vía y cargarlos en camiones, a fin de evitar que se quede de nuevo incomunicada.

Una vez que se canalicen las aguas que emanan de la ladera de forma natural, se construirán varios muros de contención escalonados para sujetar el terreno y alcanzar así "una solución definitiva" al problema, que se produjo tras las intensas lluvias registradas la pasada semana en este pueblo, con 300 habitantes

El equipo de gobierno está además buscando financiación para construir una nueva vía de acceso al municipio, de modo que haya dos opciones para entrar en el mismo, puesto que tras el desprendimiento de la pasada semana el pueblo quedó incomunicado casi durante 24 horas y fue necesario habilitar un carril provisional –aún operativo– para facilitar el tránsito de tráfico rodado.

Enlace: <http://www.ideal.es/granada/20090210/local/provincia-granada/diputacion-comenzara-manana-drenar-200902101916.html>

Estás en: [Granada - Ideal](#) > [Noticias Granada](#) > [Noticias Provincia](#)

PROVINCIA-GRANADA

Soportújar frenará los desprendimientos con un muro de piedra y el drenaje del agua

El Ayuntamiento dice que con esta medida se quiere hacer del **centro una zona libre de coches y transitable**. La Junta de Andalucía le ha concedido una **subvención por vía de urgencia** de 120.000 euros para hacer frente a las próximas obras.

25.07.09 - RAFAEL VÍLCHEZ | SOPORTÚJAR

Vota ☆☆☆☆☆ | 0 votos ☆☆☆☆☆

Opina

Ver comentarios (0)

Imprimir

Enviar

Rectificar

La Junta de Andalucía ha concedido al Ayuntamiento de Soportújar una subvención urgente y excepcional de unos 120.000 euros para resolver el problema de los desprendimientos de tierra y rocas que comenzaron a producirse a partir del 7 de febrero, debido a las lluvias y también a las aguas subterráneas que existen a la entrada del municipio.

El pasado 12 de marzo, el delegado del Gobierno de la Junta, Jesús Huertas, y el titular de Obras Públicas, Jorge Rodríguez, visitaron Soportújar y prometieron a su alcalde, José Antonio Martín, un muro de mampostería y la canalización y drenaje de las aguas con cargo a la Junta. Lo que prometieron lo han cumplido pues las obras ya se están realizando.



José Antonio Martín ante el nuevo muro. /R. VÍLCHEZ

El alcalde de Soportújar indicó a IDEAL que ha podido constatar una vez más que la Junta se ha volcado con ellos para solucionar el problema de los desprendimientos. «Le agradezco que nos haya echado una mano, económicamente hablando, porque nosotros por sí solos no podíamos hacernos cargo de los gastos de la obra que esperamos esté finalizada para el mes de septiembre. El muro de contención, que tiene más de dos metros de anchura en su parte baja, se está haciendo con mampostería y además de un tema de seguridad también embellecerá la entrada del casco urbano», afirmó.

Martín, refiriéndose a otros proyectos, manifestó que se están construyendo una nueva calle por la parte alta del pueblo y un depósito de agua potable de unos 400.000 litros. «También la entrada de Soportújar se va a ensanchar y en la parte baja de acceso se va a poner en marcha una gran zona verde con paseos ajardinados, bancos y fuentes en cuyos proyectos se invertirán unos 100.000 euros», terminó diciendo.

Enlace: <http://www.ideal.es/granada/20090725/provincia/soportujar-frenara-desprendimientos-muro-20090725.html>

ID 72



Fecha de las imágenes en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 09/2012

Un desprendimiento de tierra provoca el cierre de la A-7 entre Albuñol y Adra

EUNATE SERRANO | ALMERÍA

Vota ☆☆☆☆☆ | 1 voto ★★★★★

Opina

Ver comentarios (0)

Imprimir

Enviar

Rectificar

Técnicos, máquinas y 30 operarios de Ferrovial trabajan a destajo en los arreglos. Este tramo estará cerrado al tráfico durante todo el fin de semana.

- Se desconocen las causas del deslizamiento que ha afectado a la estructura de la vía
- Por motivos de seguridad el tráfico se ha desviado por la N-340 durante 9 kilómetros

Un movimiento de ladera provocó ayer el corte al tráfico de la autovía A-7 en el tramo Albuñol-Adra. De momento, se desconocen los motivos del deslizamiento de tierras que, en ningún momento han alcanzado la calzada. El Ministerio de Fomento y Ferrovial, empresa encargada de las obras de la carretera, ya están investigando las causas de este movimiento en la montaña, por lo que «por motivos de seguridad», el tráfico se ha desviado por la antigua carretera N-340, entre los enlaces de Pozuelo y Adra.

«El motivo del corte se debe a un importante deslizamiento de tierras, producido en la ladera de la montaña que ha afectado al estribo y a una pila del viaducto de La Alcazaba situado entre los puntos kilométricos 381 y 300», explicó Juan de Oña, jefe de Unidad de Carreteras de Almería del Ministerio de Fomento. Tanto desde Fomento como desde la empresa Ferrovial iniciaron una labor de seguimiento, para analizar la evolución y adoptar las medidas técnicas que «permitan garantizar la estabilidad de la estructura y volver en el menor tiempo posible a restablecer el tráfico». Lo que sí tienen claro es que se ha detectado un movimiento de la ladera. «Descartamos que el movimiento se haya producido por la estructura, todo lo contrario, se trata de un deslizamiento natural de la tierra que ha afectado a la estructura. Ha sido brusco e imprevisible y desconocemos el origen», puntualizó Emilio López, delegado de Andalucía Oriental de Ferrovial.

Desde primera hora de la mañana, que fue cuando detectaron el problema, realizaron las comprobaciones topográficas pertinentes para conocer el alcance del movimiento y junto con el Ministerio determinaron, por seguridad de los usuarios de la vía, cortar el tráfico, mientras siguen con la investigación y elaboran medidas correctoras.

Así, hasta que no terminen los estudios de diagnóstico que aclaren la magnitud del movimiento de tierras y sus causas, no podrán determinar la solución técnica y el plazo que durará la reparación. Un grupo de treinta operarios de Ferrovial está trabajando 'in situ' en las inmediaciones de la autovía, así como técnicos y la maquinaria necesaria para ejecutar los arreglos. Por lo menos, este fin de semana, este tramo estará totalmente cerrado al tráfico.

Segundo desprendimiento

La obra supuso una inversión de 115 millones de euros, cifra que también incluyó las expropiaciones y los proyectos de consultoría, por lo que cada kilómetro del tramo ha costado once millones de euros, casi tres veces más que los 4,5 millones de la media nacional. Esta no es la primera vez que un movimiento de tierras afecta a este tramo de la autovía. El mismo día que se inauguró -el 26 de diciembre de 2007- se cerró al tráfico dos de los diez kilómetros que se abrieron al tránsito de vehículos. Y tan solo hace tres meses que abrió por completo esta carretera. Una vez más los movimientos de tierra han jugado una mala pasada a esta autovía.

Enlace: <http://www.ideal.es/granada/20090131/costa/desprendimiento-tierra-provoca-cierre-20090131.html>

ideal.es Hemeroteca | Personalización

[Portada](#) | [Local](#) | [Deportes](#) | [Más Actualidad](#) | [Multimedia](#) | [Ocio](#) | [Participación](#) | [Servicios](#)

Estás en: [Granada - Ideal](#) > [Noticias Granada](#) > [Noticias Granada](#)

GRANADA

La A-7 no sale del bache

El corrimiento de tierras obliga a volver a decretar el cierre «indefinido» del tramo de diez kilómetros de autovía entre Adra y Albuñol

L. UBAGO Y C. M. | MOTRIL/GRANADA

Vota ☆☆☆☆☆ | 3 votos ★★★★★
[Opina](#) | [Ver comentarios \(0\)](#) | [Imprimir](#) | [Enviar](#) | [Rectificar](#)

La A-7 es una carretera gafada. La autovía que unirá Granada, Almería y Málaga por el litoral acumula un historial deprimente de accidentes y hundimientos. No sale del bache de la desgracia. El pasado jueves, la mala fortuna -mientras no llegue la necesaria explicación técnica, sólo se puede culpar al azar, a los caprichos de la naturaleza- se cebó de nuevo con el tramo de diez kilómetros que va de la localidad granadina de Albuñol a la población almeriense de Adra. Un corrimiento de tierras afectó a un pilar del viaducto de La Alcazaba y obligó el viernes a cortar al tráfico esa parte de la A-7, que, en realidad, nunca ha estado bien. La ministra de Fomento, Magdalena Álvarez, inauguró el tramo en 2007, pero fue un acto accidentado. Poco antes se había producido un derrumbe. Así que sólo hubo el protocolario corte de la cinta, porque los automóviles no pudieron rodar por esos diez kilómetros de asfalto. Tuvo que pasar un año para eso.

Hoy las cosas vuelven a estar igual que entonces. El tramo está de nuevo cerrado y los vehículos han de circular por la antigua N-340. Según informaron fuentes de Tráfico a IDEAL, el corte tiene carácter «indefinido».



El incidente ha causado una ondulación en uno de los carriles de la A-7. /ALFREDO AGUILAR

<< 1 2 3 >>

CRONOLOGÍA DE UN...

carlosmoran@ideal.es

Tramo Adra-Albuñol 10,5 Kilómetros

Enlace: <http://www.ideal.es/granada/20090201/granada/sale-bache-20090201.html>

Estás en: [Almería - Ideal](#) > [Noticias Almería](#) > [Noticias almeria](#)

ALMERÍA

Reabierto al tráfico el tramo Adra-Albuñol de la A-7 que fue cerrado por desprendimientos

El 30 de enero se cerró al tráfico por unos deslizamientos en una ladera El Ministerio ha dado el **visto bueno tras superar la prueba de carga**

EFE | MOTRIL

Vota ☆☆☆☆☆ | 13 votos ★★★★★

Opina

Ver comentarios (0)

Imprimir

Enviar

Rectificar

El Ministerio de Fomento ha reabierto esta mañana al tráfico de vehículos el tramo entre Albuñol (Granada) y Adra (Almería) de la A-7, después de que haya permanecido cerrado desde el pasado 30 de enero debido a unos desprendimientos a su paso por el Viaducto de la Alcazaba.

La reapertura se ha hecho efectiva después de que los operarios de la empresa adjudicataria de las obras de reparación hayan dado los últimos retoques esta misma mañana.

Así, sobre las 10.30 horas de esta mañana, la Guardia Civil ha dado paso a los vehículos que circulaban en dirección a Cádiz y treinta minutos después hacían lo mismo con el otro sentido.



Vista del viaducto de La Alcazaba, ayer, horas antes de que se reabra al tráfico. / A. AGUILAR

Enlace: <http://www.ideal.es/almeria/20090525/almeria/autovia-adra-albunol-reabre-20090525.html>



Fecha de la imagen en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 10/2012



Enlace: <http://trebolar-y-gurias.blogspot.com/es/>

Texto: “Si miramos hacia la derecha podemos ver esta curiosa foto donde se ven tres puentes, en primer término el más reciente de la autovía le sigue otro de tipo romano, y al fondo cerca del mar el otro por donde pasa la carretera de la costa Almería Málaga”.

Reabierta la N-340 en Almuñécar tras un desprendimiento de tierra por las lluvias

26.12.09 - 17:53 - J. M. DE HARO | ALMUÑÉCAR

Comenta esta noticia | 0 | 0 | | 2



Entrada del túnel cortado. J. M. DE HARO

La nueva N-340 fue cortada esta mañana a la altura del kilómetro 310 por desprendimientos causados por las fuertes lluvias que no cesan en la costa granadina.

En la entrada del túnel **Punta de la Mona**, la Guardia Civil de Almuñécar y la Guardia Civil de Tráfico desviaron el tráfico por la antigua carretera N-340. **Tras dos horas cerradas, desde las 13 horas hasta aproximadamente las 15 horas**, llegó la maquinaria que retiró las rocas caídas.

La **antigua N-340** también se ve afectada por algunos desprendimientos a causa de la lluvia pero todavía se puede circular, **aunque con mucha precaución**. Conductores que fueron desviados por esta carretera afirmaron **no poder superar los 20 kilómetros por hora**.

El tráfico hoy es más intenso ya que es jornada comercial en plenas fiestas navideñas.

Las lluvias continúan en la costa, que se encuentra bajo alerta naranja. **Unos 300 litros han caído desde que empezaron las lluvias en la zona de Almuñécar**. Otras zonas de la costa, como Jete, llegan ya hasta los **500 litros colectados**, lo que ha causado otros **cortes de carretera** como ya publicaba IDEAL.

Por otro lado, en Calahonda también han sufrido desprendimientos en la CN-340. Estos fueron rápidamente retirados.

Enlace: <http://www.ideal.es/granada/20091226/local/costa/cortada-almunecar-desprendimientos-tierra-200912261303.html>



Fecha de la imagen en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 10/2012

Los desprendimientos de rocas tras el temporal tienen en vilo a Otívar

Ayuntamiento y vecinos piden ayuda ante los derrumbes de piedras que amenazan a las viviendas y que ya han destrozado vehículos

07.01.10 - 02:08 - J. M. DE HARO | OTÍVAR.

Comenta esta noticia |  0 |  0 |  Compartir |  0

Los peligrosos desprendimientos de rocas tienen en vilo a la localidad de Otívar tras las intensas lluvias caídas en la zona. El Ayuntamiento y los vecinos han alertado de la amenaza que suponen las grandes rocas -de toneladas de peso- situadas sobre las viviendas y la carretera autonómica A 4050 ya que, a raíz del temporal, se están desprendiendo fragmentos de la montaña.

El desasosiego que se instaló en los vecinos desde el día de Nochebuena, cuando comenzaron las fuertes lluvias, se ha agravado en los últimos días, tras detectarse movimientos y deslizamientos en esta montaña de rocas. «Todos tememos que pueda producirse una catástrofe en el caso que se desprendan», explica preocupado el alcalde de Otívar, Francisco Robles Carrascosa. El Ayuntamiento ha encargado a sus técnicos que realicen una inspección y un informe para valorar el peligro en la zona afectada por los desprendimientos. Además, según señaló el alcalde, «se enviarán escritos a la Diputación provincial y a la Junta de Andalucía alertando de la situación y solicitando el apoyo necesario para evaluar el peligro y acometer las medidas preventivas necesarias». Todos los vecinos de Otívar que suelen transitar por la zona o utilizarla para aparcar sus vehículos están preocupados, pero los que de verdad lo están pasando mal son los miembros de las siete familias que tienen sus viviendas justo debajo de las rocas. Más aún desde que, hace unos días, los desprendimientos de rocas provocaron graves daños a los vehículos aparcados en la zona. «Yo tengo una casa debajo de las piedras y otra en frente. Aquí vivimos una veintena de personas y tenemos mucho miedo», explica Ángel de la Rica Aneas, uno de los propietarios de las viviendas afectadas.

El vecino asegura -en presencia del alcalde, que le escucha preocupado- que las fuertes lluvias y una piedra en forma de cuña que se sitúa en su parte trasera han favorecido el empuje de la roca más grande, «que puede caerse en cualquier momento». «Aquí no estamos tranquilos ni de día ni de noche», sentencia.

Tras el temporal, los desprendimientos de tierra y rocas sueltas son evidentes a simple vista. El alcalde también teme que estos deslizamientos afecten a la red de abastecimiento de la población «por lo que hemos advertido de ello a la empresa concesionaria del mantenimiento, Aguas y Servicios, para que tome las medidas oportunas».

El Ayuntamiento también ha vertido tierra sobre la zona afectada por los desprendimientos para prohibir el aparcamiento de vehículos y evitar nuevos daños materiales, aunque lo que verdaderamente quita el sueño al alcalde es que pueda resultar dañado alguno de los vecinos.

Y es que no es la primera vez que la amenaza de los desprendimientos se cierne sobre Otívar. Hace unos años una gran roca cayó sobre el inmueble que acoge en sus bajos la oficina local de Caja Rural. En aquella ocasión sólo hubo que lamentar daños materiales pero Otívar no quiere seguir tentando a la suerte.



El alcalde y un vecino señalan las grandes piedras sueltas que amenazan viviendas y vehículos. :: J. M. DE HARO



Fecha de las imagen en color de Google Earth® para el cotejamiento fotográfico: 04/2014

GRANADA

El invierno aprieta en su recta final

Los Bomberos realizaron 40 intervenciones por caída de árboles y carteles, fueron desviados dos vuelos y la mar se 'tragó' las playas

R. M. /A. M. /M. N. | GRANADA

Vota ☆☆☆☆☆ | 1 voto ★★★★★

Opina Ver comentarios (0) Imprimir Enviar Rectificar

El viento trajo ayer a la provincia de Granada, de nuevo, la cara más cruda de un invierno que se resiste a pasar. Y lo hizo con fuerza: rachas de hasta 90 kilómetros por hora obligaron a activar la alerta en toda la provincia, sumida en un día de cielo gris, lluvia, temperaturas máximas de ocho grados y nieve en las cotas más altas. Un temporal que no provocó catástrofes, pero que sembró la provincia de norte a sur de pequeñas incidencias que mantuvieron a los servicios de emergencia en vilo durante buena parte del día. Poco se libró del fuerte viento: desde el suministro eléctrico, hasta el aeropuerto, pasando por la Sierra y las carreteras.

Los árboles, cornisas y carteles de todo tipo fueron las 'víctimas' más vulnerables del fuerte vendaval. Al finalizar la jornada, los Bomberos habían contado unas cuarenta intervenciones en distintos puntos de la capital y de los pueblos de los alrededores por este motivo, así como por pequeñas inundaciones. En El Padul, por ejemplo, la caída de árboles fue, cuanto menos, espectacular. Cipreses de hasta diez metros de altura cayeron doblegados por las fuerza del viento. Hasta llegó a permanecer cortado el tráfico en varias vías del municipio, hasta que a mediodía los servicios municipales lograron despejar las vías y dieron por controlada la situación. En el pantano de Cubillas, también fue necesario retirar varios árboles. Las carreteras de la Alpujarra fueron las más castigadas. En la A-4130, que une los municipios de Trevélez y Juviles, los operarios de Mantenimiento de Carreteras retiraron varios árboles que mantuvieron cortado el tráfico en esta calzada. Además, la lluvia y el viento provocaron el deslizamiento de un tajo y el desplome de gigantescas rocas sobre la pista forestal de las antiguas minas de Sierra de Lújar. Éstas amenazan con desprenderse por una fuerte pendiente de cerca de un kilómetro de longitud, que carece de arbolado, para acabar en la carretera A-346, que une las localidades de Órgiva y Vélez de Benaudalla.

Pero el temporal de viento no sólo afectó a las comunicaciones por carretera: el tráfico del aeropuerto también padeció las consecuencias. Dos vuelos, uno procedente de Gerona -de Ryanair- y otro de Barcelona -de Spanair- no pudieron tomar tierra en las instalaciones de Chauchina; fueron desviados a Málaga «por razones de seguridad».



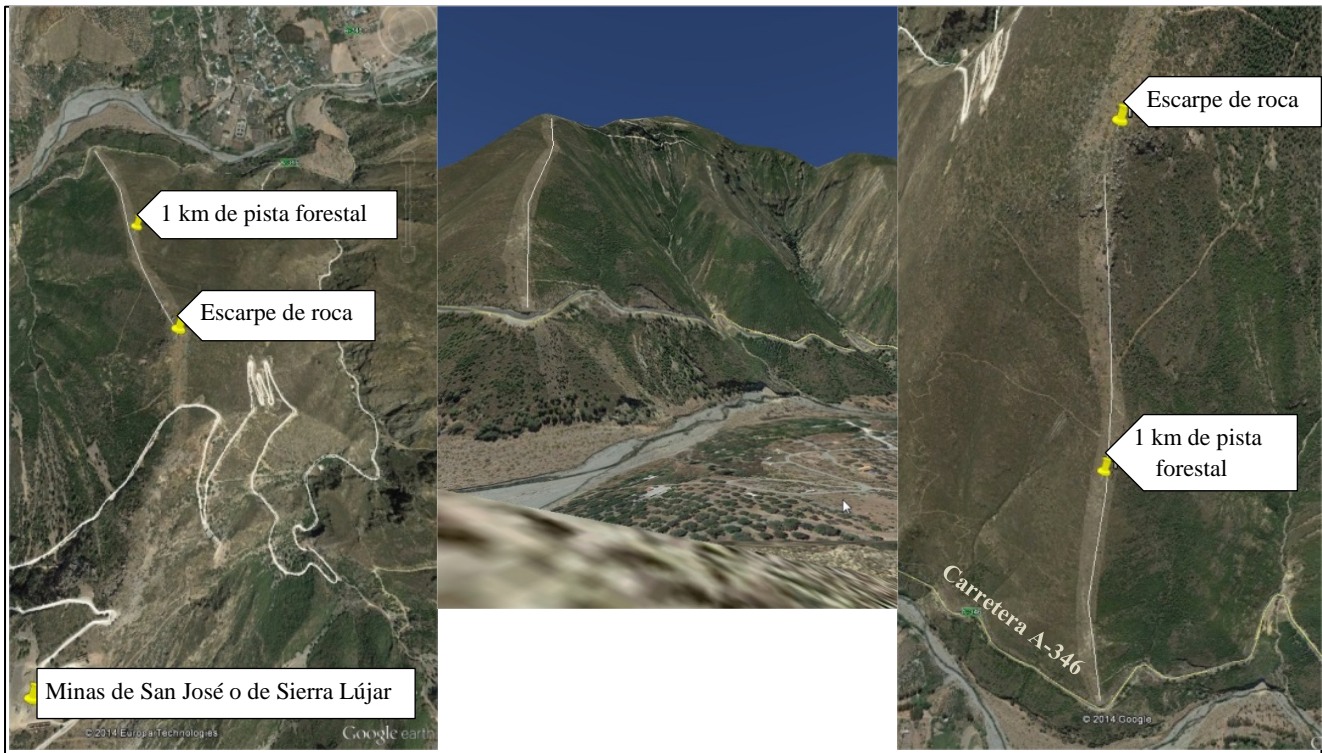
Las playas granadinas registraron olas gigantescas que se 'comieron' la arena de las playas. /ALFREDO AGUILAR



rociomendoza@ideal.es

<http://www.ideal.es/granada/20090306/granada/invierno-aprieta-recta-final-20090306.html>

<http://www.andarina.es/ruta-lujar.php#>.



Localización más probable mediante el cotejamiento de la descripción del diario con localizaciones en Google Earth

ID 153

8 **GRANADA** JUEVES 2 DE ENERO DE 1997 • IDEAL

Fuerte temporal en la provincia

Los vecinos de Zafarraya no han empezado con buen pie 1997. Tampoco lo acabaron. Las fuertes lluvias han conseguido que el Arroyo de la Madre, que pasa por la localidad, haya inundado hasta 1.500 hectáreas del municipio. Según explican los vecinos, en algunas zonas del pueblo la altura del agua se eleva hasta los cinco metros. Respecto al estado de la red de carreteras, la Guardia Civil de Tráfico informó de que la situación de las carreteras es igual que en los últimos días. Sin embargo, ayer destacó un desprendimiento que cortó dos de los tres carriles de la carretera de la Costa en Izbór, lo que obligó a crear un sistema paralelo de circulación. También, en Almuñécar, un corrimiento de tierras en El Portichuelo ocasionó destrozos en una vivienda y cortó el tráfico en dos de los tres carriles de la N-340.

Temporal de lluvias en la provincia

El agua agrieta seis tramos de la carretera N-323

La N-340 que recorre el litoral granadino permanecerá cortada al menos un mes en la rambla de Lújar

P. T.
GRANADA. Seis tramos de la carretera nacional 323 entre Granada y Motril tienen grietas y hundimientos de la calzada, aunque el tráfico de vehículos desde la Costa al Interior y viceversa no se ha visto por el

momento ni restringido ni cortado. Sólo en estos tramos, cuatro de los cuales se encuentran entre los kilómetros 171 y 181 de esa carretera, entre Izbor y Vélez de Benaudalla, los desprendimientos de piedras y tierra y el firme hundido han invadido com-

pletamente algún carril. Operarios encargados del mantenimiento de la carretera regulaban ayer el uso de tramos con un sólo carril. A su vez, la carretera N-340, que recorre el litoral granadino, ha desaparecido tras la rambla de Lújar.

Las persistentes lluvias registradas en Granada desde el primer día de enero, han acabado por amenazar de forma grave el tránsito por la carretera nacional 323 que une Granada con la Costa Tropical. Seis tramos de esta calzada habían perdido ayer uno de sus carriles (sobre todo el destinado a vehículos lentos en sentido hacia Granada), por los desprendimientos de tierra y piedras. Ayer por la mañana, operarios que trabajaban en la reparación y mantenimiento de la carretera afirmaron que la situación se podría agravar si continuaban las lluvias.

El tramo más afectado de la N-323 comprende diez kilómetros entre la vista de Izbor y las cercanías del desvío a Vélez de Benaudalla. El punto kilométrico 171 registraba ayer dos puntos seriamente dañados. Si se transita desde Granada, en el primero una grieta semicircular de veinte metros de longitud divide en dos niveles distintos la misma calzada. A la caída de tierra sobre la carretera se sumó el día de Año Nuevo el hundimiento de la ladera que sostiene la vía y que va a terminar en el lecho del río Guadalfeo. Era posible usar, aunque con precaución, ambos sentidos. En el mismo punto kilométrico, frente a Los Acebuches, otra grieta dejó útil sólo un carril de los tres existentes anteayer por la noche.

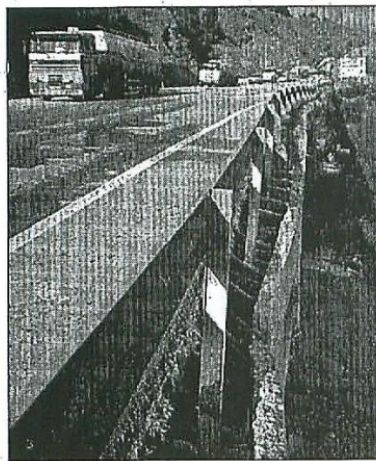
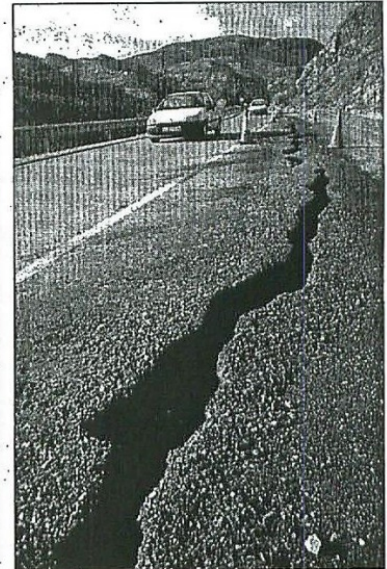
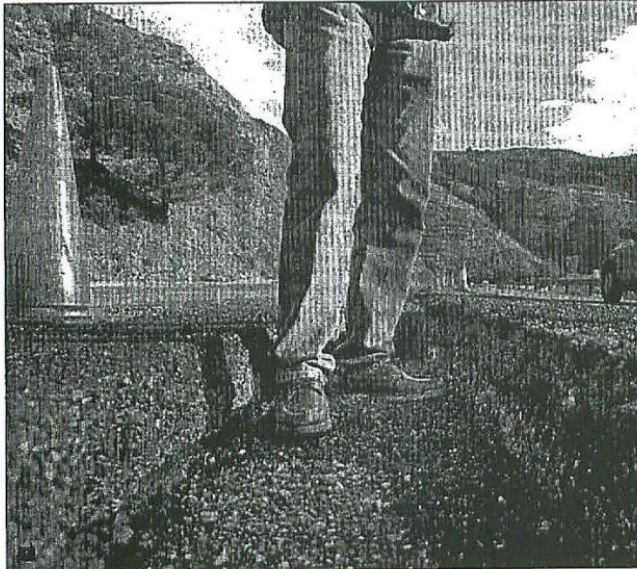
Más adelante, una excavadora trabajaba en el kilómetro 175 sobre la calzada para rellenar una zanja con piedras y de esa forma drenar la caída de agua procedente de un torrente, en un lugar donde falla el sostenimiento del firme tras el corrimiento de la ladera. Ayer un vehículo se salió de la vía en este tramo, aunque no hubo lesiones. Los desperfectos se han ido agravando desde el pasado día 30. El alud de barro y piedras invadió también el carril en sentido costa en el kilómetro 178, donde además el agua de torrentes que debían pasar por debajo de la carretera cruza la calzada.

Junto a estos cuatro tramos, otros dos presentan desprendimientos de consideración: uno anterior, en el kilómetro 164, y otro posterior, en el 184.

N-340

No es posible circular por la nacional 340, la carretera que recorre el litoral, desde la rambla de Lújar hacia la provincia de Almería. El tráfico se desvía por otro recorrido aunque el acceso a las localidades almerienses se ha de realizar por Guadix. Las localidades de la Contraviesa han quedado parcialmente aisladas. El monte ha caído encima de la carretera en el kilómetro 358 y si no lueve, la vía podría estar rehabilitada dentro de un mes.

Desde Castell de Ferro hasta Almuñécar, sólo en el kilómetro 316 hay un carril interrumpido en El Portichuelo, también por un desprendimiento.



REPORTAJE GRAFICO: ALFREDO AGUILAR

- 1 En la ladera contraria a Izbor, el carril de vehículos lentos en sentido Granada está sepultado en un tramo por los desprendimientos de piedras
- 2 El apoyo sobre el que discurre la carretera, en ese mismo punto, se desplaza. Ha agrietado la carretera por la línea divisoria.

- 3 Kilómetro 175. El empuje de los desprendimientos ha hecho ceder la curva. La estructura se ha desplazado.
- 4 El agua acumulada junto a la calzada ha invadido el arcén. Una excavadora retira el barro.
- 5 Esto es la N-340. La carretera ha desaparecido.



AL LORO



AL OIDO

Relevo en la Sierra

MIQUÉL PEINADO

Apuntan e insisten desde varios frentes de la Junta de Andalucía que el director general de Cetursa Sierra Nevada S.A., José Francisco López Luz, no acabará la temporada de esquí en Pradollano. En el escaso tiempo que lleva en ese puesto su gestión no ha merecido el respaldo de quien tira del carro blanco, que no es otro que el Gobierno andaluz. Tirios y troyanos, entonces enfrentados, se han unido contra López Luz y ahora Sevilla busca la persona que le va a sustituir. Primera condición, y lo dijo públicamente Gaspar Zarrías, que el aspirante sea granadino. La incorporación a Cetursa de Rafael Salcedo —ex de todo— como consejero de la Junta, disparó las especulaciones y se interpretó como un paso previo para dar el gran salto al sillón que ocupó con mano de hierro y sin guante de seda

Un nuevo hundimiento de la calzada obliga a cortar la carretera de la Costa cerca de Izbor

El temporal de agua ya había provocado varios socavones en la N-323

ANGELES HUERTAS

GRANADA. Las lluvias caídas durante estos últimos días han provocado finalmente el cierre de la N-323, conocida como carretera de la Costa, a la altura de la localidad de Izbor. El agua, que ya había originado que la vía se agrietara en varias zonas situadas en las cercanías de este municipio, ha originado el hundimiento de la calzada en el kilómetro 171, según informaron fuentes de la Guardia Civil de Tráfico.

El suceso se produjo a primeras horas de la mañana de ayer, por lo que varios autobuses que realizan este recorrido tuvieron que cambiar su ruta. Los vehículos pesados, camiones y autocares, que se dirigen a Granada capital desde la costa deben desviarse por la N-340 y desde allí alcanzar la N-331 para penetrar en Granada por la A-92, comunicaron los medios consultados.



ALFREDO AGUILAR

La N-323 no ha podido finalmente resistir los estragos provocados por las fuertes precipitaciones. municipales. En este sentido, soli- De otro lado, una persona falle- ras de la calzada, lo que le causó



RAMÓN L. PEREZ

Los representantes de la Administración central, ayer, junto al hundimiento de la carretera de la Costa.

Fomento descarta acelerar la autovía a Motril pese a los graves destrozos que sufre la N-323

La Administración central busca trazados alternativos ante la gravedad de los daños

El Ministerio de Fomento ha descartado acelerar los trabajos de la autovía a Motril pese a los graves daños que sufre la carretera de la Costa, la N-323, que presenta un enorme derrumbamiento por encima del puente de Izbor, además de otros desperfectos en diversos puntos. Fomento cree que los trámites de la autovía van ya «al mayor ritmo posible» y que no es factible agilizarlos más.

El director general de Carreteras, Juan Lazcano, recorrió ayer la N-323, entre Granada y el litoral, para evaluar los daños. Fomento busca ya alternativas a esta ruta

La Diputación estudia salvar el gran corte en la ruta del Poqueira con un enlace que parta desde Cáñar

para el supuesto de que empeore aún más en los próximos días. Las alternativas son las carreteras de la Cabra, Orgiva y Pinos del Valle. No obstante, la intención primera es la de agilizar el restablecimiento de la circulación normal aunque sea con soluciones provisionales.

El fin de las obras en la autovía entre Granada y Jaén se retrasa hasta Semana Santa como consecuencia de la lluvia

Las lluvias han ocasionado que el fin de las obras de la autovía que enlaza Granada con Jaén se demore hasta Semana Santa, lo que supone otro retraso de un mes y medio. Estaba prevista su inauguración oficial para el 28 de febrero, Día de Andalucía.

El alcalde de Motril, Luis Rubiales, pidió la dimisión del director general de Carreteras por no haberle invitado a la visita que realizó ayer ni haberse desplazado a la localidad motrileña.

Por su parte, la Diputación Provincial estudia solventar el espectacular corte de la carretera que accede a la Alpujarra por el barranco del Poqueira con un enlace alternativo que parta desde la localidad de Cáñar, según señaló su presidente, Antonio India, que visitó los pueblos afectados por las recientes tormentas.

PÁGINAS 3 a 7

El tráfico de vehículos pesados entre Granada y la Costa se restablece dentro de la provincia

Carreteras dará mañana «información precisa» sobre plazos de reapertura de la N-323

A. H. / L. G. • GRANADA

El tráfico de vehículos pesados entre Granada y la Costa ha quedado restablecido dentro de la provincia, a través de las carreteras comarcales de Los Guájares y la Cibra -para bajar- y Orgiva-Lanjarón -para subir-, según la Guardia Civil de Tráfico. Por otra parte, la Demarcación de Carreteras ofrecerá mañana «información precisa» sobre los plazos en que quedará reabierta la circulación en la N-323.

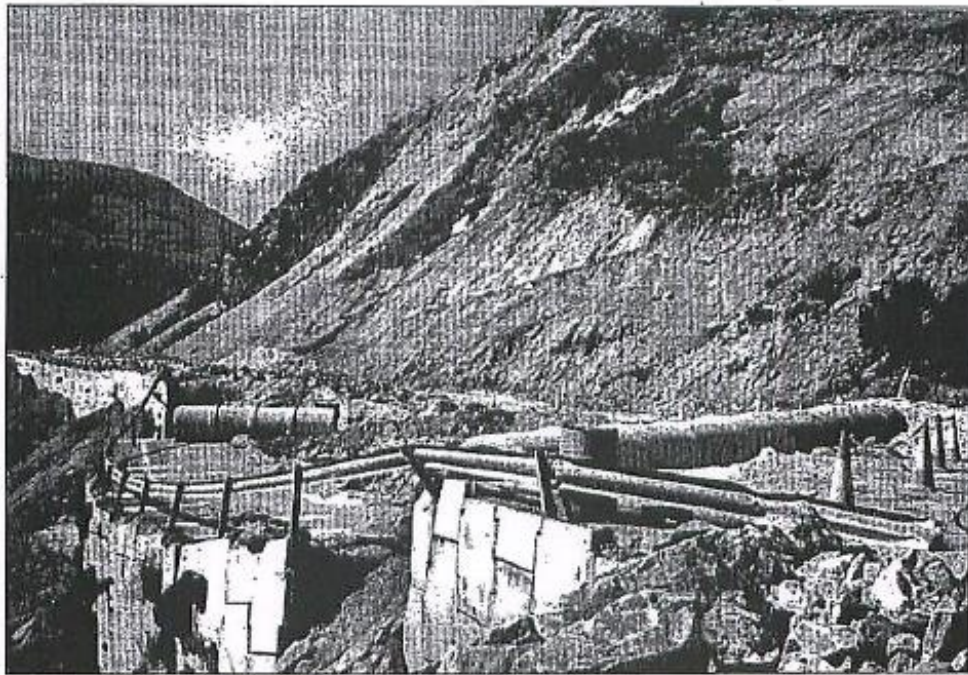
La carretera de la Cibra, GR-SO-2, que une el Suspiro del Moro con Almuñecar, está abierta, tanto en sentido de subida como de bajada, para los vehículos de menos de 3.500 kilos. La carretera de Los Guájares permanece abierta en los dos sentidos para vehículos de menos de 7.000 kilos. Por último, la comarcal que une las localidades alpujarreñas de Orgiva y Lanjarón está abierta hacia la costa para vehículos de menos de 7.000 kilos, mientras que la subida es libre para cualquier tipo de vehículo.

Pese a ello, en la reunión que mantuvieron el viernes representantes de las administraciones provincial, autonómica y estatal se recomendó el uso de la carretera de Los Guájares en ambos sentidos para los turistas.

Con esta «solución transitoria» -que hace innecesario recurrir a las vías malagueñas para viajar dentro de la provincia de Granada- los responsables de la red viaria pretenden responder a las reivindicaciones de los empresarios de la Costa, que denunciaron las cuantiosas pérdidas ocasionadas por el cierre al tráfico de vehículos pesados en el tramo Granada-Motril, a causa del desprendimiento a la altura de Izbor.

Movimientos de tierra

El jefe de la Demarcación de Carreteras de Andalucía Oriental, Domingo Quesada, aseguró ayer que su departamento estará en condiciones de ofrecer mañana «información precisa» sobre los



JUAN MANUEL DE HARO

La N-323 a la altura de Izbor, en una imagen tomada el domingo.

plazos en que la Carretera Nacional 323 volverá a estar utilizable. Quesada resaltó que los técnicos están aprovechando el cierre de la vía a la circulación para introducir maquinaria pesada y realizar los movimientos de tierra más

importantes que exige la restauración del tráfico.

Dictámenes de expertos

No obstante, reconoció que en algunos puntos de la vía dañados por los desprendimientos la

Demarcación «está esperando dictámenes de los expertos». En concreto, explicó que un grupo de técnicos visitará las obras hoy y mañana para garantizar «la bondad de lo que estamos haciendo y decir cómo seguimos».

Colapso en Lanjarón

EFE • GRANADA. El alcalde de Lanjarón, José Antonio Ramos Muñoz (PSOE), denunció ayer el «descontrol» en las medidas de tráfico adoptadas por los responsables de la red viaria para solucionar el corte en la N-323, como adelantar al pasado viernes y sin aviso previo el tránsito de vehículos pesados por dicho municipio.

La interrupción del tráfico entre la capital y la costa granadina en la N-323 a causa de la lluvia, que causó el derrumbamiento del tramo que transcurre por Izbor, ha convertido a Lanjarón, municipio de unos 4.000 habitantes que vive del turismo de balneario, en ruta obligada de los vehículos pesados que se desplazan desde las comarcas de la costa y la Alpujarra a la capital.

José Antonio Muñoz se quejó de que la medida,

que el Gobierno Civil iba a poner en marcha ayer, se adelantase al pasado viernes «sin que nadie lo notificara oficialmente, lo que creó un atasco monumental, como nunca se había visto».

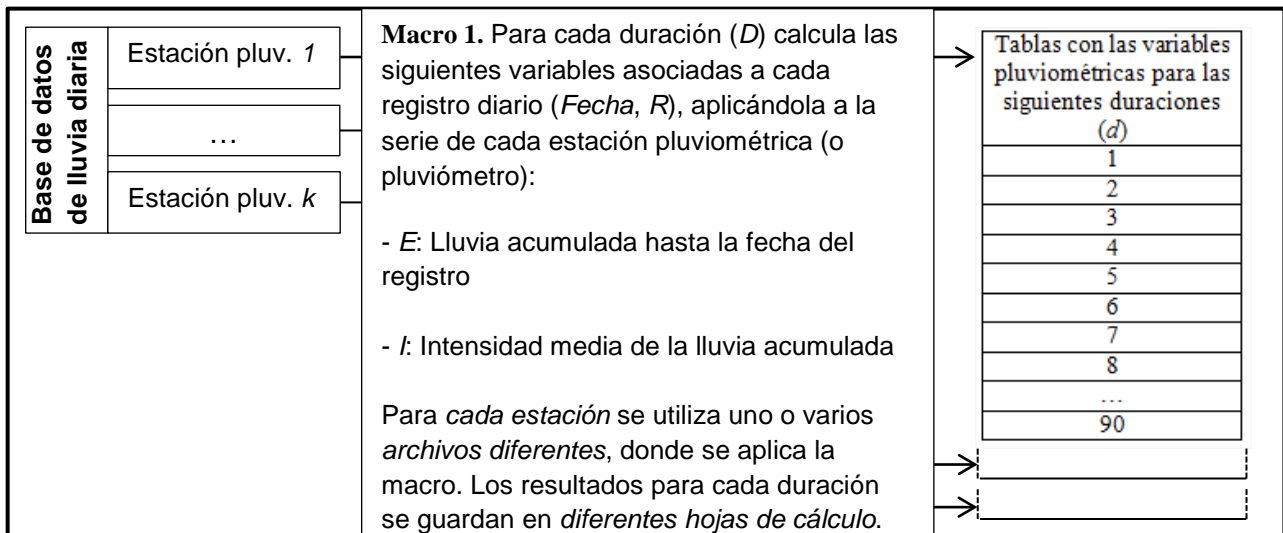
El alcalde ha remitido un informe al gobernador civil, Julián Urbano, en el que solicita su colaboración, porque el Ayuntamiento «no tiene capacidad para regular tanto tráfico en la zona» y a la vez pide que la Administración «asuma los daños por el trastorno, la sobrecarga y la degradación que soporta la infraestructura viaria del municipio».

El primer edil agregó que la medida «está creando un daño a la imagen de Lanjarón como localidad balnearia, ya que el 90% de los negocios ubicados en la travesía por donde discurre el tráfico viven del turismo».

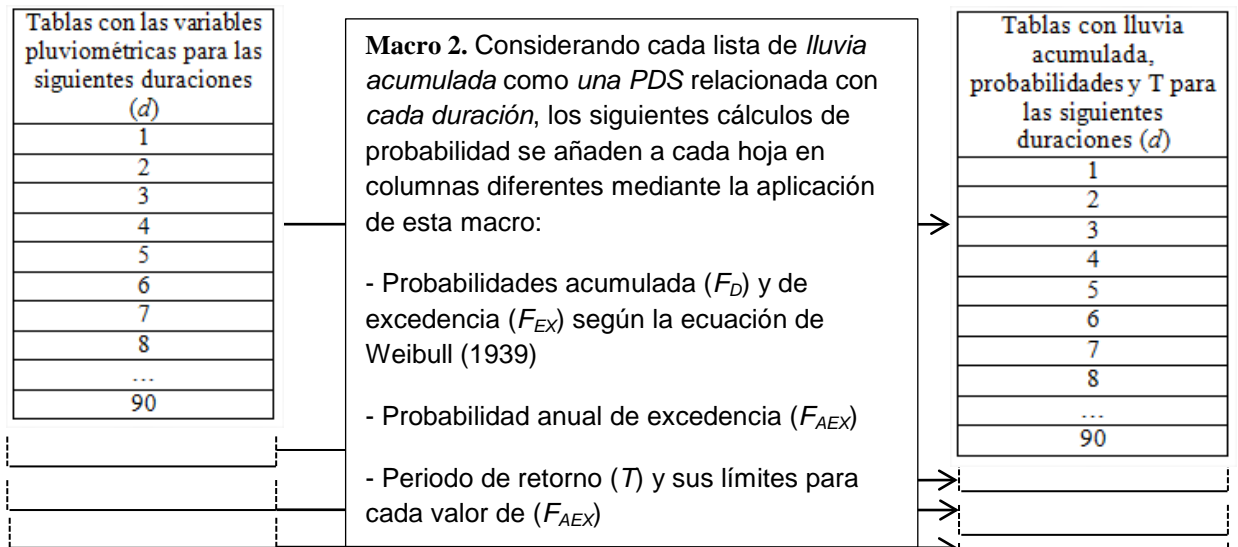
ANEXO IV

Diagrama de Flujo para el Análisis de PDS para la Evaluación Indirecta de la Peligrosidad de Movimientos de Ladera y Manual de Utilización de Macros

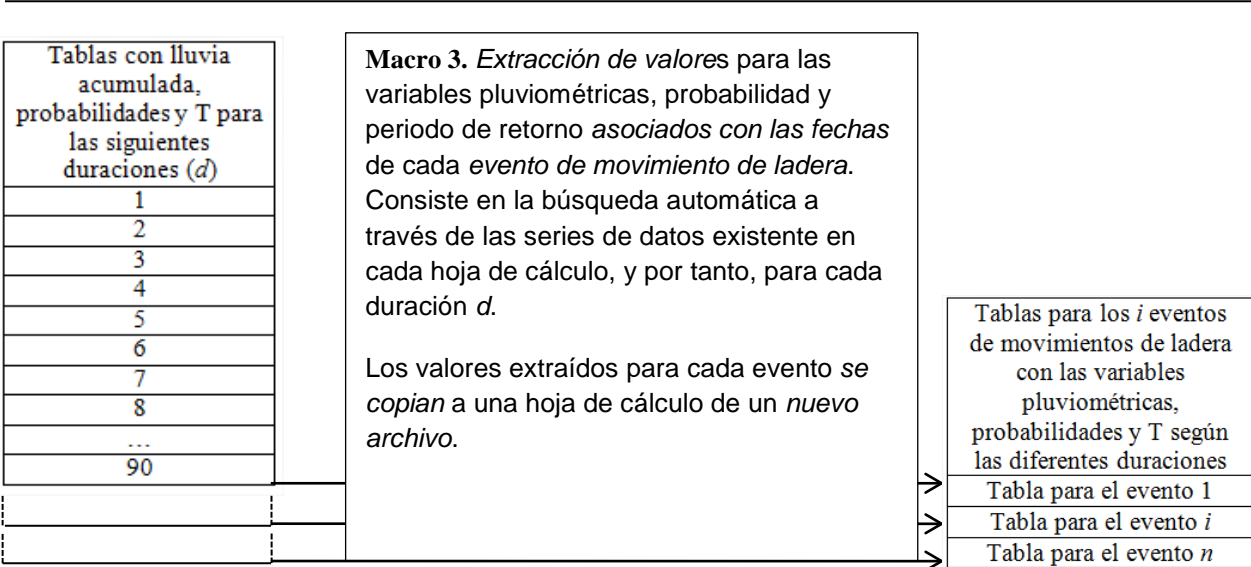
DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL ANÁLISIS DE PDS APLICADO A LA EVALUACIÓN
INDIRECTA DE PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA



Primer paso: cálculo de variables pluviométricas



Segundo paso: cálculos de probabilidad y periodo de retorno



Tercer paso: extracción de valores de variables pluviométricas, probabilidades y periodo de retorno asociadas a cada evento de movimiento de ladera (i)

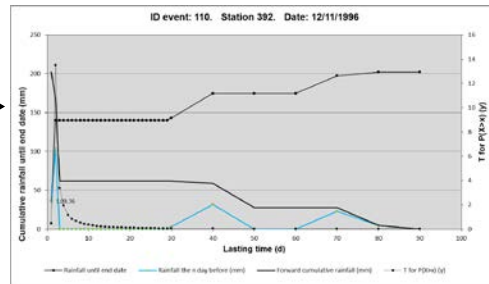
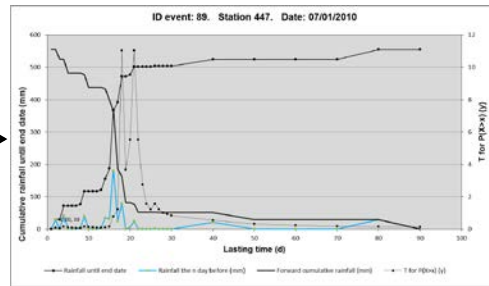
Tablas para los i eventos de movimientos de ladera con las variables pluviométricas, probabilidades y T según las diferentes duraciones

Tabla para el evento 1

Tabla para el evento i

Tabla para el evento n

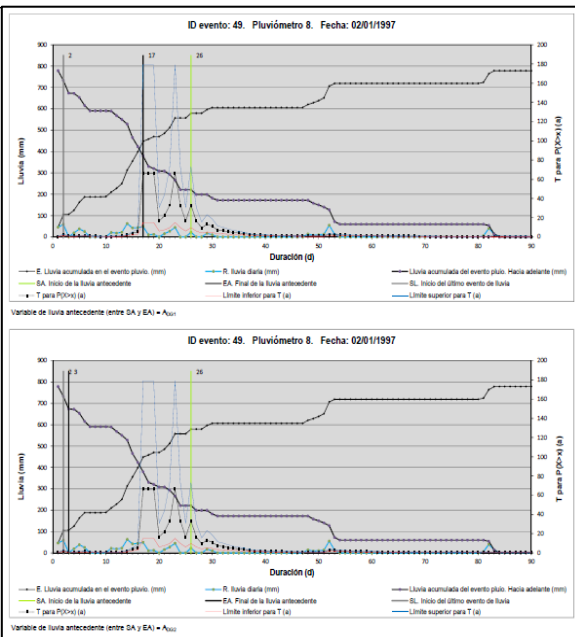
Macro 4. Generar gráficos con las curvas para la lluvia diaria, lluvia acumulada hacia delante y hacia detrás y periodo de retorno asociadas a la fecha de cada evento de movimiento de ladera.



Cuarto paso: generar resultados gráficos

Selección interactiva de los límites (marcadores SA, EA y SL) de eventos pluviométricos que definen las variables críticas (E_{DG1} , E_{DG2} , E_{DG3} , A_{DG1} , A_{DG2}) y periodos de retorno asociados a cada evento de movimiento de ladera.

Para obtener A_{DG2} se crea una copia del Archivo 4, donde se modifican la posición del marcador EA.



Macro 5. Extracción de resultados para los i eventos en una tabla común.

Quinto paso: extracción interactiva de resultados

Claves: D = Duración, R = Lluvia diaria, PDS = Series de Duración Parcial, SA = inicio de la lluvia antecedente, EA = final de la lluvia antecedente, SL = inicio del último evento de lluvia

UTILIZACIÓN DE LAS MACROS PARA EL ANÁLISIS DE PDS

Las siguientes instrucciones indican cómo aplicar las macros en los archivos preparados para el análisis de Series de Duración Parcial y extracción de valores de variables críticas o umbrales de activación (o reactivación) de movimientos de ladera. Por el momento, existen procesos sencillos (ej., copiar, pegar o insertar datos) que se deben realizar de forma manual, si bien en actualizaciones de las macros o creación de nuevos programas se prevé su automatización total. Los archivos indicados se pueden descargar a través de los enlaces de abajo, o bien accediendo a la web: <http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis.html>, donde se encuentran en el mismo orden (si no puede acceder a través de los vínculos de este documento, puede hacerlo copiándolos en la barra de direcciones de su navegador):

- A. Archivos para el cálculo de lluvia acumulada, frecuencia y periodo de retorno según diferentes duraciones (días):

Archivo 1. Para duraciones de 1 a 30 días: http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_applications/Acum_1_30_days.xlsm

Archivo 2. Para duraciones de 31 a 60 días: http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_applications/Acum_31_60_days.xlsm

Archivo 3. Para duraciones de 62 a 90 días: http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_applications/Acum_62_90_days.xlsm

- B. Archivos para el cálculo de las variables críticas referentes a los eventos pluviométricos asociados con múltiples movimientos de ladera

Archivo 4. Para extraer E_{DG1} , E_{DG2} , E_{DG3} , A_{DG1} y A_{DG2} :
http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_applications/Edg1_Edg2_Edg3_Adg1_Layout.xlsm

Por cuestiones de carga computacional, y para evitar el colapso de los recursos de procesamiento, hasta el tercer paso los procedimientos se deben repetir en copias de los **Archivos 1 a 3** para cada estación pluviométrica. Esto generará un nº de archivos igual al nº de estaciones * 3, ($k*3$).

Primer paso: cálculo de variables pluviométricas

1. Eliminar los datos de las columnas A-B de la primera hoja de cálculo (*SERIES DATA*) manualmente si existe alguno. A continuación, pegar la serie de datos diarios del pluviómetro cuyos datos se van a analizar, manteniendo el encabezado y formatos como aparece en la Figura 1. Insertar el nombre o referencia de la estación pluviométrica en la celda F1.

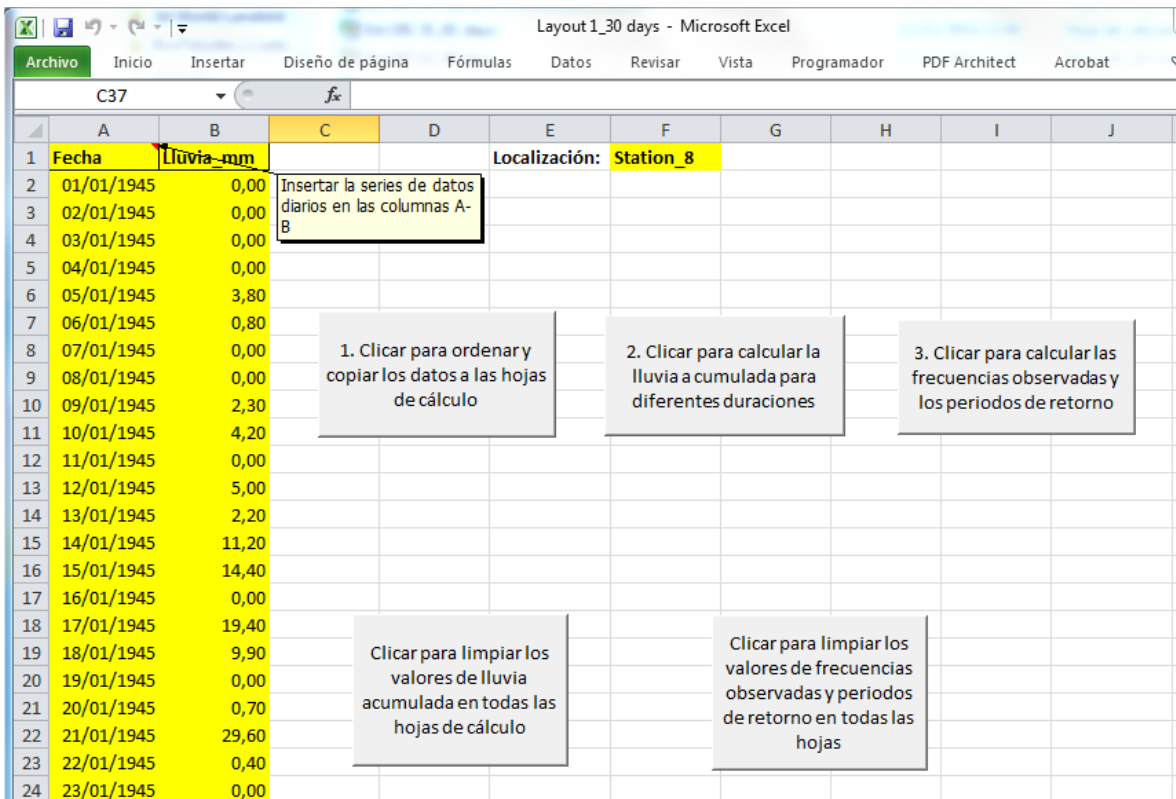
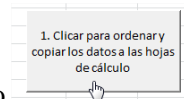
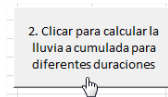


Figura 1 Ilustración de la Hoja “SERIES DATA”

2. Clickar en el botón (1) para ordenar y transferir la serie de datos a las hojas de cálculo

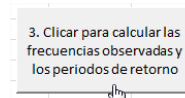


3. Para aplicar la “Macro 1”, clickar sobre el botón (2). Aunque Excel podrá mostrar en la parte superior de la ventana el mensaje “(No responde)”, debe de dejarse funcionar hasta que finalice el proceso, que puede llevar de varios minutos a incluso 1 hora, dependiendo de los recursos de la computadora y del número de datos (N) incluidos en la serie temporal de las columnas A-B. Al finalizar, las siguientes hojas (menos la última) contendrán tablas de datos con la estructura como la que se muestra en el apartado A del Anexo V.

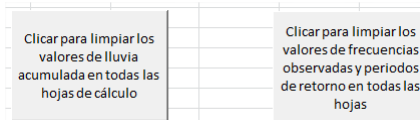


Segundo paso: cálculos de probabilidad y periodo de retorno

4. Para aplicar la “Macro 2”, clickar en el botón (3). Al finalizar, las siguientes hojas, (menos la última) contendrán una segunda tabla de datos con la estructura como la que se muestra en el apartado B del Anexo V.



Si llegado a este procedimiento se observa que se ha cometido algún error al ejecutar este o los anteriores, los valores calculados pueden eliminarse con los botones inferiores: “Clickar para limpiar los valores de lluvia...”



y “Clicar para limpiar los valores de frecuencias...”. De este modo se pueden repetir los procedimientos 1-4.

Tercer paso: extracción de valores de variables pluviométricas, probabilidades y periodo de retorno asociadas a cada evento de movimiento de ladera (i)

5. A partir de la celda A2 de la última hoja de cálculo (*SEARCH*), hacia abajo y sin dejar celdas vacías, insertar las fechas correspondientes a los movimientos de ladera a los que se asoció la estación de la serie pluviométrica correspondiente al archivo abierto (Figura 2).

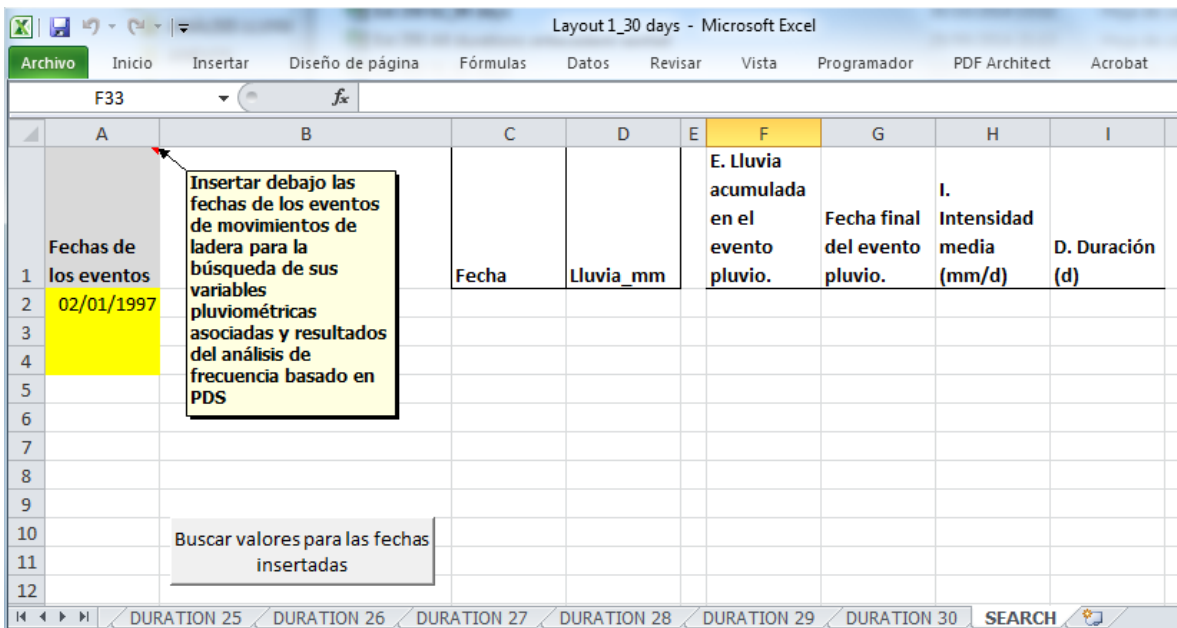
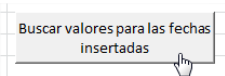


Figura 2 Ilustración de la Hoja “SEARCH”

6. En la misma hoja, clicar en el botón “*Buscar valores para las fechas insertadas*” para ejecutar la “**Macro 3**” que iniciará la búsqueda de valores asociados a cada fecha de evento de movimiento de ladera.



Importante: Si se insertaron más de una fecha (es decir, más de un evento de movimiento de ladera), esta se incluye en la columna “*Fecha final del evento pluvio.*”, permitiendo distinguir las filas que corresponden a cada una.

7. Guardar una copia del **Archivo 4** (descargable en: http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_aplications/Edg1_Edg2_Edg3_Adg1_Layout.xlsm). Si sólo se está estudiando un evento de movimiento de ladera, eliminar la segunda hoja (*SEARCH_2*). Si por el contrario se estudiarán 2 o más eventos, se debe de copiar la segunda hoja hasta generar tantas hojas como número de eventos se incluyan en el análisis (sin contar la última hoja con el nombre “*SUMMARY with T*”). Los nombres de las hojas creadas pueden cambiarse de forma arbitraria por el usuario. Puesto que cada hoja corresponderá a los resultados individuales de cada evento de movimiento de ladera, su fecha y los identificadores del pluviómetro seleccionado y del propio evento deben insertarse en sus celdas correspondientes como indica la Figura 3.

8. Para cada evento de movimiento de ladera, basándose en su fecha, que debe aparecer en la columna “Fecha final del evento pluvio.” de los **Archivos 1 a 3** correspondientes al pluviómetro seleccionado para los cálculos, se copiarán los datos necesarios de las filas que contengan dicha fecha en su hoja correspondiente del **Archivo 4**. Es decir, los datos de las columnas **C-D y F-I** como muestra la Figura 3 por un lado, y los de las columnas **R-AB** por otro (Figura 4). Los datos se deben copiar por orden comenzando con el **Archivo 1** y terminando por el **Archivo 3** asociados a cada evento de movimiento de ladera, de modo que la columna “D. Duración (d)” quedará ordenada de menor (1 d) a mayor (90 d) en sentido descendente. Los resultados para los movimientos evaluados en la presente tesis se pueden visualizar en los apartados **C y D del Anexo V**, los cuales aparecen también en el ejemplo de **Archivo 4** que puede descargarse en:

http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_aplications/Edg1_Edg2_Edg3_Adg1_Example.xlsm.

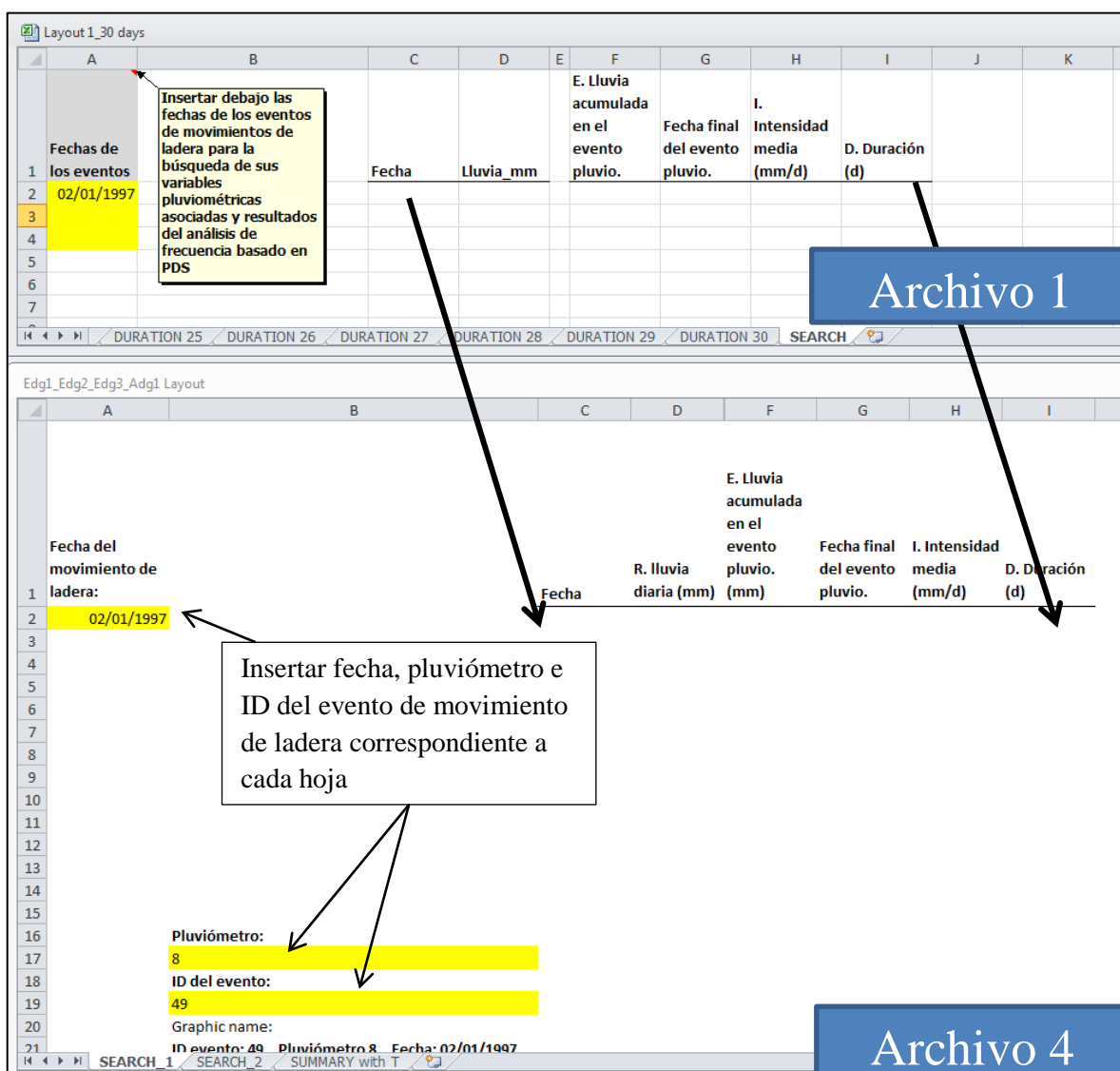


Figura 3 Ilustración del paso de variables pluviométricas de la hoja de búsqueda (SEARCH) de un pluviómetro a su hoja correspondiente dentro del archivo común (Archivo 4)

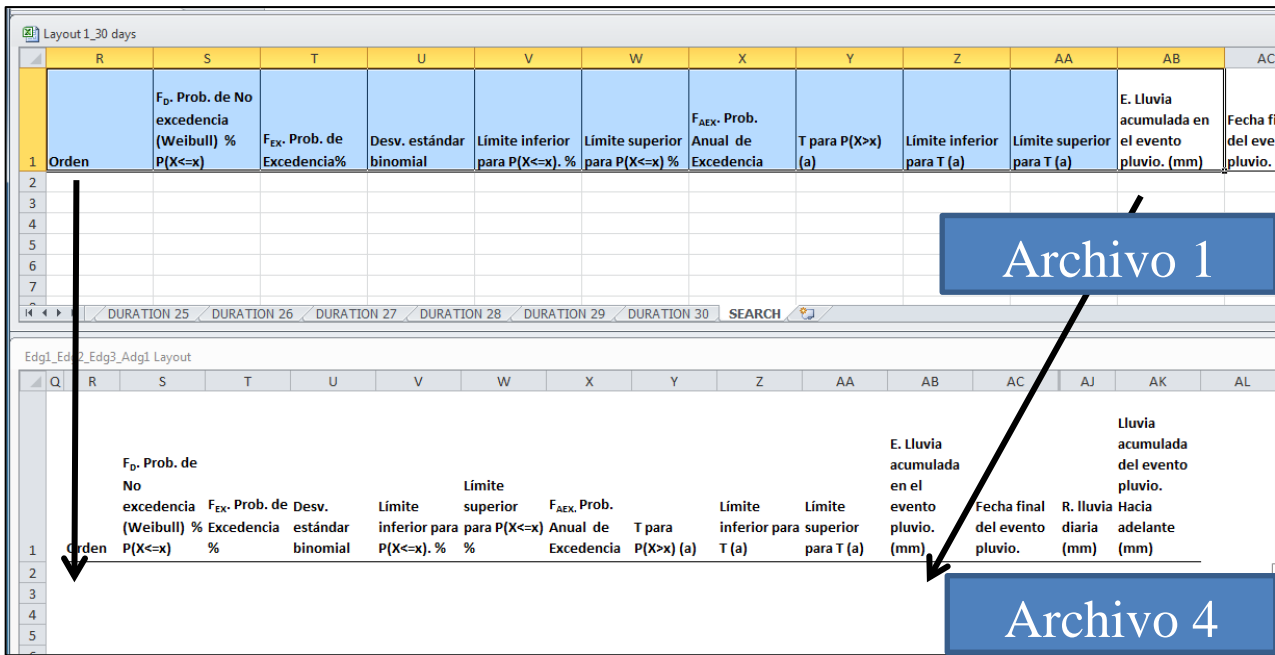


Figura 4 Ilustración del paso de resultados del análisis de PDS de la hoja de búsqueda (*SEARCH*) de un pluviómetro a su hoja correspondiente dentro del archivo común (Archivo 4)

Cuarto paso: generar resultados gráficos

- En la primera hoja del **Archivo 4**, clicar sobre el botón (1) para generar automáticamente los valores de lluvia acumulada hacia adelante (es decir, desde el 89avo día previo al del evento de movimiento de ladera) en todas las demás hojas. Opcionalmente, clicar en el botón (2) si se desea calcular los valores sólo en hojas específicas (ver Figura 5). En esta opción, la primera ventana (I en Figura 5) solicita el número de la primera hoja en la que se desea generar dichos valores. La siguiente ventana solicita el número de la última hoja (igual a la primera si sólo se desea copiar en una) (II en Figura 5). Para conocer el n° de hoja clicar sobre el botón “*Ver número de hoja*” que aparecerá en las hojas

siguientes a la primera.

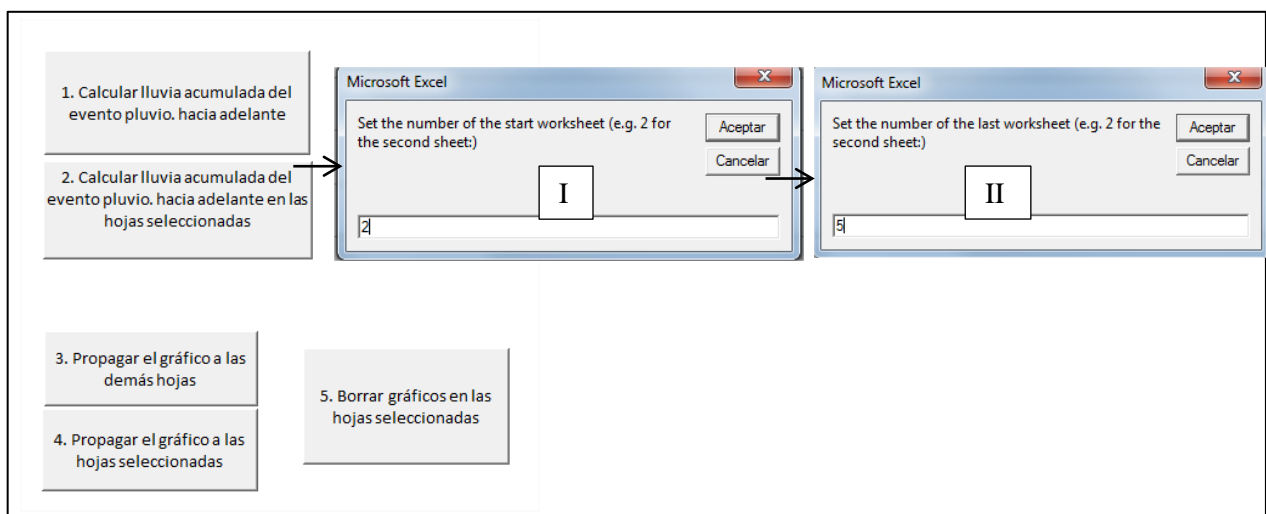


Figura 5 Botones para la aplicación del Cuarto paso

10. En la misma hoja, para aplicar la “**Macro 4**”, clicar sobre el botón (3) si se desea crear automáticamente el gráfico de curvas pluviométricas y de periodo de retorno en todas las demás hojas. Opcionalmente, clicar en el botón (4) si se desea crear sólo en una de las hojas (ver Figura 5). En esta opción se procederá como se explicaba en el procedimiento 9 para el botón (2), con la diferencia de que aparecerá una última ventana que solicita el número de gráfico que se desea copiar a otras hojas, donde se debe insertar el valor 1, ya que por el momento es el único gráfico disponible. Del mismo modo, si se desean rehacer los gráficos para alguna hoja, se deben eliminar utilizando el botón (5), el cual solicitará los mismos parámetros que el botón (4).

Los formatos de ejes de cada gráfico, así como otras características relativas a su formato o dimensión pueden editarse normalmente para cada uno de ellos.

Quinto paso: extracción interactiva de resultados

11. Para indicarle a la última macro cuales son los límites de las variables críticas, en primer lugar deben situarse los marcadores SA, EA y SL en sus correspondientes posiciones de x . Para esto pueden usarse las barras de desplazamiento situadas sobre la columna x de cada límite, o bien insertando el valor directamente en la primera celda de x correspondiente a cada límite (celdas BM20, BM25 y BM30, respectivamente). Igualmente, puede variarse la altura de las líneas que posicionan cada límite mediante los valores de las celdas amarillas de la columna BN (ver Figura 6).

SA. Inicio de la lluvia antecedente x	y	
	26,00	0,00
	26,00	850,00
EA. Final de la lluvia antecedente x	y	
	17,00	0,00
	17,00	850,00
SL. Inicio del último evento de lluvia x	y	
	2,00	0,00
	2,00	850,00

Figura 6 Barras de desplazamiento y celdas para definir las posiciones de los marcadores de SA, EA y SL

12. Para aplicar la “**Macro 5**”, activar la última hoja de cálculo del **Archivo 4** (*SUMMARY with T*), y allí clicar sobre el botón “*Adquirir los valores de las variables*” (ver Figura 7). De este modo se completarán las columnas anteriores a BZ en esa hoja, donde aparecerán los valores de variables pluviométricas críticas respectivas a cada evento de movimiento de ladera (E_{DG1} , E_{DG2} , E_{DG3} , A_{DG1}) según las posiciones de sus límites. Junto a estos se añadirán los valores de intensidad media, duración, periodo de retorno, etc.

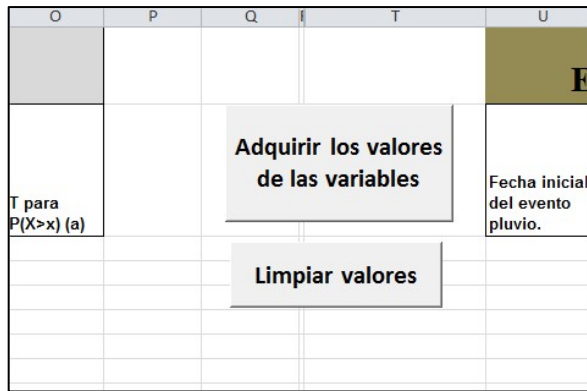


Figura 7 Botones para la extracción de los valores de las variables críticas E_{DG1} , E_{DG2} , E_{DG3} , A_{DG1} y A_{DG2}

Un ejemplo del Archivo 4 con los cálculos para E_{DG1} , E_{DG2} , E_{DG3} y A_{DG1} puede descargarse en: http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_aplications/Edg1_Edg2_Edg3_Adg1_Example.xlsm

13. Para calcular los valores de A_{DG2} , guardar una copia del Archivo 4 y clicar sobre el botón “*Limpiar valores*” de hoja “*SUMMARY with T*”. A continuación volver a repetir el procedimiento 11 cambiando la posición del límite EA, y volver a pulsar el botón “*Adquirir los valores de las variables*”. Ahora sus valores se guardarán en las columnas BJ-BU de dicha hoja, por lo que el encabezado general puede reescribirse como “ A_{DG2} (*lluvia del evento pluviométrico desde SL a LD*)”.

Un ejemplo del Archivo 4 con los cálculos para E_{DG1} , E_{DG2} , E_{DG3} y A_{DG2} puede descargarse en: http://www.ugr.es/~jpalbae/Thesis_aplications/Edg1_Edg2_Edg3_Adg2_Example.xlsm

En el apartado **E del Anexo V** se muestran los gráficos con los marcadores de los límites para la extracción de variables críticas para cada evento de movimiento de ladera.

ANEXO V

Resultados Tabulados sobre el Análisis de PDS Aplicado a la Evaluación Indirecta de La peligrosidad de Movimientos de Ladera

A. TABLA EJEMPLO CON EXTRACTOS DE VALORES DE VARIABLES
PLUVIOMÉTRICAS EN RELACIÓN A LA LLUVIA ACUMULADA PARA
DIFERENTES DURACIONES EN ELPLUVIÓMETRO 8

Localización: **Pluviómetro_8**

Fecha	R. lluvia diaria (mm)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
01/01/1945	0,00	N (d):	0,00	01/01/1945	0,00	1,00
02/01/1945	0,00	24195,00	0,00	02/01/1945	0,00	1,00
03/01/1945	0,00	Duration (d)	0,00	03/01/1945	0,00	1,00
04/01/1945	0,00	1,00	0,00	04/01/1945	0,00	1,00
05/01/1945	3,80		3,80	05/01/1945	3,80	1,00
06/01/1945	0,80		0,80	06/01/1945	0,80	1,00
---	---	---	---	---	---	---
21/04/2011	9,70	Duration (d)	20,10	23/04/2011	6,70	3,00
22/04/2011	4,10	3,00	11,90	24/04/2011	3,97	3,00
23/04/2011	6,30		7,80	25/04/2011	2,60	3,00
24/04/2011	1,50		1,50	26/04/2011	0,50	3,00
25/04/2011	0,00		0,00	27/04/2011	0,00	3,00
26/04/2011	0,00		9,00	28/04/2011	3,00	3,00
---	---	---	---	---	---	---
14/12/1961	0,00	Duration (d)	0,00	18/12/1961	0,00	5,00
15/12/1961	0,00	5,00	0,00	19/12/1961	0,00	5,00
16/12/1961	0,00		2,00	20/12/1961	0,40	5,00
17/12/1961	0,00		2,00	21/12/1961	0,40	5,00
18/12/1961	0,00		7,00	22/12/1961	1,40	5,00
19/12/1961	0,00		22,00	23/12/1961	4,40	5,00
---	---	---	---	---	---	---
10/10/1996	0,00	Duration (d)	59,60	09/11/1996	1,92	31,00
11/10/1996	0,00	31,00	59,60	10/11/1996	1,92	31,00
12/10/1996	14,20		72,10	11/11/1996	2,33	31,00
13/10/1996	40,00		112,90	12/11/1996	3,64	31,00
14/10/1996	5,40		85,90	13/11/1996	2,77	31,00
15/10/1996	0,00		90,50	14/11/1996	2,92	31,00
---	---	---	---	---	---	---
15/12/2009	0,00	Duration (d)	530,10	12/02/2010	8,84	60,00
16/12/2009	1,60	60,00	535,70	13/02/2010	8,93	60,00
17/12/2009	0,00		536,40	14/02/2010	8,94	60,00
18/12/2009	19,60		577,90	15/02/2010	9,63	60,00
19/12/2009	0,00		589,30	16/02/2010	9,82	60,00
20/12/2009	2,60		596,30	17/02/2010	9,94	60,00
---	---	---	---	---	---	---
10/11/1945	0,00	Duration (d)	247,80	07/02/1946	2,75	90,00
11/11/1945	2,90	90,00	247,80	08/02/1946	2,75	90,00
12/11/1945	17,00		244,90	09/02/1946	2,72	90,00
13/11/1945	0,30		227,90	10/02/1946	2,53	90,00
14/11/1945	0,00		227,60	11/02/1946	2,53	90,00
15/11/1945	0,00		227,60	12/02/1946	2,53	90,00

**B. TABLA EJEMPLO CON EXTRACTOS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS
DE FRECUENCIA OBSERVADA Y PERIODO DE RETORNO DE LA
LLUVIA ACUMULADA PARA DIFERENTES DURACIONES (DE 1 A 90
DÍAS), BASADO EN SERIES DE DURACIÓN PARCIAL Y REALIZADO
PARA EL PLUVIÓMETRO 8**

Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) % P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	Prob. observada de excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	Duración (d)	N (d)	Duración de la serie (a)	k
1	0,004133	99,9959	0,000041	0,004132	0,018184	364,55	0,002743	0,002743	0,002743	0,00	01/01/1945				
2	0,008266	99,9917	0,000058	0,008264	0,028136	364,53	0,002743	0,002743	0,002744	0,00	02/01/1945				
3	0,012399	99,9876	0,000072	0,012396	0,036733	364,52	0,002743	0,002743	0,002744	0,00	03/01/1945	1	24195	66,37	364,5631
4	0,016532	99,9835	0,000083	0,016527	0,044629	364,50	0,002743	0,002743	0,002744	0,00	04/01/1945				
5	0,020665	99,9793	0,000092	0,020658	0,052077	364,49	0,002744	0,002744	0,002744	0,00	07/01/1945				
6	0,024797	99,9752	0,000101	0,024789	0,059205	364,47	0,002744	0,002744	0,002744	0,00	08/01/1945				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
24186	99,975198	0,0248	0,000101	99,940785	99,975207	0,09	11,059817	4,632275	18,734782	181,00	22/01/1996				
24187	99,979332	0,0207	0,000092	99,947915	99,979339	0,08	13,271781	5,266399	23,360992	194,60	07/03/1991				
24188	99,983466	0,0165	0,000083	99,955364	99,983470	0,06	16,589726	6,145223	30,690119	197,00	07/11/1982	3	24191	66,36	364,5630
24189	99,987599	0,0124	0,000072	99,963261	99,987602	0,05	22,119635	7,466124	43,829058	198,00	08/11/1982				
24190	99,991733	0,0083	0,000058	99,971859	99,991734	0,03	33,179452	9,747440	73,063034	215,20	18/12/1997				
24191	99,995866	0,0041	0,000041	99,981813	99,995867	0,02	66,358904	15,082051	179,169041	246,30	23/01/1996				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
24173	99,937986	0,0620	0,000160	99,883594	99,938020	0,23	4,423196	2,356427	6,364144	202,00	27/12/2009				
24174	99,942120	0,0579	0,000155	99,889570	99,942150	0,21	4,739139	2,483932	6,891760	207,50	24/10/1999				
24175	99,946254	0,0537	0,000149	99,895613	99,946282	0,20	5,103688	2,627720	7,509455	208,00	20/12/1996	5	24187	66,35	364,5629
24176	99,950389	0,0496	0,000143	99,901731	99,950413	0,18	5,528995	2,791315	8,241720	211,70	03/02/1998				
24177	99,954523	0,0455	0,000137	99,907933	99,954544	0,17	6,031631	2,979377	9,122621	213,00	22/12/2010				
24178	99,958657	0,0413	0,000131	99,914233	99,958676	0,15	6,634795	3,198216	10,200911	217,20	20/12/1997				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
24123	99,946139	0,0539	0,000149	99,895388	99,946166	0,20	5,092729	2,622080	7,493329	563,60	03/02/1996				
24124	99,950282	0,0497	0,000143	99,901519	99,950306	0,18	5,517123	2,785323	8,224022	568,60	01/02/1996				
24125	99,954425	0,0456	0,000137	99,907735	99,954446	0,17	6,018680	2,972982	9,103031	578,60	31/01/1996	31	24135	66,21	364,5620
24126	99,958568	0,0414	0,000131	99,914048	99,958587	0,15	6,620548	3,191351	10,179006	586,70	11/01/1997				
24127	99,962711	0,0373	0,000124	99,920474	99,962727	0,14	7,356164	3,449189	11,523967	606,50	02/01/1997				
24128	99,966854	0,0331	0,000117	99,927030	99,966868	0,12	8,275685	3,759097	13,248988	606,50	03/01/1997				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
24072	99,975081	0,0249	0,000102	99,940505	99,975090	0,09	11,007763	4,610477	18,646600	827,30	31/01/1997				
24073	99,979234	0,0208	0,000093	99,947668	99,979241	0,08	13,209315	5,241617	23,251036	827,30	01/02/1997				
24074	99,983387	0,0166	0,000083	99,955152	99,983392	0,06	16,511644	6,116303	30,545667	829,10	31/01/1996	60	24077	66,05	364,5609
24075	99,987540	0,0125	0,000072	99,963087	99,987544	0,05	22,015525	7,430987	43,622766	829,10	01/02/1996				
24076	99,991694	0,0083	0,000059	99,971726	99,991695	0,03	33,023288	9,701565	72,719147	829,10	02/02/1996				
24077	99,995847	0,0042	0,000042	99,981727	99,995847	0,02	66,046575	15,011067	178,325753	829,10	03/02/1996				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
24012	99,975019	0,0250	0,000102	99,940356	99,975027	0,09	10,980365	4,599004	18,600188	939,80	03/02/1997				
24013	99,979182	0,0208	0,000093	99,947538	99,979189	0,08	13,176438	5,228573	23,193164	939,80	04/02/1997				
24014	99,983346	0,0167	0,000083	99,955040	99,983351	0,06	16,470548	6,101083	30,469639	939,80	05/02/1997	91	24017	65,88	364,5598
24015	99,987509	0,0125	0,000072	99,962994	99,987512	0,05	21,960731	7,412494	43,514190	939,80	06/02/1997				
24016	99,991673	0,0083	0,000059	99,971655	99,991675	0,03	32,941096	9,677421	72,538154	939,80	07/02/1997				
24017	99,995836	0,0042	0,000042	99,981681	99,995837	0,02	65,882192	14,973707	177,881918	939,80	08/02/1997				

C. VARIABLES PLUVIOMÉTRICAS EN RELACIÓN A LA LLUVIA
ACUMULADA HASTA LA FECHA DE CADA EVENTO DE
MOVIMIENTO DE LADERA

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
03/02/1996	0	0,00	03/02/1996	0,00	1,00	
Pluviómetro:						
183	02/02/1996	0,00	03/02/1996	0,00	2,00	
ID del evento:						
31	01/02/1996	57,00	03/02/1996	19,00	3,00	
	31/01/1996	0,00	03/02/1996	14,25	4,00	
	30/01/1996	7,00	03/02/1996	12,80	5,00	
	29/01/1996	18,00	03/02/1996	13,67	6,00	
	28/01/1996	39,00	03/02/1996	17,29	7,00	
	27/01/1996	2,00	03/02/1996	15,38	8,00	
	26/01/1996	0,00	03/02/1996	13,67	9,00	
	25/01/1996	0,00	03/02/1996	12,30	10,00	
	24/01/1996	56,00	03/02/1996	16,27	11,00	
	23/01/1996	23,00	03/02/1996	16,83	12,00	
	22/01/1996	69,00	03/02/1996	20,85	13,00	
	21/01/1996	0,00	03/02/1996	19,36	14,00	
	20/01/1996	0,00	03/02/1996	18,07	15,00	
	19/01/1996	2,00	03/02/1996	17,06	16,00	
	18/01/1996	2,00	03/02/1996	16,18	17,00	
	17/01/1996	0,00	03/02/1996	15,28	18,00	
	16/01/1996	0,00	03/02/1996	14,47	19,00	
	15/01/1996	0,00	03/02/1996	13,75	20,00	
	14/01/1996	0,00	03/02/1996	13,10	21,00	
	13/01/1996	0,00	03/02/1996	12,50	22,00	
	12/01/1996	12,00	03/02/1996	12,48	23,00	
	11/01/1996	7,00	03/02/1996	12,25	24,00	
	10/01/1996	29,00	03/02/1996	12,92	25,00	
	09/01/1996	6,00	03/02/1996	12,65	26,00	
	08/01/1996	0,00	03/02/1996	12,19	27,00	
	07/01/1996	48,00	03/02/1996	13,46	28,00	
	06/01/1996	3,00	03/02/1996	13,10	29,00	
	05/01/1996	5,00	03/02/1996	12,83	30,00	
	04/01/1996	0,00	03/02/1996	12,42	31,00	
	03/01/1996	4,00	03/02/1996	12,16	32,00	
	02/01/1996	0,00	03/02/1996	11,79	33,00	
	01/01/1996	25,00	03/02/1996	12,18	34,00	
	31/12/1995	23,00	03/02/1996	12,49	35,00	
	30/12/1995	45,00	03/02/1996	13,39	36,00	
	29/12/1995	0,00	03/02/1996	13,03	37,00	
	28/12/1995	21,00	03/02/1996	13,24	38,00	
	27/12/1995	2,00	03/02/1996	12,95	39,00	
	26/12/1995	22,00	03/02/1996	13,18	40,00	
	25/12/1995	0,00	03/02/1996	12,85	41,00	
	24/12/1995	0,00	03/02/1996	12,55	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
03/02/1996	23/12/1995	0,00	527,00	03/02/1996	12,26	43,00
Pluviómetro:	22/12/1995	3,00	530,00	03/02/1996	12,05	44,00
183	21/12/1995	0,00	530,00	03/02/1996	11,78	45,00
ID del evento:	20/12/1995	0,00	530,00	03/02/1996	11,52	46,00
31	19/12/1995	9,00	539,00	03/02/1996	11,47	47,00
	18/12/1995	0,00	539,00	03/02/1996	11,23	48,00
	17/12/1995	4,00	543,00	03/02/1996	11,08	49,00
	16/12/1995	31,00	574,00	03/02/1996	11,48	50,00
	15/12/1995	15,00	589,00	03/02/1996	11,55	51,00
	14/12/1995	0,00	589,00	03/02/1996	11,33	52,00
	13/12/1995	0,00	589,00	03/02/1996	11,11	53,00
	12/12/1995	0,00	589,00	03/02/1996	10,91	54,00
	11/12/1995	0,00	589,00	03/02/1996	10,71	55,00
	10/12/1995	9,00	598,00	03/02/1996	10,68	56,00
	09/12/1995	10,00	608,00	03/02/1996	10,67	57,00
	08/12/1995	10,00	618,00	03/02/1996	10,66	58,00
	07/12/1995	3,00	621,00	03/02/1996	10,53	59,00
	06/12/1995	0,00	621,00	03/02/1996	10,35	60,00
	05/12/1995	0,00	621,00	03/02/1996	10,18	61,00
	04/12/1995	0,00	621,00	03/02/1996	10,02	62,00
	03/12/1995	0,00	621,00	03/02/1996	9,86	63,00
	02/12/1995	0,00	621,00	03/02/1996	9,70	64,00
	01/12/1995	3,00	624,00	03/02/1996	9,60	65,00
	30/11/1995	2,00	626,00	03/02/1996	9,48	66,00
	29/11/1995	0,00	626,00	03/02/1996	9,34	67,00
	28/11/1995	0,00	626,00	03/02/1996	9,21	68,00
	27/11/1995	0,00	626,00	03/02/1996	9,07	69,00
	26/11/1995	10,00	636,00	03/02/1996	9,09	70,00
	25/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,96	71,00
	24/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,83	72,00
	23/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,71	73,00
	22/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,59	74,00
	21/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,48	75,00
	20/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,37	76,00
	19/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,26	77,00
	18/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,15	78,00
	17/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	8,05	79,00
	16/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	7,95	80,00
	15/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	7,85	81,00
	14/11/1995	0,00	636,00	03/02/1996	7,76	82,00
	13/11/1995	15,00	651,00	03/02/1996	7,84	83,00
	12/11/1995	20,00	671,00	03/02/1996	7,99	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
03/02/1996	11/11/1995	14,00	685,00	03/02/1996	8,06	85,00
Pluviómetro:	10/11/1995	1,00	686,00	03/02/1996	7,98	86,00
183	09/11/1995	0,00	686,00	03/02/1996	7,89	87,00
ID del evento:	08/11/1995	0,00	686,00	03/02/1996	7,80	88,00
31	07/11/1995	0,00	686,00	03/02/1996	7,71	89,00
	06/11/1995	0,00	686,00	03/02/1996	7,62	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
31/01/1997	0	0,00	31/01/1997	0,00	1,00	
Pluviómetro:						
225	0,20	0,20	31/01/1997	0,10	2,00	
ID del evento:						
39	0,30	0,50	31/01/1997	0,17	3,00	
	0,00	0,50	31/01/1997	0,13	4,00	
	0,00	0,50	31/01/1997	0,10	5,00	
	0,00	0,50	31/01/1997	0,08	6,00	
	0,00	0,50	31/01/1997	0,07	7,00	
	0,00	0,50	31/01/1997	0,06	8,00	
	14,40	14,90	31/01/1997	1,66	9,00	
	14,70	29,60	31/01/1997	2,96	10,00	
	0,50	30,10	31/01/1997	2,74	11,00	
	13,60	43,70	31/01/1997	3,64	12,00	
	26,50	70,20	31/01/1997	5,40	13,00	
	1,60	71,80	31/01/1997	5,13	14,00	
	0,00	71,80	31/01/1997	4,79	15,00	
	5,20	77,00	31/01/1997	4,81	16,00	
	0,00	77,00	31/01/1997	4,53	17,00	
	0,00	77,00	31/01/1997	4,28	18,00	
	0,00	77,00	31/01/1997	4,05	19,00	
	0,00	77,00	31/01/1997	3,85	20,00	
	0,00	77,00	31/01/1997	3,67	21,00	
	0,00	77,00	31/01/1997	3,50	22,00	
	1,60	78,60	31/01/1997	3,42	23,00	
	0,30	78,90	31/01/1997	3,29	24,00	
	12,80	91,70	31/01/1997	3,67	25,00	
	0,00	91,70	31/01/1997	3,53	26,00	
	25,50	117,20	31/01/1997	4,34	27,00	
	2,60	119,80	31/01/1997	4,28	28,00	
	0,00	119,80	31/01/1997	4,13	29,00	
	44,70	164,50	31/01/1997	5,48	30,00	
	28,30	192,80	31/01/1997	6,22	31,00	
	8,20	201,00	31/01/1997	6,28	32,00	
	10,00	211,00	31/01/1997	6,39	33,00	
	23,20	234,20	31/01/1997	6,89	34,00	
	10,00	244,20	31/01/1997	6,98	35,00	
	0,00	244,20	31/01/1997	6,78	36,00	
	0,20	244,40	31/01/1997	6,61	37,00	
	2,10	246,50	31/01/1997	6,49	38,00	
	6,50	253,00	31/01/1997	6,49	39,00	
	7,10	260,10	31/01/1997	6,50	40,00	
	10,90	271,00	31/01/1997	6,61	41,00	
	13,00	284,00	31/01/1997	6,76	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
31/01/1997	20/12/1996	48,60	332,60	31/01/1997	7,73	43,00
Pluviómetro:	19/12/1996	23,10	355,70	31/01/1997	8,08	44,00
225	18/12/1996	36,30	392,00	31/01/1997	8,71	45,00
ID del evento:	17/12/1996	10,70	402,70	31/01/1997	8,75	46,00
39	16/12/1996	8,90	411,60	31/01/1997	8,76	47,00
	15/12/1996	11,90	423,50	31/01/1997	8,82	48,00
	14/12/1996	0,20	423,70	31/01/1997	8,65	49,00
	13/12/1996	10,20	433,90	31/01/1997	8,68	50,00
	12/12/1996	11,40	445,30	31/01/1997	8,73	51,00
	11/12/1996	10,90	456,20	31/01/1997	8,77	52,00
	10/12/1996	0,00	456,20	31/01/1997	8,61	53,00
	09/12/1996	0,00	456,20	31/01/1997	8,45	54,00
	08/12/1996	6,40	462,60	31/01/1997	8,41	55,00
	07/12/1996	0,00	462,60	31/01/1997	8,26	56,00
	06/12/1996	1,30	463,90	31/01/1997	8,14	57,00
	05/12/1996	9,10	473,00	31/01/1997	8,16	58,00
	04/12/1996	21,60	494,60	31/01/1997	8,38	59,00
	03/12/1996	0,00	494,60	31/01/1997	8,24	60,00
	02/12/1996	0,00	494,60	31/01/1997	8,11	61,00
	01/12/1996	0,00	827,30	31/01/1997	13,34	62,00
	30/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	13,13	63,00
	29/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	12,93	64,00
	28/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	12,73	65,00
	27/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	12,53	66,00
	26/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	12,35	67,00
	25/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	12,17	68,00
	24/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	11,99	69,00
	23/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	11,82	70,00
	22/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	11,65	71,00
	21/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	11,49	72,00
	20/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	11,33	73,00
	19/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	11,18	74,00
	18/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	11,03	75,00
	17/11/1996	0,00	827,30	31/01/1997	10,89	76,00
	16/11/1996	14,00	841,30	31/01/1997	10,93	77,00
	15/11/1996	8,00	849,30	31/01/1997	10,89	78,00
	14/11/1996	10,00	859,30	31/01/1997	10,88	79,00
	13/11/1996	13,00	872,30	31/01/1997	10,90	80,00
	12/11/1996	55,00	927,30	31/01/1997	11,45	81,00
	11/11/1996	12,50	939,80	31/01/1997	11,46	82,00
	10/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	11,32	83,00
	09/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	11,19	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
31/01/1997	08/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	11,06	85,00
Pluviómetro:	07/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	10,93	86,00
225	06/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	10,80	87,00
ID del evento:	05/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	10,68	88,00
39	04/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	10,56	89,00
	03/11/1996	0,00	939,80	31/01/1997	10,44	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
25/12/1996	2,1	2,10	25/12/1996	2,10	1,00	
Pluviómetro:	6,50	8,60	25/12/1996	4,30	2,00	
225	7,10	15,70	25/12/1996	5,23	3,00	
ID del evento:	10,90	26,60	25/12/1996	6,65	4,00	
42	13,00	39,60	25/12/1996	7,92	5,00	
	48,60	88,20	25/12/1996	14,70	6,00	
	23,10	111,30	25/12/1996	15,90	7,00	
	36,30	147,60	25/12/1996	18,45	8,00	
	10,70	158,30	25/12/1996	17,59	9,00	
	8,90	167,20	25/12/1996	16,72	10,00	
	11,90	179,10	25/12/1996	16,28	11,00	
	0,20	179,30	25/12/1996	14,94	12,00	
	10,20	189,50	25/12/1996	14,58	13,00	
	11,40	200,90	25/12/1996	14,35	14,00	
	10,90	211,80	25/12/1996	14,12	15,00	
	0,00	211,80	25/12/1996	13,24	16,00	
	0,00	211,80	25/12/1996	12,46	17,00	
	6,40	218,20	25/12/1996	12,12	18,00	
	0,00	218,20	25/12/1996	11,48	19,00	
	1,30	219,50	25/12/1996	10,98	20,00	
	9,10	228,60	25/12/1996	10,89	21,00	
	21,60	250,20	25/12/1996	11,37	22,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	10,88	23,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	10,43	24,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	10,01	25,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	9,62	26,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	9,27	27,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	8,94	28,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	8,63	29,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	8,34	30,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	8,07	31,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	7,82	32,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	7,58	33,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	7,36	34,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	7,15	35,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	6,95	36,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	6,76	37,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	6,58	38,00	
	0,00	250,20	25/12/1996	6,42	39,00	
	7,50	257,70	25/12/1996	6,44	40,00	
	10,60	268,30	25/12/1996	6,54	41,00	
	5,60	273,90	25/12/1996	6,52	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
25/12/1996	13/11/1996	8,10	282,00	25/12/1996	6,56	43,00
Pluviómetro:	12/11/1996	31,00	313,00	25/12/1996	7,11	44,00
225	11/11/1996	87,60	400,60	25/12/1996	8,90	45,00
ID del evento:	10/11/1996	1,60	402,20	25/12/1996	8,74	46,00
42	09/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	8,56	47,00
	08/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	8,38	48,00
	07/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	8,21	49,00
	06/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	8,04	50,00
	05/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	7,89	51,00
	04/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	7,73	52,00
	03/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	7,59	53,00
	02/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	7,45	54,00
	01/11/1996	0,00	402,20	25/12/1996	7,31	55,00
	31/10/1996	0,00	402,20	25/12/1996	7,18	56,00
	30/10/1996	0,00	402,20	25/12/1996	7,06	57,00
	29/10/1996	0,00	402,20	25/12/1996	6,93	58,00
	28/10/1996	0,00	402,20	25/12/1996	6,82	59,00
	27/10/1996	0,00	402,20	25/12/1996	6,70	60,00
	26/10/1996	0,00	402,20	25/12/1996	6,59	61,00
	25/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	8,56	62,00
	24/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	8,43	63,00
	23/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	8,30	64,00
	22/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	8,17	65,00
	21/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	8,05	66,00
	20/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	7,93	67,00
	19/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	7,81	68,00
	18/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	7,70	69,00
	17/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	7,59	70,00
	16/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	7,48	71,00
	15/10/1996	0,00	531,00	25/12/1996	7,38	72,00
	14/10/1996	5,40	536,40	25/12/1996	7,35	73,00
	13/10/1996	40,00	576,40	25/12/1996	7,79	74,00
	12/10/1996	14,20	590,60	25/12/1996	7,87	75,00
	11/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,77	76,00
	10/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,67	77,00
	09/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,57	78,00
	08/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,48	79,00
	07/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,38	80,00
	06/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,29	81,00
	05/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,20	82,00
	04/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,12	83,00
	03/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	7,03	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
25/12/1996	02/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	6,95	85,00
Pluviómetro:	01/10/1996	0,00	590,60	25/12/1996	6,87	86,00
225	30/09/1996	0,00	590,60	25/12/1996	6,79	87,00
ID del evento:	29/09/1996	0,00	590,60	25/12/1996	6,71	88,00
42	28/09/1996	0,00	590,60	25/12/1996	6,64	89,00
	27/09/1996	0,00	590,60	25/12/1996	6,56	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
04/01/1997	04/01/1997	5	5,00	04/01/1997	5,00	1,00
Pluviómetro:	03/01/1997	0,00	5,00	04/01/1997	2,50	2,00
100	02/01/1997	50,00	55,00	04/01/1997	18,33	3,00
ID del evento:	01/01/1997	10,00	65,00	04/01/1997	16,25	4,00
44	31/12/1996	16,00	81,00	04/01/1997	16,20	5,00
	30/12/1996	8,00	89,00	04/01/1997	14,83	6,00
	29/12/1996	43,00	132,00	04/01/1997	18,86	7,00
	28/12/1996	22,00	154,00	04/01/1997	19,25	8,00
	27/12/1996	0,00	154,00	04/01/1997	17,11	9,00
	26/12/1996	0,00	154,00	04/01/1997	15,40	10,00
	25/12/1996	0,00	154,00	04/01/1997	14,00	11,00
	24/12/1996	0,00	154,00	04/01/1997	12,83	12,00
	23/12/1996	13,00	167,00	04/01/1997	12,85	13,00
	22/12/1996	13,00	180,00	04/01/1997	12,86	14,00
	21/12/1996	17,00	197,00	04/01/1997	13,13	15,00
	20/12/1996	46,00	243,00	04/01/1997	15,19	16,00
	19/12/1996	102,00	345,00	04/01/1997	20,29	17,00
	18/12/1996	18,00	363,00	04/01/1997	20,17	18,00
	17/12/1996	0,00	363,00	04/01/1997	19,11	19,00
	16/12/1996	10,00	373,00	04/01/1997	18,65	20,00
	15/12/1996	6,00	379,00	04/01/1997	18,05	21,00
	14/12/1996	0,00	379,00	04/01/1997	17,23	22,00
	13/12/1996	19,00	398,00	04/01/1997	17,30	23,00
	12/12/1996	15,00	413,00	04/01/1997	17,21	24,00
	11/12/1996	31,50	444,50	04/01/1997	17,78	25,00
	10/12/1996	0,00	444,50	04/01/1997	17,10	26,00
	09/12/1996	0,00	444,50	04/01/1997	16,46	27,00
	08/12/1996	0,00	444,50	04/01/1997	15,88	28,00
	07/12/1996	0,00	444,50	04/01/1997	15,33	29,00
	06/12/1996	0,00	444,50	04/01/1997	14,82	30,00
	05/12/1996	12,00	456,50	04/01/1997	14,73	31,00
	04/12/1996	33,00	489,50	04/01/1997	15,30	32,00
	03/12/1996	0,00	489,50	04/01/1997	14,83	33,00
	02/12/1996	0,00	489,50	04/01/1997	14,40	34,00
	01/12/1996	0,00	489,50	04/01/1997	13,99	35,00
	30/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	13,60	36,00
	29/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	13,23	37,00
	28/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	12,88	38,00
	27/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	12,55	39,00
	26/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	12,24	40,00
	25/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	11,94	41,00
	24/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	11,65	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
04/01/1997	23/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	11,38	43,00
Pluviómetro:	22/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	11,13	44,00
100	21/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	10,88	45,00
ID del evento:	20/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	10,64	46,00
44	19/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	10,41	47,00
	18/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	10,20	48,00
	17/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	9,99	49,00
	16/11/1996	0,00	489,50	04/01/1997	9,79	50,00
	15/11/1996	8,00	497,50	04/01/1997	9,75	51,00
	14/11/1996	6,50	504,00	04/01/1997	9,69	52,00
	13/11/1996	9,00	513,00	04/01/1997	9,68	53,00
	12/11/1996	45,00	558,00	04/01/1997	10,33	54,00
	11/11/1996	130,00	688,00	04/01/1997	12,51	55,00
	10/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	12,29	56,00
	09/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	12,07	57,00
	08/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	11,86	58,00
	07/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	11,66	59,00
	06/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	11,47	60,00
	05/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	11,28	61,00
	04/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	11,10	62,00
	03/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	10,92	63,00
	02/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	10,75	64,00
	01/11/1996	0,00	688,00	04/01/1997	10,58	65,00
	31/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	10,42	66,00
	30/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	10,27	67,00
	29/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	10,12	68,00
	28/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,97	69,00
	27/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,83	70,00
	26/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,69	71,00
	25/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,56	72,00
	24/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,42	73,00
	23/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,30	74,00
	22/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,17	75,00
	21/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	9,05	76,00
	20/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	8,94	77,00
	19/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	8,82	78,00
	18/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	8,71	79,00
	17/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	8,60	80,00
	16/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	8,49	81,00
	15/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	8,39	82,00
	14/10/1996	0,00	688,00	04/01/1997	8,29	83,00
	13/10/1996	61,00	749,00	04/01/1997	8,92	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
04/01/1997	12/10/1996	0,00	749,00	04/01/1997	8,81	85,00
Pluviómetro:	11/10/1996	0,00	749,00	04/01/1997	8,71	86,00
100	10/10/1996	0,00	749,00	04/01/1997	8,61	87,00
ID del evento:	09/10/1996	0,00	749,00	04/01/1997	8,51	88,00
44	08/10/1996	0,00	749,00	04/01/1997	8,42	89,00
	07/10/1996	0,00	749,00	04/01/1997	8,32	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
06/01/1997	0	0,00	06/01/1997	0,00	1,00	
Pluviómetro:						
153	13,00	13,00	06/01/1997	6,50	2,00	
ID del evento:						
45	17,00	30,00	06/01/1997	10,00	3,00	
	0,00	30,00	06/01/1997	7,50	4,00	
	49,00	79,00	06/01/1997	15,80	5,00	
	27,00	106,00	06/01/1997	17,67	6,00	
	12,00	118,00	06/01/1997	16,86	7,00	
	21,00	139,00	06/01/1997	17,38	8,00	
	61,00	200,00	06/01/1997	22,22	9,00	
	30,00	230,00	06/01/1997	23,00	10,00	
	0,00	230,00	06/01/1997	20,91	11,00	
	0,00	230,00	06/01/1997	19,17	12,00	
	0,00	230,00	06/01/1997	17,69	13,00	
	4,50	234,50	06/01/1997	16,75	14,00	
	25,00	259,50	06/01/1997	17,30	15,00	
	11,50	271,00	06/01/1997	16,94	16,00	
	14,50	285,50	06/01/1997	16,79	17,00	
	60,00	345,50	06/01/1997	19,19	18,00	
	31,50	377,00	06/01/1997	19,84	19,00	
	44,00	421,00	06/01/1997	21,05	20,00	
	28,50	449,50	06/01/1997	21,40	21,00	
	12,00	461,50	06/01/1997	20,98	22,00	
	19,50	481,00	06/01/1997	20,91	23,00	
	0,00	481,00	06/01/1997	20,04	24,00	
	13,00	494,00	06/01/1997	19,76	25,00	
	24,50	518,50	06/01/1997	19,94	26,00	
	35,50	554,00	06/01/1997	20,52	27,00	
	0,00	554,00	06/01/1997	19,79	28,00	
	0,00	554,00	06/01/1997	19,10	29,00	
	0,00	554,00	06/01/1997	18,47	30,00	
	0,00	554,00	06/01/1997	17,87	31,00	
	0,00	554,00	06/01/1997	17,31	32,00	
	15,00	569,00	06/01/1997	17,24	33,00	
	36,50	605,50	06/01/1997	17,81	34,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	17,30	35,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	16,82	36,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	16,36	37,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	15,93	38,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	15,53	39,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	15,14	40,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	14,77	41,00	
	0,00	605,50	06/01/1997	14,42	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
06/01/1997	25/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	14,08	43,00
Pluviómetro:	24/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	13,76	44,00
153	23/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	13,46	45,00
ID del evento:	22/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	13,16	46,00
45	21/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	12,88	47,00
	20/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	12,61	48,00
	19/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	12,36	49,00
	18/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	12,11	50,00
	17/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	11,87	51,00
	16/11/1996	0,00	605,50	06/01/1997	11,64	52,00
	15/11/1996	38,50	644,00	06/01/1997	12,15	53,00
	14/11/1996	11,00	655,00	06/01/1997	12,13	54,00
	13/11/1996	7,50	662,50	06/01/1997	12,05	55,00
	12/11/1996	38,00	700,50	06/01/1997	12,51	56,00
	11/11/1996	162,00	862,50	06/01/1997	15,13	57,00
	10/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	14,87	58,00
	09/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	14,62	59,00
	08/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	14,38	60,00
	07/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	14,14	61,00
	06/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	13,91	62,00
	05/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	13,69	63,00
	04/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	13,48	64,00
	03/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	13,27	65,00
	02/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	13,07	66,00
	01/11/1996	0,00	862,50	06/01/1997	12,87	67,00
	31/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	12,68	68,00
	30/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	12,50	69,00
	29/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	12,32	70,00
	28/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	12,15	71,00
	27/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	11,98	72,00
	26/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	11,82	73,00
	25/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	11,66	74,00
	24/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	11,50	75,00
	23/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	11,35	76,00
	22/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	11,20	77,00
	21/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	11,06	78,00
	20/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	10,92	79,00
	19/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	10,78	80,00
	18/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	10,65	81,00
	17/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	10,52	82,00
	16/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	10,39	83,00
	15/10/1996	0,00	862,50	06/01/1997	10,27	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
06/01/1997	14/10/1996	6,00	868,50	06/01/1997	10,22	85,00
Pluviómetro:	13/10/1996	64,00	932,50	06/01/1997	10,84	86,00
153	12/10/1996	12,00	944,50	06/01/1997	10,86	87,00
ID del evento:	11/10/1996	0,00	944,50	06/01/1997	10,73	88,00
45	10/10/1996	0,00	944,50	06/01/1997	10,61	89,00
	09/10/1996	0,00	944,50	06/01/1997	10,49	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
30/01/2010	0	0,00	30/01/2010	0,00	1,00	
Pluviómetro:						
153	0,00	0,00	30/01/2010	0,00	2,00	
ID del evento:						
45	0,00	0,00	30/01/2010	0,00	3,00	
	27/01/2010	0,00	30/01/2010	0,00	4,00	
	26/01/2010	37,00	30/01/2010	7,40	5,00	
	25/01/2010	9,00	30/01/2010	7,67	6,00	
	24/01/2010	3,00	30/01/2010	7,00	7,00	
	23/01/2010	7,80	30/01/2010	7,10	8,00	
	22/01/2010	0,00	30/01/2010	6,31	9,00	
	21/01/2010	0,00	30/01/2010	5,68	10,00	
	20/01/2010	0,00	30/01/2010	5,16	11,00	
	19/01/2010	0,00	30/01/2010	4,73	12,00	
	18/01/2010	0,00	30/01/2010	4,37	13,00	
	17/01/2010	0,00	30/01/2010	4,06	14,00	
	16/01/2010	0,00	30/01/2010	3,79	15,00	
	15/01/2010	0,00	30/01/2010	3,55	16,00	
	14/01/2010	3,50	30/01/2010	3,55	17,00	
	13/01/2010	28,00	30/01/2010	4,91	18,00	
	12/01/2010	37,00	30/01/2010	6,59	19,00	
	11/01/2010	0,00	30/01/2010	6,27	20,00	
	10/01/2010	21,00	30/01/2010	6,97	21,00	
	09/01/2010	0,00	30/01/2010	6,65	22,00	
	08/01/2010	0,00	30/01/2010	6,36	23,00	
	07/01/2010	22,80	30/01/2010	7,05	24,00	
	06/01/2010	26,00	30/01/2010	7,80	25,00	
	05/01/2010	2,50	30/01/2010	7,60	26,00	
	04/01/2010	52,50	30/01/2010	9,26	27,00	
	03/01/2010	0,00	30/01/2010	8,93	28,00	
	02/01/2010	0,00	30/01/2010	8,62	29,00	
	01/01/2010	0,00	30/01/2010	8,34	30,00	
	31/12/2009	10,00	30/01/2010	8,39	31,00	
	30/12/2009	35,00	30/01/2010	9,22	32,00	
	29/12/2009	9,50	30/01/2010	9,23	33,00	
	28/12/2009	5,00	30/01/2010	9,11	34,00	
	27/12/2009	0,00	30/01/2010	8,85	35,00	
	26/12/2009	30,00	30/01/2010	9,43	36,00	
	25/12/2009	43,00	30/01/2010	10,34	37,00	
	24/12/2009	46,00	30/01/2010	11,28	38,00	
	23/12/2009	141,00	30/01/2010	14,61	39,00	
	22/12/2009	37,50	30/01/2010	15,18	40,00	
	21/12/2009	81,50	30/01/2010	16,80	41,00	
	20/12/2009	5,50	30/01/2010	16,53	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
30/01/2010	19/12/2009	0,00	694,10	30/01/2010	16,14	43,00
Pluviómetro:	18/12/2009	0,00	694,10	30/01/2010	15,78	44,00
153	17/12/2009	25,00	719,10	30/01/2010	15,98	45,00
ID del evento:	16/12/2009	1,00	720,10	30/01/2010	15,65	46,00
45	15/12/2009	0,00	720,10	30/01/2010	15,32	47,00
	14/12/2009	0,00	720,10	30/01/2010	15,00	48,00
	13/12/2009	13,50	733,60	30/01/2010	14,97	49,00
	12/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	14,67	50,00
	11/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	14,38	51,00
	10/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	14,11	52,00
	09/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	13,84	53,00
	08/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	13,59	54,00
	07/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	13,34	55,00
	06/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	13,10	56,00
	05/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	12,87	57,00
	04/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	12,65	58,00
	03/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	12,43	59,00
	02/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	12,23	60,00
	01/12/2009	0,00	733,60	30/01/2010	12,03	61,00
	30/11/2009	0,00	733,60	30/01/2010	11,83	62,00
	29/11/2009	23,30	756,90	30/01/2010	12,01	63,00
	28/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	11,83	64,00
	27/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	11,64	65,00
	26/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	11,47	66,00
	25/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	11,30	67,00
	24/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	11,13	68,00
	23/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	10,97	69,00
	22/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	10,81	70,00
	21/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	10,66	71,00
	20/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	10,51	72,00
	19/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	10,37	73,00
	18/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	10,23	74,00
	17/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	10,09	75,00
	16/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,96	76,00
	15/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,83	77,00
	14/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,70	78,00
	13/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,58	79,00
	12/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,46	80,00
	11/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,34	81,00
	10/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,23	82,00
	09/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,12	83,00
	08/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	9,01	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
30/01/2010	07/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	8,90	85,00
Pluviómetro:	06/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	8,80	86,00
153	05/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	8,70	87,00
ID del evento:	04/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	8,60	88,00
45	03/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	8,50	89,00
	02/11/2009	0,00	756,90	30/01/2010	8,41	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
02/01/1997	46	46,00	02/01/1997	46,00	1,00	
Pluviómetro:						
8	59,00	105,00	02/01/1997	52,50	2,00	
ID del evento:						
49	1,00	106,00	02/01/1997	35,33	3,00	
	19,00	125,00	02/01/1997	31,25	4,00	
	38,00	163,00	02/01/1997	32,60	5,00	
	25,00	188,00	02/01/1997	31,33	6,00	
	0,00	188,00	02/01/1997	26,86	7,00	
	0,00	188,00	02/01/1997	23,50	8,00	
	0,00	188,00	02/01/1997	20,89	9,00	
	1,20	189,20	02/01/1997	18,92	10,00	
	21,00	210,20	02/01/1997	19,11	11,00	
	18,00	228,20	02/01/1997	19,02	12,00	
	22,00	250,20	02/01/1997	19,25	13,00	
	63,00	313,20	02/01/1997	22,37	14,00	
	42,00	355,20	02/01/1997	23,68	15,00	
	44,00	399,20	02/01/1997	24,95	16,00	
	49,00	448,20	02/01/1997	26,36	17,00	
	10,00	458,20	02/01/1997	25,46	18,00	
	12,00	470,20	02/01/1997	24,75	19,00	
	0,00	470,20	02/01/1997	23,51	20,00	
	15,30	485,50	02/01/1997	23,12	21,00	
	27,00	512,50	02/01/1997	23,30	22,00	
	45,00	557,50	02/01/1997	24,24	23,00	
	0,00	557,50	02/01/1997	23,23	24,00	
	0,00	557,50	02/01/1997	22,30	25,00	
	22,00	579,50	02/01/1997	22,29	26,00	
	0,00	579,50	02/01/1997	21,46	27,00	
	0,00	579,50	02/01/1997	20,70	28,00	
	17,00	596,50	02/01/1997	20,57	29,00	
	10,00	606,50	02/01/1997	20,22	30,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	19,56	31,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	18,95	32,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	18,38	33,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	17,84	34,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	17,33	35,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	16,85	36,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	16,39	37,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	15,96	38,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	15,55	39,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	15,16	40,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	14,79	41,00	
	0,00	606,50	02/01/1997	14,44	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
02/01/1997	21/11/1996	0,00	606,50	02/01/1997	14,10	43,00
Pluviómetro:	20/11/1996	0,00	606,50	02/01/1997	13,78	44,00
8	19/11/1996	0,00	606,50	02/01/1997	13,48	45,00
ID del evento:	18/11/1996	0,00	606,50	02/01/1997	13,18	46,00
49	17/11/1996	0,00	606,50	02/01/1997	12,90	47,00
	16/11/1996	14,00	620,50	02/01/1997	12,93	48,00
	15/11/1996	8,00	628,50	02/01/1997	12,83	49,00
	14/11/1996	10,00	638,50	02/01/1997	12,77	50,00
	13/11/1996	13,00	651,50	02/01/1997	12,77	51,00
	12/11/1996	55,00	706,50	02/01/1997	13,59	52,00
	11/11/1996	12,50	719,00	02/01/1997	13,57	53,00
	10/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	13,31	54,00
	09/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	13,07	55,00
	08/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	12,84	56,00
	07/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	12,61	57,00
	06/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	12,40	58,00
	05/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	12,19	59,00
	04/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	11,98	60,00
	03/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	11,79	61,00
	02/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	11,60	62,00
	01/11/1996	0,00	719,00	02/01/1997	11,41	63,00
	31/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	11,23	64,00
	30/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	11,06	65,00
	29/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	10,89	66,00
	28/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	10,73	67,00
	27/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	10,57	68,00
	26/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	10,42	69,00
	25/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	10,27	70,00
	24/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	10,13	71,00
	23/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,99	72,00
	22/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,85	73,00
	21/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,72	74,00
	20/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,59	75,00
	19/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,46	76,00
	18/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,34	77,00
	17/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,22	78,00
	16/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	9,10	79,00
	15/10/1996	0,00	719,00	02/01/1997	8,99	80,00
	14/10/1996	5,40	724,40	02/01/1997	8,94	81,00
	13/10/1996	40,00	764,40	02/01/1997	9,32	82,00
	12/10/1996	14,20	778,60	02/01/1997	9,38	83,00
	11/10/1996	0,00	778,60	02/01/1997	9,27	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
02/01/1997	10/10/1996	0,00	778,60	02/01/1997	9,16	85,00
Pluviómetro:	09/10/1996	0,00	778,60	02/01/1997	9,05	86,00
8	08/10/1996	0,00	778,60	02/01/1997	8,95	87,00
ID del evento:	07/10/1996	0,00	778,60	02/01/1997	8,85	88,00
49	06/10/1996	0,00	778,60	02/01/1997	8,75	89,00
	05/10/1996	0,00	778,60	02/01/1997	8,65	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
08/01/1997	16	16,00	08/01/1997	16,00	1,00	
Pluviómetro:						
22	10,00	26,00	08/01/1997	13,00	2,00	
ID del evento:						
50	22,00	48,00	08/01/1997	16,00	3,00	
	10,00	58,00	08/01/1997	14,50	4,00	
	0,00	58,00	08/01/1997	11,60	5,00	
	19,00	77,00	08/01/1997	12,83	6,00	
	22,00	99,00	08/01/1997	14,14	7,00	
	18,00	117,00	08/01/1997	14,63	8,00	
	6,00	123,00	08/01/1997	13,67	9,00	
	9,00	132,00	08/01/1997	13,20	10,00	
	45,00	177,00	08/01/1997	16,09	11,00	
	0,00	177,00	08/01/1997	14,75	12,00	
	0,00	177,00	08/01/1997	13,62	13,00	
	0,00	177,00	08/01/1997	12,64	14,00	
	0,00	177,00	08/01/1997	11,80	15,00	
	2,00	179,00	08/01/1997	11,19	16,00	
	10,00	189,00	08/01/1997	11,12	17,00	
	5,00	194,00	08/01/1997	10,78	18,00	
	8,00	202,00	08/01/1997	10,63	19,00	
	29,00	231,00	08/01/1997	11,55	20,00	
	31,00	262,00	08/01/1997	12,48	21,00	
	25,00	287,00	08/01/1997	13,05	22,00	
	26,00	313,00	08/01/1997	13,61	23,00	
	12,00	325,00	08/01/1997	13,54	24,00	
	8,00	333,00	08/01/1997	13,32	25,00	
	1,00	334,00	08/01/1997	12,85	26,00	
	14,00	348,00	08/01/1997	12,89	27,00	
	8,00	356,00	08/01/1997	12,71	28,00	
	10,00	366,00	08/01/1997	12,62	29,00	
	0,00	366,00	08/01/1997	12,20	30,00	
	0,00	366,00	08/01/1997	11,81	31,00	
	0,00	366,00	08/01/1997	11,44	32,00	
	0,00	366,00	08/01/1997	11,09	33,00	
	0,00	366,00	08/01/1997	10,76	34,00	
	8,00	374,00	08/01/1997	10,69	35,00	
	21,00	395,00	08/01/1997	10,97	36,00	
	0,00	395,00	08/01/1997	10,68	37,00	
	0,00	395,00	08/01/1997	10,39	38,00	
	0,00	395,00	08/01/1997	10,13	39,00	
	0,00	395,00	08/01/1997	9,88	40,00	
	0,00	395,00	08/01/1997	9,63	41,00	
	0,00	395,00	08/01/1997	9,40	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
08/01/1997	27/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	9,19	43,00
Pluviómetro:	26/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	8,98	44,00
22	25/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	8,78	45,00
ID del evento:	24/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	8,59	46,00
50	23/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	8,40	47,00
	22/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	8,23	48,00
	21/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	8,06	49,00
	20/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	7,90	50,00
	19/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	7,75	51,00
	18/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	7,60	52,00
	17/11/1996	0,00	395,00	08/01/1997	7,45	53,00
	16/11/1996	22,00	417,00	08/01/1997	7,72	54,00
	15/11/1996	0,00	417,00	08/01/1997	7,58	55,00
	14/11/1996	11,00	428,00	08/01/1997	7,64	56,00
	13/11/1996	7,00	435,00	08/01/1997	7,63	57,00
	12/11/1996	87,00	522,00	08/01/1997	9,00	58,00
	11/11/1996	23,00	545,00	08/01/1997	9,24	59,00
	10/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	9,08	60,00
	09/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,93	61,00
	08/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,79	62,00
	07/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,65	63,00
	06/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,52	64,00
	05/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,38	65,00
	04/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,26	66,00
	03/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,13	67,00
	02/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	8,01	68,00
	01/11/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,90	69,00
	31/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,79	70,00
	30/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,68	71,00
	29/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,57	72,00
	28/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,47	73,00
	27/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,36	74,00
	26/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,27	75,00
	25/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,17	76,00
	24/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	7,08	77,00
	23/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,99	78,00
	22/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,90	79,00
	21/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,81	80,00
	20/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,73	81,00
	19/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,65	82,00
	18/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,57	83,00
	17/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,49	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
08/01/1997	16/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,41	85,00
Pluviómetro:	15/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,34	86,00
22	14/10/1996	0,00	545,00	08/01/1997	6,26	87,00
ID del evento:	13/10/1996	30,00	575,00	08/01/1997	6,53	88,00
50	12/10/1996	0,00	575,00	08/01/1997	6,46	89,00
	11/10/1996	0,00	575,00	08/01/1997	6,39	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
27/01/1997	27/01/1997	0	0,00	27/01/1997	0,00	1,00
Pluviómetro:	26/01/1997	0,00	0,00	27/01/1997	0,00	2,00
225	25/01/1997	0,00	0,00	27/01/1997	0,00	3,00
ID del evento:	24/01/1997	0,00	0,00	27/01/1997	0,00	4,00
60	23/01/1997	14,40	14,40	27/01/1997	2,88	5,00
	22/01/1997	14,70	29,10	27/01/1997	4,85	6,00
	21/01/1997	0,50	29,60	27/01/1997	4,23	7,00
	20/01/1997	13,60	43,20	27/01/1997	5,40	8,00
	19/01/1997	26,50	69,70	27/01/1997	7,74	9,00
	18/01/1997	1,60	71,30	27/01/1997	7,13	10,00
	17/01/1997	0,00	71,30	27/01/1997	6,48	11,00
	16/01/1997	5,20	76,50	27/01/1997	6,38	12,00
	15/01/1997	0,00	76,50	27/01/1997	5,88	13,00
	14/01/1997	0,00	76,50	27/01/1997	5,46	14,00
	13/01/1997	0,00	76,50	27/01/1997	5,10	15,00
	12/01/1997	0,00	76,50	27/01/1997	4,78	16,00
	11/01/1997	0,00	76,50	27/01/1997	4,50	17,00
	10/01/1997	0,00	76,50	27/01/1997	4,25	18,00
	09/01/1997	1,60	78,10	27/01/1997	4,11	19,00
	08/01/1997	0,30	78,40	27/01/1997	3,92	20,00
	07/01/1997	12,80	91,20	27/01/1997	4,34	21,00
	06/01/1997	0,00	91,20	27/01/1997	4,15	22,00
	05/01/1997	25,50	116,70	27/01/1997	5,07	23,00
	04/01/1997	2,60	119,30	27/01/1997	4,97	24,00
	03/01/1997	0,00	119,30	27/01/1997	4,77	25,00
	02/01/1997	44,70	164,00	27/01/1997	6,31	26,00
	01/01/1997	28,30	192,30	27/01/1997	7,12	27,00
	31/12/1996	8,20	200,50	27/01/1997	7,16	28,00
	30/12/1996	10,00	210,50	27/01/1997	7,26	29,00
	29/12/1996	23,20	233,70	27/01/1997	7,79	30,00
	28/12/1996	10,00	243,70	27/01/1997	7,86	31,00
	27/12/1996	0,00	243,70	27/01/1997	7,62	32,00
	26/12/1996	0,20	243,90	27/01/1997	7,39	33,00
	25/12/1996	2,10	246,00	27/01/1997	7,24	34,00
	24/12/1996	6,50	252,50	27/01/1997	7,21	35,00
	23/12/1996	7,10	259,60	27/01/1997	7,21	36,00
	22/12/1996	10,90	270,50	27/01/1997	7,31	37,00
	21/12/1996	13,00	283,50	27/01/1997	7,46	38,00
	20/12/1996	48,60	332,10	27/01/1997	8,52	39,00
	19/12/1996	23,10	355,20	27/01/1997	8,88	40,00
	18/12/1996	36,30	391,50	27/01/1997	9,55	41,00
	17/12/1996	10,70	402,20	27/01/1997	9,58	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
27/01/1997	16/12/1996	8,90	411,10	27/01/1997	9,56	43,00
Pluviómetro:	15/12/1996	11,90	423,00	27/01/1997	9,61	44,00
225	14/12/1996	0,20	423,20	27/01/1997	9,40	45,00
ID del evento:	13/12/1996	10,20	433,40	27/01/1997	9,42	46,00
60	12/12/1996	11,40	444,80	27/01/1997	9,46	47,00
	11/12/1996	10,90	455,70	27/01/1997	9,49	48,00
	10/12/1996	0,00	455,70	27/01/1997	9,30	49,00
	09/12/1996	0,00	455,70	27/01/1997	9,11	50,00
	08/12/1996	6,40	462,10	27/01/1997	9,06	51,00
	07/12/1996	0,00	462,10	27/01/1997	8,89	52,00
	06/12/1996	1,30	463,40	27/01/1997	8,74	53,00
	05/12/1996	9,10	472,50	27/01/1997	8,75	54,00
	04/12/1996	21,60	494,10	27/01/1997	8,98	55,00
	03/12/1996	0,00	494,10	27/01/1997	8,82	56,00
	02/12/1996	0,00	494,10	27/01/1997	8,67	57,00
	01/12/1996	0,00	494,10	27/01/1997	8,52	58,00
	30/11/1996	0,00	494,10	27/01/1997	8,37	59,00
	29/11/1996	0,00	494,10	27/01/1997	8,24	60,00
	28/11/1996	0,00	494,10	27/01/1997	8,10	61,00
	27/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	13,34	62,00
	26/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	13,12	63,00
	25/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	12,92	64,00
	24/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	12,72	65,00
	23/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	12,53	66,00
	22/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	12,34	67,00
	21/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	12,16	68,00
	20/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	11,98	69,00
	19/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	11,81	70,00
	18/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	11,65	71,00
	17/11/1996	0,00	826,80	27/01/1997	11,48	72,00
	16/11/1996	14,00	840,80	27/01/1997	11,52	73,00
	15/11/1996	8,00	848,80	27/01/1997	11,47	74,00
	14/11/1996	10,00	858,80	27/01/1997	11,45	75,00
	13/11/1996	13,00	871,80	27/01/1997	11,47	76,00
	12/11/1996	55,00	926,80	27/01/1997	12,04	77,00
	11/11/1996	12,50	939,30	27/01/1997	12,04	78,00
	10/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	11,89	79,00
	09/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	11,74	80,00
	08/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	11,60	81,00
	07/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	11,45	82,00
	06/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	11,32	83,00
	05/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	11,18	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
27/01/1997	04/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	11,05	85,00
Pluviómetro:	03/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	10,92	86,00
225	02/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	10,80	87,00
ID del evento:	01/11/1996	0,00	939,30	27/01/1997	10,67	88,00
60	31/10/1996	0,00	939,30	27/01/1997	10,55	89,00
	30/10/1996	0,00	939,30	27/01/1997	10,44	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
06/02/2009	0	0,00	06/02/2009	0,00	1,00	
Pluviómetro:						
220	36,00	36,00	06/02/2009	18,00	2,00	
ID del evento:						
72	40,00	76,00	06/02/2009	25,33	3,00	
	8,00	84,00	06/02/2009	21,00	4,00	
	8,00	92,00	06/02/2009	18,40	5,00	
	55,00	147,00	06/02/2009	24,50	6,00	
	3,00	150,00	06/02/2009	21,43	7,00	
	6,00	156,00	06/02/2009	19,50	8,00	
	0,00	156,00	06/02/2009	17,33	9,00	
	0,00	156,00	06/02/2009	15,60	10,00	
	0,00	156,00	06/02/2009	14,18	11,00	
	5,00	161,00	06/02/2009	13,42	12,00	
	7,00	168,00	06/02/2009	12,92	13,00	
	0,00	168,00	06/02/2009	12,00	14,00	
	4,00	172,00	06/02/2009	11,47	15,00	
	8,00	180,00	06/02/2009	11,25	16,00	
	0,00	180,00	06/02/2009	10,59	17,00	
	4,00	184,00	06/02/2009	10,22	18,00	
	2,00	186,00	06/02/2009	9,79	19,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	9,30	20,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	8,86	21,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	8,45	22,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	8,09	23,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	7,75	24,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	7,44	25,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	7,15	26,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	6,89	27,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	6,64	28,00	
	0,00	186,00	06/02/2009	6,41	29,00	
	6,00	192,00	06/02/2009	6,40	30,00	
	0,00	192,00	06/02/2009	6,19	31,00	
	0,00	192,00	06/02/2009	6,00	32,00	
	0,00	192,00	06/02/2009	5,82	33,00	
	0,00	192,00	06/02/2009	5,65	34,00	
	9,00	201,00	06/02/2009	5,74	35,00	
	4,00	205,00	06/02/2009	5,69	36,00	
	0,00	205,00	06/02/2009	5,54	37,00	
	0,00	205,00	06/02/2009	5,39	38,00	
	0,00	205,00	06/02/2009	5,26	39,00	
	0,00	205,00	06/02/2009	5,13	40,00	
	4,00	209,00	06/02/2009	5,10	41,00	
	3,00	212,00	06/02/2009	5,05	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
06/02/2009	26/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,93	43,00
Pluviómetro:	25/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,82	44,00
220	24/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,71	45,00
ID del evento:	23/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,61	46,00
72	22/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,51	47,00
	21/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,42	48,00
	20/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,33	49,00
	19/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,24	50,00
	18/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,16	51,00
	17/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,08	52,00
	16/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	4,00	53,00
	15/12/2008	0,00	212,00	06/02/2009	3,93	54,00
	14/12/2008	27,00	239,00	06/02/2009	4,35	55,00
	13/12/2008	25,00	264,00	06/02/2009	4,71	56,00
	12/12/2008	0,00	264,00	06/02/2009	4,63	57,00
	11/12/2008	0,00	264,00	06/02/2009	4,55	58,00
	10/12/2008	0,00	264,00	06/02/2009	4,47	59,00
	09/12/2008	0,00	264,00	06/02/2009	4,40	60,00
	08/12/2008	10,00	274,00	06/02/2009	4,49	61,00
	07/12/2008	11,00	285,00	06/02/2009	4,60	62,00
	06/12/2008	0,00	285,00	06/02/2009	4,52	63,00
	05/12/2008	0,00	285,00	06/02/2009	4,45	64,00
	04/12/2008	0,00	285,00	06/02/2009	4,38	65,00
	03/12/2008	0,00	285,00	06/02/2009	4,32	66,00
	02/12/2008	0,00	285,00	06/02/2009	4,25	67,00
	01/12/2008	0,00	285,00	06/02/2009	4,19	68,00
	30/11/2008	0,00	285,00	06/02/2009	4,13	69,00
	29/11/2008	20,00	305,00	06/02/2009	4,36	70,00
	28/11/2008	33,00	338,00	06/02/2009	4,76	71,00
	27/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,69	72,00
	26/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,63	73,00
	25/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,57	74,00
	24/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,51	75,00
	23/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,45	76,00
	22/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,39	77,00
	21/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,33	78,00
	20/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,28	79,00
	19/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,23	80,00
	18/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,17	81,00
	17/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,12	82,00
	16/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,07	83,00
	15/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	4,02	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
06/02/2009	14/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	3,98	85,00
Pluviómetro:	13/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	3,93	86,00
220	12/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	3,89	87,00
ID del evento:	11/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	3,84	88,00
72	10/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	3,80	89,00
	09/11/2008	0,00	338,00	06/02/2009	3,76	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
30/01/2009	30/01/2009	3	3,00	30/01/2009	3,00	1,00
Pluviómetro:	29/01/2009	0,00	3,00	30/01/2009	1,50	2,00
154	28/01/2009	0,00	3,00	30/01/2009	1,00	3,00
ID del evento:	27/01/2009	0,00	3,00	30/01/2009	0,75	4,00
74	26/01/2009	0,00	3,00	30/01/2009	0,60	5,00
	25/01/2009	4,00	7,00	30/01/2009	1,17	6,00
	24/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	1,00	7,00
	23/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,88	8,00
	22/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,78	9,00
	21/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,70	10,00
	20/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,64	11,00
	19/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,58	12,00
	18/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,54	13,00
	17/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,50	14,00
	16/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,47	15,00
	15/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,44	16,00
	14/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,41	17,00
	13/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,39	18,00
	12/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,37	19,00
	11/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,35	20,00
	10/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,33	21,00
	09/01/2009	0,00	7,00	30/01/2009	0,32	22,00
	08/01/2009	22,50	29,50	30/01/2009	1,28	23,00
	07/01/2009	0,00	29,50	30/01/2009	1,23	24,00
	06/01/2009	0,00	29,50	30/01/2009	1,18	25,00
	05/01/2009	0,00	29,50	30/01/2009	1,13	26,00
	04/01/2009	4,50	34,00	30/01/2009	1,26	27,00
	03/01/2009	2,00	36,00	30/01/2009	1,29	28,00
	02/01/2009	0,00	36,00	30/01/2009	1,24	29,00
	01/01/2009	0,00	36,00	30/01/2009	1,20	30,00
	31/12/2008	0,00	36,00	30/01/2009	1,16	31,00
	30/12/2008	0,00	36,00	30/01/2009	1,13	32,00
	29/12/2008	0,00	36,00	30/01/2009	1,09	33,00
	28/12/2008	3,50	39,50	30/01/2009	1,16	34,00
	27/12/2008	2,00	41,50	30/01/2009	1,19	35,00
	26/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	1,15	36,00
	25/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	1,12	37,00
	24/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	1,09	38,00
	23/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	1,06	39,00
	22/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	1,04	40,00
	21/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	1,01	41,00
	20/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	0,99	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
30/01/2009	19/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	0,97	43,00
Pluviómetro:	18/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	0,94	44,00
154	17/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	0,92	45,00
ID del evento:	16/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	0,90	46,00
74	15/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	0,88	47,00
	14/12/2008	0,00	41,50	30/01/2009	0,86	48,00
	13/12/2008	30,00	71,50	30/01/2009	1,46	49,00
	12/12/2008	0,00	71,50	30/01/2009	1,43	50,00
	11/12/2008	0,00	71,50	30/01/2009	1,40	51,00
	10/12/2008	0,00	71,50	30/01/2009	1,38	52,00
	09/12/2008	2,00	73,50	30/01/2009	1,39	53,00
	08/12/2008	14,00	87,50	30/01/2009	1,62	54,00
	07/12/2008	4,00	91,50	30/01/2009	1,66	55,00
	06/12/2008	0,00	91,50	30/01/2009	1,63	56,00
	05/12/2008	0,00	91,50	30/01/2009	1,61	57,00
	04/12/2008	0,00	91,50	30/01/2009	1,58	58,00
	03/12/2008	0,00	91,50	30/01/2009	1,55	59,00
	02/12/2008	0,00	91,50	30/01/2009	1,53	60,00
	01/12/2008	0,00	91,50	30/01/2009	1,50	61,00
	30/11/2008	0,00	91,50	30/01/2009	1,48	62,00
	29/11/2008	23,00	114,50	30/01/2009	1,82	63,00
	28/11/2008	36,50	151,00	30/01/2009	2,36	64,00
	27/11/2008	0,00	151,00	30/01/2009	2,32	65,00
	26/11/2008	0,00	151,00	30/01/2009	2,29	66,00
	25/11/2008	7,00	158,00	30/01/2009	2,36	67,00
	24/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,32	68,00
	23/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,29	69,00
	22/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,26	70,00
	21/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,23	71,00
	20/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,19	72,00
	19/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,16	73,00
	18/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,14	74,00
	17/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,11	75,00
	16/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,08	76,00
	15/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,05	77,00
	14/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,03	78,00
	13/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	2,00	79,00
	12/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,98	80,00
	11/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,95	81,00
	10/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,93	82,00
	09/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,90	83,00
	08/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,88	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
30/01/2009	07/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,86	85,00
Pluviómetro:	06/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,84	86,00
154	05/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,82	87,00
ID del evento:	04/11/2008	0,00	158,00	30/01/2009	1,80	88,00
74	03/11/2008	3,50	161,50	30/01/2009	1,81	89,00
	02/11/2008	0,00	161,50	30/01/2009	1,79	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
26/12/2009	26/12/2009	4	4,00	26/12/2009	4,00	1,00
Pluviómetro:	25/12/2009	49,00	53,00	26/12/2009	26,50	2,00
22	24/12/2009	102,00	155,00	26/12/2009	51,67	3,00
ID del evento:	23/12/2009	56,00	211,00	26/12/2009	52,75	4,00
78	22/12/2009	20,00	231,00	26/12/2009	46,20	5,00
	21/12/2009	30,00	261,00	26/12/2009	43,50	6,00
	20/12/2009	1,00	262,00	26/12/2009	37,43	7,00
	19/12/2009	24,00	286,00	26/12/2009	35,75	8,00
	18/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	31,78	9,00
	17/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	28,60	10,00
	16/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	26,00	11,00
	15/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	23,83	12,00
	14/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	22,00	13,00
	13/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	20,43	14,00
	12/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	19,07	15,00
	11/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	17,88	16,00
	10/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	16,82	17,00
	09/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	15,89	18,00
	08/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	15,05	19,00
	07/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	14,30	20,00
	06/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	13,62	21,00
	05/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	13,00	22,00
	04/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	12,43	23,00
	03/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	11,92	24,00
	02/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	11,44	25,00
	01/12/2009	0,00	286,00	26/12/2009	11,00	26,00
	30/11/2009	9,00	295,00	26/12/2009	10,93	27,00
	29/11/2009	2,00	297,00	26/12/2009	10,61	28,00
	28/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	10,24	29,00
	27/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	9,90	30,00
	26/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	9,58	31,00
	25/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	9,28	32,00
	24/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	9,00	33,00
	23/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	8,74	34,00
	22/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	8,49	35,00
	21/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	8,25	36,00
	20/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	8,03	37,00
	19/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	7,82	38,00
	18/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	7,62	39,00
	17/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	7,43	40,00
	16/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	7,24	41,00
	15/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	7,07	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
26/12/2009	14/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	6,91	43,00
Pluviómetro:	13/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	6,75	44,00
22	12/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	6,60	45,00
ID del evento:	11/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	6,46	46,00
78	10/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	6,32	47,00
	09/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	6,19	48,00
	08/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	6,06	49,00
	07/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,94	50,00
	06/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,82	51,00
	05/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,71	52,00
	04/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,60	53,00
	03/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,50	54,00
	02/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,40	55,00
	01/11/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,30	56,00
	31/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,21	57,00
	30/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,12	58,00
	29/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	5,03	59,00
	28/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	4,95	60,00
	27/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	4,87	61,00
	26/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	4,79	62,00
	25/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	4,71	63,00
	24/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	4,64	64,00
	23/10/2009	0,00	297,00	26/12/2009	4,57	65,00
	22/10/2009	40,00	337,00	26/12/2009	5,11	66,00
	21/10/2009	15,00	352,00	26/12/2009	5,25	67,00
	20/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	5,18	68,00
	19/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	5,10	69,00
	18/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	5,03	70,00
	17/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,96	71,00
	16/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,89	72,00
	15/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,82	73,00
	14/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,76	74,00
	13/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,69	75,00
	12/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,63	76,00
	11/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,57	77,00
	10/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,51	78,00
	09/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,46	79,00
	08/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,40	80,00
	07/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,35	81,00
	06/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,29	82,00
	05/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,24	83,00
	04/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,19	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
26/12/2009	03/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,14	85,00
Pluviómetro:	02/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,09	86,00
22	01/10/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,05	87,00
ID del evento:	30/09/2009	0,00	352,00	26/12/2009	4,00	88,00
78	29/09/2009	0,00	352,00	26/12/2009	3,96	89,00
	28/09/2009	2,00	354,00	26/12/2009	3,93	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
07/01/2010	07/01/2010	0	0,00	07/01/2010	0,00	1,00
Pluviómetro:	06/01/2010	30,00	30,00	07/01/2010	15,00	2,00
447	05/01/2010	0,00	30,00	07/01/2010	10,00	3,00
ID del evento:	04/01/2010	42,00	72,00	07/01/2010	18,00	4,00
89	03/01/2010	0,00	72,00	07/01/2010	14,40	5,00
	02/01/2010	0,00	72,00	07/01/2010	12,00	6,00
	01/01/2010	0,00	72,00	07/01/2010	10,29	7,00
	31/12/2009	5,50	77,50	07/01/2010	9,69	8,00
	30/12/2009	40,00	117,50	07/01/2010	13,06	9,00
	29/12/2009	0,00	117,50	07/01/2010	11,75	10,00
	28/12/2009	0,00	117,50	07/01/2010	10,68	11,00
	27/12/2009	0,00	117,50	07/01/2010	9,79	12,00
	26/12/2009	3,50	121,00	07/01/2010	9,31	13,00
	25/12/2009	34,50	155,50	07/01/2010	11,11	14,00
	24/12/2009	32,00	187,50	07/01/2010	12,50	15,00
	23/12/2009	180,00	367,50	07/01/2010	22,97	16,00
	22/12/2009	24,00	391,50	07/01/2010	23,03	17,00
	21/12/2009	80,00	471,50	07/01/2010	26,19	18,00
	20/12/2009	0,00	471,50	07/01/2010	24,82	19,00
	19/12/2009	5,50	477,00	07/01/2010	23,85	20,00
	18/12/2009	24,50	501,50	07/01/2010	23,88	21,00
	17/12/2009	0,00	501,50	07/01/2010	22,80	22,00
	16/12/2009	0,00	501,50	07/01/2010	21,80	23,00
	15/12/2009	0,00	501,50	07/01/2010	20,90	24,00
	14/12/2009	0,00	501,50	07/01/2010	20,06	25,00
	13/12/2009	2,00	503,50	07/01/2010	19,37	26,00
	12/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	18,65	27,00
	11/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	17,98	28,00
	10/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	17,36	29,00
	09/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	16,78	30,00
	08/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	16,24	31,00
	07/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	15,73	32,00
	06/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	15,26	33,00
	05/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	14,81	34,00
	04/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	14,39	35,00
	03/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	13,99	36,00
	02/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	13,61	37,00
	01/12/2009	0,00	503,50	07/01/2010	13,25	38,00
	30/11/2009	0,00	503,50	07/01/2010	12,91	39,00
	29/11/2009	21,00	524,50	07/01/2010	13,11	40,00
	28/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	12,79	41,00
	27/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	12,49	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
07/01/2010	26/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	12,20	43,00
Pluviómetro:	25/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	11,92	44,00
447	24/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	11,66	45,00
ID del evento:	23/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	11,40	46,00
89	22/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	11,16	47,00
	21/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	10,93	48,00
	20/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	10,70	49,00
	19/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	10,49	50,00
	18/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	10,28	51,00
	17/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	10,09	52,00
	16/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	9,90	53,00
	15/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	9,71	54,00
	14/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	9,54	55,00
	13/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	9,37	56,00
	12/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	9,20	57,00
	11/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	9,04	58,00
	10/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	8,89	59,00
	09/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	8,74	60,00
	08/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	8,60	61,00
	07/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	8,46	62,00
	06/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	8,33	63,00
	05/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	8,20	64,00
	04/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	8,07	65,00
	03/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,95	66,00
	02/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,83	67,00
	01/11/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,71	68,00
	31/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,60	69,00
	30/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,49	70,00
	29/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,39	71,00
	28/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,28	72,00
	27/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,18	73,00
	26/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	7,09	74,00
	25/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	6,99	75,00
	24/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	6,90	76,00
	23/10/2009	0,00	524,50	07/01/2010	6,81	77,00
	22/10/2009	3,00	527,50	07/01/2010	6,76	78,00
	21/10/2009	4,50	532,00	07/01/2010	6,73	79,00
	20/10/2009	22,50	554,50	07/01/2010	6,93	80,00
	19/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,85	81,00
	18/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,76	82,00
	17/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,68	83,00
	16/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,60	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
07/01/2010	15/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,52	85,00
Pluviómetro:	14/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,45	86,00
447	13/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,37	87,00
ID del evento:	12/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,30	88,00
89	11/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,23	89,00
	10/10/2009	0,00	554,50	07/01/2010	6,16	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
05/03/2009	05/03/2009	14,2	14,20	05/03/2009	14,20	1,00
Pluviómetro:	04/03/2009	2,30	16,50	05/03/2009	8,25	2,00
141	03/03/2009	28,40	44,90	05/03/2009	14,97	3,00
ID del evento:	02/03/2009	0,60	45,50	05/03/2009	11,38	4,00
94	01/03/2009	0,00	45,50	05/03/2009	9,10	5,00
	28/02/2009	0,00	45,50	05/03/2009	7,58	6,00
	27/02/2009	5,00	50,50	05/03/2009	7,21	7,00
	26/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	6,31	8,00
	25/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	5,61	9,00
	24/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	5,05	10,00
	23/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	4,59	11,00
	22/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	4,21	12,00
	21/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	3,88	13,00
	20/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	3,61	14,00
	19/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	3,37	15,00
	18/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	3,16	16,00
	17/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,97	17,00
	16/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,81	18,00
	15/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,66	19,00
	14/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,53	20,00
	13/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,40	21,00
	12/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,30	22,00
	11/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,20	23,00
	10/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,10	24,00
	09/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	2,02	25,00
	08/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	1,94	26,00
	07/02/2009	0,00	50,50	05/03/2009	1,87	27,00
	06/02/2009	6,00	56,50	05/03/2009	2,02	28,00
	05/02/2009	49,00	105,50	05/03/2009	3,64	29,00
	04/02/2009	0,00	105,50	05/03/2009	3,52	30,00
	03/02/2009	10,50	116,00	05/03/2009	3,74	31,00
	02/02/2009	37,80	153,80	05/03/2009	4,81	32,00
	01/02/2009	5,30	159,10	05/03/2009	4,82	33,00
	31/01/2009	3,30	162,40	05/03/2009	4,78	34,00
	30/01/2009	5,60	168,00	05/03/2009	4,80	35,00
	29/01/2009	0,00	168,00	05/03/2009	4,67	36,00
	28/01/2009	0,00	168,00	05/03/2009	4,54	37,00
	27/01/2009	0,00	168,00	05/03/2009	4,42	38,00
	26/01/2009	2,70	170,70	05/03/2009	4,38	39,00
	25/01/2009	0,00	170,70	05/03/2009	4,27	40,00
	24/01/2009	0,00	170,70	05/03/2009	4,16	41,00
	23/01/2009	0,00	170,70	05/03/2009	4,06	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
05/03/2009	22/01/2009	0,80	171,50	05/03/2009	3,99	43,00
Pluviómetro:	21/01/2009	0,00	171,50	05/03/2009	3,90	44,00
141	20/01/2009	0,60	172,10	05/03/2009	3,82	45,00
ID del evento:	19/01/2009	0,60	172,70	05/03/2009	3,75	46,00
94	18/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,67	47,00
	17/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,60	48,00
	16/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,52	49,00
	15/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,45	50,00
	14/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,39	51,00
	13/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,32	52,00
	12/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,26	53,00
	11/01/2009	0,00	172,70	05/03/2009	3,20	54,00
	10/01/2009	1,40	174,10	05/03/2009	3,17	55,00
	09/01/2009	0,00	174,10	05/03/2009	3,11	56,00
	08/01/2009	7,30	181,40	05/03/2009	3,18	57,00
	07/01/2009	0,00	181,40	05/03/2009	3,13	58,00
	06/01/2009	0,00	181,40	05/03/2009	3,07	59,00
	05/01/2009	0,00	181,40	05/03/2009	3,02	60,00
	04/01/2009	0,00	181,40	05/03/2009	2,97	61,00
	03/01/2009	11,40	192,80	05/03/2009	3,11	62,00
	02/01/2009	1,00	193,80	05/03/2009	3,08	63,00
	01/01/2009	0,00	193,80	05/03/2009	3,03	64,00
	31/12/2008	0,00	193,80	05/03/2009	2,98	65,00
	30/12/2008	0,00	193,80	05/03/2009	2,94	66,00
	29/12/2008	0,00	193,80	05/03/2009	2,89	67,00
	28/12/2008	2,90	196,70	05/03/2009	2,89	68,00
	27/12/2008	3,40	200,10	05/03/2009	2,90	69,00
	26/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,86	70,00
	25/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,82	71,00
	24/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,78	72,00
	23/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,74	73,00
	22/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,70	74,00
	21/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,67	75,00
	20/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,63	76,00
	19/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,60	77,00
	18/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,57	78,00
	17/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,53	79,00
	16/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,50	80,00
	15/12/2008	0,00	200,10	05/03/2009	2,47	81,00
	14/12/2008	15,60	215,70	05/03/2009	2,63	82,00
	13/12/2008	13,80	229,50	05/03/2009	2,77	83,00
	12/12/2008	0,00	229,50	05/03/2009	2,73	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
05/03/2009	11/12/2008	0,00	229,50	05/03/2009	2,70	85,00
Pluviómetro:	10/12/2008	0,00	229,50	05/03/2009	2,67	86,00
141	09/12/2008	0,00	229,50	05/03/2009	2,64	87,00
ID del evento:	08/12/2008	7,80	237,30	05/03/2009	2,70	88,00
94	07/12/2008	5,30	242,60	05/03/2009	2,73	89,00
	06/12/2008	0,00	242,60	05/03/2009	2,70	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
20/12/1996	20/12/1996	0,4	0,40	20/12/1996	0,40	1,00
Pluviómetro:	19/12/1996	26,00	26,40	20/12/1996	13,20	2,00
102	18/12/1996	57,00	83,40	20/12/1996	27,80	3,00
ID del evento:	17/12/1996	10,00	93,40	20/12/1996	23,35	4,00
101	16/12/1996	12,00	105,40	20/12/1996	21,08	5,00
	15/12/1996	17,50	122,90	20/12/1996	20,48	6,00
	14/12/1996	0,50	123,40	20/12/1996	17,63	7,00
	13/12/1996	31,50	154,90	20/12/1996	19,36	8,00
	12/12/1996	6,50	161,40	20/12/1996	17,93	9,00
	11/12/1996	9,50	170,90	20/12/1996	17,09	10,00
	10/12/1996	0,00	170,90	20/12/1996	15,54	11,00
	09/12/1996	0,00	170,90	20/12/1996	14,24	12,00
	08/12/1996	0,00	170,90	20/12/1996	13,15	13,00
	07/12/1996	13,00	183,90	20/12/1996	13,14	14,00
	06/12/1996	0,00	183,90	20/12/1996	12,26	15,00
	05/12/1996	11,50	195,40	20/12/1996	12,21	16,00
	04/12/1996	19,50	214,90	20/12/1996	12,64	17,00
	03/12/1996	0,00	214,90	20/12/1996	11,94	18,00
	02/12/1996	0,00	214,90	20/12/1996	11,31	19,00
	01/12/1996	0,00	214,90	20/12/1996	10,75	20,00
	30/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	10,23	21,00
	29/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	9,77	22,00
	28/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	9,34	23,00
	27/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	8,95	24,00
	26/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	8,60	25,00
	25/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	8,27	26,00
	24/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	7,96	27,00
	23/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	7,68	28,00
	22/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	7,41	29,00
	21/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	7,16	30,00
	20/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	6,93	31,00
	19/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	6,72	32,00
	18/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	6,51	33,00
	17/11/1996	0,00	214,90	20/12/1996	6,32	34,00
	16/11/1996	1,00	215,90	20/12/1996	6,17	35,00
	15/11/1996	15,00	230,90	20/12/1996	6,41	36,00
	14/11/1996	9,00	239,90	20/12/1996	6,48	37,00
	13/11/1996	7,00	246,90	20/12/1996	6,50	38,00
	12/11/1996	29,00	275,90	20/12/1996	7,07	39,00
	11/11/1996	202,00	477,90	20/12/1996	11,95	40,00
	10/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	11,66	41,00
	09/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	11,38	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
20/12/1996	08/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	11,11	43,00
Pluviómetro:	07/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	10,86	44,00
102	06/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	10,62	45,00
ID del evento:	05/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	10,39	46,00
101	04/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	10,17	47,00
	03/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	9,96	48,00
	02/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	9,75	49,00
	01/11/1996	0,00	477,90	20/12/1996	9,56	50,00
	31/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	9,37	51,00
	30/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	9,19	52,00
	29/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	9,02	53,00
	28/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	8,85	54,00
	27/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	8,69	55,00
	26/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	8,53	56,00
	25/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	8,38	57,00
	24/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	8,24	58,00
	23/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	8,10	59,00
	22/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,97	60,00
	21/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,83	61,00
	20/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,71	62,00
	19/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,59	63,00
	18/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,47	64,00
	17/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,35	65,00
	16/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,24	66,00
	15/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,13	67,00
	14/10/1996	0,00	477,90	20/12/1996	7,03	68,00
	13/10/1996	50,00	527,90	20/12/1996	7,65	69,00
	12/10/1996	28,00	555,90	20/12/1996	7,94	70,00
	11/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,83	71,00
	10/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,72	72,00
	09/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,62	73,00
	08/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,51	74,00
	07/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,41	75,00
	06/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,31	76,00
	05/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,22	77,00
	04/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,13	78,00
	03/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	7,04	79,00
	02/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,95	80,00
	01/10/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,86	81,00
	30/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,78	82,00
	29/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,70	83,00
	28/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,62	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
20/12/1996	27/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,54	85,00
Pluviómetro:	26/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,46	86,00
102	25/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,39	87,00
ID del evento:	24/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,32	88,00
101	23/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,25	89,00
	22/09/1996	0,00	555,90	20/12/1996	6,18	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
20/12/1996	40	40,00	20/12/1996	40,00	1,00	
Pluviómetro:						
141	26,00	66,00	20/12/1996	33,00	2,00	
ID del evento:						
102	25,00	91,00	20/12/1996	30,33	3,00	
	30,00	121,00	20/12/1996	30,25	4,00	
	10,00	131,00	20/12/1996	26,20	5,00	
	12,00	143,00	20/12/1996	23,83	6,00	
	0,00	143,00	20/12/1996	20,43	7,00	
	12,00	155,00	20/12/1996	19,38	8,00	
	9,00	164,00	20/12/1996	18,22	9,00	
	17,00	181,00	20/12/1996	18,10	10,00	
	0,00	181,00	20/12/1996	16,45	11,00	
	0,00	181,00	20/12/1996	15,08	12,00	
	0,00	181,00	20/12/1996	13,92	13,00	
	0,00	181,00	20/12/1996	12,93	14,00	
	0,00	181,00	20/12/1996	12,07	15,00	
	11,00	192,00	20/12/1996	12,00	16,00	
	30,00	222,00	20/12/1996	13,06	17,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	12,33	18,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	11,68	19,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	11,10	20,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	10,57	21,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	10,09	22,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	9,65	23,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	9,25	24,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	8,88	25,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	8,54	26,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	8,22	27,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	7,93	28,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	7,66	29,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	7,40	30,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	7,16	31,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	6,94	32,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	6,73	33,00	
	0,00	222,00	20/12/1996	6,53	34,00	
	12,00	234,00	20/12/1996	6,69	35,00	
	0,00	234,00	20/12/1996	6,50	36,00	
	11,00	245,00	20/12/1996	6,62	37,00	
	5,00	250,00	20/12/1996	6,58	38,00	
	20,00	270,00	20/12/1996	6,92	39,00	
	98,00	368,00	20/12/1996	9,20	40,00	
	0,00	368,00	20/12/1996	8,98	41,00	
	0,00	368,00	20/12/1996	8,76	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
20/12/1996	08/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	8,56	43,00
Pluviómetro:	07/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	8,36	44,00
141	06/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	8,18	45,00
ID del evento:	05/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	8,00	46,00
102	04/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	7,83	47,00
	03/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	7,67	48,00
	02/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	7,51	49,00
	01/11/1996	0,00	368,00	20/12/1996	7,36	50,00
	31/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	7,22	51,00
	30/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	7,08	52,00
	29/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,94	53,00
	28/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,81	54,00
	27/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,69	55,00
	26/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,57	56,00
	25/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,46	57,00
	24/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,34	58,00
	23/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,24	59,00
	22/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,13	60,00
	21/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	6,03	61,00
	20/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	5,94	62,00
	19/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	5,84	63,00
	18/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	5,75	64,00
	17/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	5,66	65,00
	16/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	5,58	66,00
	15/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	5,49	67,00
	14/10/1996	0,00	368,00	20/12/1996	5,41	68,00
	13/10/1996	36,00	404,00	20/12/1996	5,86	69,00
	12/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,77	70,00
	11/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,69	71,00
	10/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,61	72,00
	09/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,53	73,00
	08/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,46	74,00
	07/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,39	75,00
	06/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,32	76,00
	05/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,25	77,00
	04/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,18	78,00
	03/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,11	79,00
	02/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	5,05	80,00
	01/10/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,99	81,00
	30/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,93	82,00
	29/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,87	83,00
	28/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,81	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
20/12/1996	27/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,75	85,00
Pluviómetro:	26/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,70	86,00
141	25/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,64	87,00
ID del evento:	24/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,59	88,00
102	23/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,54	89,00
	22/09/1996	0,00	404,00	20/12/1996	4,49	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
12/11/1996	36	36,00	12/11/1996	36,00	1,00	
Pluviómetro:						
392	104,00	140,00	12/11/1996	70,00	2,00	
ID del evento:						
110	0,00	140,00	12/11/1996	46,67	3,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	35,00	4,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	28,00	5,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	23,33	6,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	20,00	7,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	17,50	8,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	15,56	9,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	14,00	10,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	12,73	11,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	11,67	12,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	10,77	13,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	10,00	14,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	9,33	15,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	8,75	16,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	8,24	17,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	7,78	18,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	7,37	19,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	7,00	20,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	6,67	21,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	6,36	22,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	6,09	23,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	5,83	24,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	5,60	25,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	5,38	26,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	5,19	27,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	5,00	28,00	
	0,00	140,00	12/11/1996	4,83	29,00	
	3,10	143,10	12/11/1996	4,77	30,00	
	31,50	174,60	12/11/1996	5,63	31,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	5,46	32,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	5,29	33,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	5,14	34,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,99	35,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,85	36,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,72	37,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,59	38,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,48	39,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,37	40,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,26	41,00	
	0,00	174,60	12/11/1996	4,16	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
12/11/1996	01/10/1996	0,00	174,60	12/11/1996	4,06	43,00
Pluviómetro:	30/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,97	44,00
392	29/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,88	45,00
ID del evento:	28/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,80	46,00
110	27/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,71	47,00
	26/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,64	48,00
	25/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,56	49,00
	24/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,49	50,00
	23/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,42	51,00
	22/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,36	52,00
	21/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,29	53,00
	20/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,23	54,00
	19/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,17	55,00
	18/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,12	56,00
	17/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,06	57,00
	16/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	3,01	58,00
	15/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	2,96	59,00
	14/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	2,91	60,00
	13/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	2,86	61,00
	12/09/1996	0,00	174,60	12/11/1996	2,82	62,00
	11/09/1996	16,70	191,30	12/11/1996	3,04	63,00
	10/09/1996	6,10	197,40	12/11/1996	3,08	64,00
	09/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	3,04	65,00
	08/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,99	66,00
	07/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,95	67,00
	06/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,90	68,00
	05/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,86	69,00
	04/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,82	70,00
	03/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,78	71,00
	02/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,74	72,00
	01/09/1996	0,00	197,40	12/11/1996	2,70	73,00
	31/08/1996	1,20	198,60	12/11/1996	2,68	74,00
	30/08/1996	3,50	202,10	12/11/1996	2,69	75,00
	29/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,66	76,00
	28/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,62	77,00
	27/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,59	78,00
	26/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,56	79,00
	25/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,53	80,00
	24/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,50	81,00
	23/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,46	82,00
	22/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,43	83,00
	21/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,41	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
<i>12/11/1996</i>	20/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,38	85,00
Pluviómetro:	19/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,35	86,00
<i>392</i>	18/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,32	87,00
ID del evento:	17/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,30	88,00
<i>110</i>	16/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,27	89,00
	15/08/1996	0,00	202,10	12/11/1996	2,25	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
12/11/1996	12/11/1996	38	38,00	12/11/1996	38,00	1,00
Pluviómetro:	11/11/1996	162,00	200,00	12/11/1996	100,00	2,00
153	10/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	66,67	3,00
ID del evento:	09/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	50,00	4,00
114	08/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	40,00	5,00
	07/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	33,33	6,00
	06/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	28,57	7,00
	05/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	25,00	8,00
	04/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	22,22	9,00
	03/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	20,00	10,00
	02/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	18,18	11,00
	01/11/1996	0,00	200,00	12/11/1996	16,67	12,00
	31/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	15,38	13,00
	30/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	14,29	14,00
	29/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	13,33	15,00
	28/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	12,50	16,00
	27/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	11,76	17,00
	26/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	11,11	18,00
	25/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	10,53	19,00
	24/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	10,00	20,00
	23/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	9,52	21,00
	22/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	9,09	22,00
	21/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	8,70	23,00
	20/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	8,33	24,00
	19/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	8,00	25,00
	18/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	7,69	26,00
	17/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	7,41	27,00
	16/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	7,14	28,00
	15/10/1996	0,00	200,00	12/11/1996	6,90	29,00
	14/10/1996	6,00	206,00	12/11/1996	6,87	30,00
	13/10/1996	64,00	270,00	12/11/1996	8,71	31,00
	12/10/1996	12,00	282,00	12/11/1996	8,81	32,00
	11/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	8,55	33,00
	10/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	8,29	34,00
	09/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	8,06	35,00
	08/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	7,83	36,00
	07/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	7,62	37,00
	06/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	7,42	38,00
	05/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	7,23	39,00
	04/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	7,05	40,00
	03/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	6,88	41,00
	02/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	6,71	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
12/11/1996	01/10/1996	0,00	282,00	12/11/1996	6,56	43,00
Pluviómetro:	30/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	6,41	44,00
153	29/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	6,27	45,00
ID del evento:	28/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	6,13	46,00
114	27/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	6,00	47,00
	26/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,88	48,00
	25/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,76	49,00
	24/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,64	50,00
	23/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,53	51,00
	22/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,42	52,00
	21/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,32	53,00
	20/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,22	54,00
	19/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,13	55,00
	18/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	5,04	56,00
	17/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	4,95	57,00
	16/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	4,86	58,00
	15/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	4,78	59,00
	14/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	4,70	60,00
	13/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	4,62	61,00
	12/09/1996	0,00	282,00	12/11/1996	4,55	62,00
	11/09/1996	9,50	291,50	12/11/1996	4,63	63,00
	10/09/1996	9,50	301,00	12/11/1996	4,70	64,00
	09/09/1996	0,00	301,00	12/11/1996	4,63	65,00
	08/09/1996	0,00	301,00	12/11/1996	4,56	66,00
	07/09/1996	3,00	304,00	12/11/1996	4,54	67,00
	06/09/1996	0,00	304,00	12/11/1996	4,47	68,00
	05/09/1996	0,00	304,00	12/11/1996	4,41	69,00
	04/09/1996	0,00	304,00	12/11/1996	4,34	70,00
	03/09/1996	0,00	304,00	12/11/1996	4,28	71,00
	02/09/1996	0,00	304,00	12/11/1996	4,22	72,00
	01/09/1996	0,00	304,00	12/11/1996	4,16	73,00
	31/08/1996	1,50	305,50	12/11/1996	4,13	74,00
	30/08/1996	16,00	321,50	12/11/1996	4,29	75,00
	29/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	4,23	76,00
	28/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	4,18	77,00
	27/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	4,12	78,00
	26/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	4,07	79,00
	25/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	4,02	80,00
	24/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,97	81,00
	23/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,92	82,00
	22/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,87	83,00
	21/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,83	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
<i>12/11/1996</i>	20/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,78	85,00
Pluviómetro:	19/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,74	86,00
<i>153</i>	18/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,70	87,00
ID del evento:	17/08/1996	0,00	321,50	12/11/1996	3,65	88,00
<i>114</i>	16/08/1996	60,00	381,50	12/11/1996	4,29	89,00
	15/08/1996	0,00	381,50	12/11/1996	4,24	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
01/01/1997	28,3	28,30	01/01/1997	28,30	1,00	
Pluviómetro:						
225	8,20	36,50	01/01/1997	18,25	2,00	
ID del evento:						
153	10,00	46,50	01/01/1997	15,50	3,00	
	23,20	69,70	01/01/1997	17,43	4,00	
	10,00	79,70	01/01/1997	15,94	5,00	
	0,00	79,70	01/01/1997	13,28	6,00	
	0,20	79,90	01/01/1997	11,41	7,00	
	2,10	82,00	01/01/1997	10,25	8,00	
	6,50	88,50	01/01/1997	9,83	9,00	
	7,10	95,60	01/01/1997	9,56	10,00	
	10,90	106,50	01/01/1997	9,68	11,00	
	13,00	119,50	01/01/1997	9,96	12,00	
	48,60	168,10	01/01/1997	12,93	13,00	
	23,10	191,20	01/01/1997	13,66	14,00	
	36,30	227,50	01/01/1997	15,17	15,00	
	10,70	238,20	01/01/1997	14,89	16,00	
	8,90	247,10	01/01/1997	14,54	17,00	
	11,90	259,00	01/01/1997	14,39	18,00	
	0,20	259,20	01/01/1997	13,64	19,00	
	10,20	269,40	01/01/1997	13,47	20,00	
	11,40	280,80	01/01/1997	13,37	21,00	
	10,90	291,70	01/01/1997	13,26	22,00	
	0,00	291,70	01/01/1997	12,68	23,00	
	0,00	291,70	01/01/1997	12,15	24,00	
	6,40	298,10	01/01/1997	11,92	25,00	
	0,00	298,10	01/01/1997	11,47	26,00	
	1,30	299,40	01/01/1997	11,09	27,00	
	9,10	308,50	01/01/1997	11,02	28,00	
	21,60	330,10	01/01/1997	11,38	29,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	11,00	30,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	10,65	31,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	10,32	32,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	10,00	33,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	9,71	34,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	9,43	35,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	9,17	36,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	8,92	37,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	8,69	38,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	8,46	39,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	8,25	40,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	8,05	41,00	
	0,00	330,10	01/01/1997	7,86	42,00	

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
01/01/1997	20/11/1996	0,00	330,10	01/01/1997	7,68	43,00
Pluviómetro:	19/11/1996	0,00	330,10	01/01/1997	7,50	44,00
225	18/11/1996	0,00	330,10	01/01/1997	7,34	45,00
ID del evento:	17/11/1996	0,00	330,10	01/01/1997	7,18	46,00
153	16/11/1996	7,50	337,60	01/01/1997	7,18	47,00
	15/11/1996	10,60	348,20	01/01/1997	7,25	48,00
	14/11/1996	5,60	353,80	01/01/1997	7,22	49,00
	13/11/1996	8,10	361,90	01/01/1997	7,24	50,00
	12/11/1996	31,00	392,90	01/01/1997	7,70	51,00
	11/11/1996	87,60	480,50	01/01/1997	9,24	52,00
	10/11/1996	1,60	482,10	01/01/1997	9,10	53,00
	09/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	8,93	54,00
	08/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	8,77	55,00
	07/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	8,61	56,00
	06/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	8,46	57,00
	05/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	8,31	58,00
	04/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	8,17	59,00
	03/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	8,04	60,00
	02/11/1996	0,00	482,10	01/01/1997	7,90	61,00
	01/11/1996	0,00	673,00	01/01/1997	10,85	62,00
	31/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	10,68	63,00
	30/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	10,52	64,00
	29/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	10,35	65,00
	28/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	10,20	66,00
	27/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	10,04	67,00
	26/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	9,90	68,00
	25/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	9,75	69,00
	24/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	9,61	70,00
	23/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	9,48	71,00
	22/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	9,35	72,00
	21/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	9,22	73,00
	20/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	9,09	74,00
	19/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	8,97	75,00
	18/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	8,86	76,00
	17/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	8,74	77,00
	16/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	8,63	78,00
	15/10/1996	0,00	673,00	01/01/1997	8,52	79,00
	14/10/1996	5,40	678,40	01/01/1997	8,48	80,00
	13/10/1996	40,00	718,40	01/01/1997	8,87	81,00
	12/10/1996	14,20	732,60	01/01/1997	8,93	82,00
	11/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,83	83,00
	10/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,72	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
01/01/1997	09/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,62	85,00
Pluviómetro:	08/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,52	86,00
225	07/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,42	87,00
ID del evento:	06/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,33	88,00
153	05/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,23	89,00
	04/10/1996	0,00	732,60	01/01/1997	8,14	90,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
08/01/1997	08/01/1997	0,3	0,30	08/01/1997	0,30	1,00
Pluviómetro:	07/01/1997	12,80	13,10	08/01/1997	6,55	2,00
225	06/01/1997	0,00	13,10	08/01/1997	4,37	3,00
ID del evento:	05/01/1997	25,50	38,60	08/01/1997	9,65	4,00
155	04/01/1997	2,60	41,20	08/01/1997	8,24	5,00
	03/01/1997	0,00	41,20	08/01/1997	6,87	6,00
	02/01/1997	44,70	85,90	08/01/1997	12,27	7,00
	01/01/1997	28,30	114,20	08/01/1997	14,28	8,00
	31/12/1996	8,20	122,40	08/01/1997	13,60	9,00
	30/12/1996	10,00	132,40	08/01/1997	13,24	10,00
	29/12/1996	23,20	155,60	08/01/1997	14,15	11,00
	28/12/1996	10,00	165,60	08/01/1997	13,80	12,00
	27/12/1996	0,00	165,60	08/01/1997	12,74	13,00
	26/12/1996	0,20	165,80	08/01/1997	11,84	14,00
	25/12/1996	2,10	167,90	08/01/1997	11,19	15,00
	24/12/1996	6,50	174,40	08/01/1997	10,90	16,00
	23/12/1996	7,10	181,50	08/01/1997	10,68	17,00
	22/12/1996	10,90	192,40	08/01/1997	10,69	18,00
	21/12/1996	13,00	205,40	08/01/1997	10,81	19,00
	20/12/1996	48,60	254,00	08/01/1997	12,70	20,00
	19/12/1996	23,10	277,10	08/01/1997	13,20	21,00
	18/12/1996	36,30	313,40	08/01/1997	14,25	22,00
	17/12/1996	10,70	324,10	08/01/1997	14,09	23,00
	16/12/1996	8,90	333,00	08/01/1997	13,88	24,00
	15/12/1996	11,90	344,90	08/01/1997	13,80	25,00
	14/12/1996	0,20	345,10	08/01/1997	13,27	26,00
	13/12/1996	10,20	355,30	08/01/1997	13,16	27,00
	12/12/1996	11,40	366,70	08/01/1997	13,10	28,00
	11/12/1996	10,90	377,60	08/01/1997	13,02	29,00
	10/12/1996	0,00	377,60	08/01/1997	12,59	30,00
	09/12/1996	0,00	377,60	08/01/1997	12,18	31,00
	08/12/1996	6,40	384,00	08/01/1997	12,00	32,00
	07/12/1996	0,00	384,00	08/01/1997	11,64	33,00
	06/12/1996	1,30	385,30	08/01/1997	11,33	34,00
	05/12/1996	9,10	394,40	08/01/1997	11,27	35,00
	04/12/1996	21,60	416,00	08/01/1997	11,56	36,00
	03/12/1996	0,00	416,00	08/01/1997	11,24	37,00
	02/12/1996	0,00	416,00	08/01/1997	10,95	38,00
	01/12/1996	0,00	416,00	08/01/1997	10,67	39,00
	30/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	10,40	40,00
	29/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	10,15	41,00
	28/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	9,90	42,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)	
08/01/1997	27/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	9,67	43,00
Pluviómetro:	26/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	9,45	44,00
225	25/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	9,24	45,00
ID del evento:	24/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	9,04	46,00
155	23/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	8,85	47,00
	22/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	8,67	48,00
	21/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	8,49	49,00
	20/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	8,32	50,00
	19/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	8,16	51,00
	18/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	8,00	52,00
	17/11/1996	0,00	416,00	08/01/1997	7,85	53,00
	16/11/1996	7,50	423,50	08/01/1997	7,84	54,00
	15/11/1996	10,60	434,10	08/01/1997	7,89	55,00
	14/11/1996	5,60	439,70	08/01/1997	7,85	56,00
	13/11/1996	8,10	447,80	08/01/1997	7,86	57,00
	12/11/1996	31,00	478,80	08/01/1997	8,26	58,00
	11/11/1996	87,60	566,40	08/01/1997	9,60	59,00
	10/11/1996	1,60	568,00	08/01/1997	9,47	60,00
	09/11/1996	0,00	568,00	08/01/1997	9,31	61,00
	08/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	12,77	62,00
	07/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	12,57	63,00
	06/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	12,38	64,00
	05/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	12,18	65,00
	04/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	12,00	66,00
	03/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	11,82	67,00
	02/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	11,65	68,00
	01/11/1996	0,00	792,00	08/01/1997	11,48	69,00
	31/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	11,31	70,00
	30/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	11,15	71,00
	29/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	11,00	72,00
	28/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	10,85	73,00
	27/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	10,70	74,00
	26/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	10,56	75,00
	25/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	10,42	76,00
	24/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	10,29	77,00
	23/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	10,15	78,00
	22/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	10,03	79,00
	21/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	9,90	80,00
	20/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	9,78	81,00
	19/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	9,66	82,00
	18/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	9,54	83,00
	17/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	9,43	84,00

Fecha del movimiento de ladera:	E. Lluvia					
	Fecha	R. lluvia diaria (mm)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	I. Intensidad media (mm/d)	D. Duración (d)
08/01/1997	16/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	9,32	85,00
Pluviómetro:	15/10/1996	0,00	792,00	08/01/1997	9,21	86,00
225	14/10/1996	5,40	797,40	08/01/1997	9,17	87,00
ID del evento:	13/10/1996	40,00	837,40	08/01/1997	9,52	88,00
155	12/10/1996	14,20	851,60	08/01/1997	9,57	89,00
	11/10/1996	0,00	851,60	08/01/1997	9,46	90,00

**D. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIA OBSERVADA Y
PERIODO DE RETORNO DE LA LLUVIA ACUMULADA HASTA LA
FECHA DE CADA EVENTO DE MOVIMIENTO DE LADERA**

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x) %		Límite superior para P(X<=x) %		Prob. observada de excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		P(X<=x) %	%										
03/02/1996	16420	67,884902	32,115098	0,003002	67,191951	68,212724	117,186195	0,008533	0,008353	0,008669	0	03/02/1996	0	686		
Pluviómetro:	15091	62,395601	37,604399	0,003115	61,734822	62,793837	137,216344	0,007288	0,007162	0,007390	0	03/02/1996	0	686		
183	23848	98,610652	1,389348	0,000753	98,358295	98,614207	5,069654	0,197252	0,166931	0,215419	57	03/02/1996	57	686		
ID del evento:	23652	97,808287	2,191713	0,000942	97,495177	97,815303	7,997437	0,125040	0,109410	0,134172	57	03/02/1996	0	629		
31	23616	97,667494	2,332506	0,000971	97,345167	97,675192	8,511184	0,117492	0,103228	0,125804	64	03/02/1996	7	629		
	23744	98,204980	1,795020	0,000854	97,919870	98,210191	6,549928	0,152673	0,131747	0,165020	82	03/02/1996	18	622		
	23975	99,168597	0,831403	0,000584	98,971689	99,170248	3,033743	0,329626	0,266507	0,368987	121	03/02/1996	39	604		
	23933	99,003061	0,996939	0,000639	98,787971	99,005227	3,637773	0,274893	0,226110	0,304846	123	03/02/1996	2	565		
	23872	98,758895	1,241105	0,000712	98,519783	98,761900	4,528723	0,220813	0,185143	0,242351	123	03/02/1996	0	563		
	23797	98,456765	1,543235	0,000793	98,191344	98,460925	5,631178	0,177583	0,151522	0,193093	123	03/02/1996	0	563		
	24031	99,433135	0,566865	0,000483	99,269866	99,434066	2,068459	0,483452	0,375345	0,553471	179	03/02/1996	56	563		
	24074	99,619300	0,380700	0,000396	99,485118	99,619813	1,389153	0,719863	0,532262	0,847209	202	03/02/1996	23	507		
	24138	99,892402	0,107598	0,000211	99,820770	99,892479	0,392619	2,546997	1,529055	3,395720	271	03/02/1996	69	484		
	24130	99,867561	0,132439	0,000234	99,788116	99,867666	0,483264	2,069264	1,293403	2,690721	271	03/02/1996	0	415		
	24121	99,838576	0,161424	0,000258	99,750902	99,838718	0,589026	1,697717	1,100178	2,159502	271	03/02/1996	0	415		
	24115	99,822005	0,177995	0,000271	99,729960	99,822169	0,649493	1,539662	1,014857	1,938469	273	03/02/1996	2	415		
	24108	99,801292	0,198708	0,000287	99,704064	99,801485	0,725076	1,379167	0,926053	1,717249	275	03/02/1996	2	413		
	24091	99,739174	0,260826	0,000328	99,627881	99,739465	0,951740	1,050707	0,736463	1,275458	275	03/02/1996	0	411		
	24079	99,697748	0,302252	0,000353	99,578012	99,698111	1,102902	0,906699	0,649430	1,086836	275	03/02/1996	0	411		
	24064	99,643892	0,356108	0,000383	99,514026	99,644356	1,299416	0,769576	0,563923	0,910403	275	03/02/1996	0	411		
	24047	99,581746	0,418254	0,000415	99,441129	99,582337	1,526185	0,655229	0,490367	0,765835	275	03/02/1996	0	411		
	24032	99,527872	0,472128	0,000441	99,378588	99,528580	1,722767	0,580461	0,441015	0,672666	275	03/02/1996	0	411		
	24048	99,602386	0,397614	0,000405	99,465228	99,602933	1,450872	0,689241	0,512466	0,808592	287	03/02/1996	12	411		
	24047	99,606495	0,393505	0,000403	99,470034	99,607034	1,435877	0,696438	0,517113	0,817672	294	03/02/1996	7	399		
	24079	99,747307	0,252693	0,000323	99,637718	99,747585	0,922061	1,084527	0,756461	1,320295	323	03/02/1996	29	392		
	24073	99,730715	0,269285	0,000334	99,617609	99,731020	0,982605	1,017703	0,716680	1,232010	329	03/02/1996	6	363		
	24060	99,685118	0,314882	0,000361	99,562888	99,685504	1,148987	0,870332	0,626961	1,039785	329	03/02/1996	0	357		
	24084	99,792823	0,207177	0,000293	99,693513	99,793030	0,755975	1,322795	0,894173	1,640493	377	03/02/1996	48	357		
	24087	99,813526	0,186474	0,000278	99,719275	99,813702	0,680434	1,469650	0,976229	1,841750	380	03/02/1996	3	309		
	24081	99,796933	0,203067	0,000290	99,698599	99,797133	0,740979	1,349567	0,909261	1,676992	385	03/02/1996	5	306		
	24069	99,755471	0,244529	0,000318	99,647626	99,755735	0,892273	1,120734	0,777732	1,368477	385	03/02/1996	0	301		
	24064	99,743016	0,256984	0,000326	99,632475	99,743301	0,937720	1,066416	0,745670	1,296364	389	03/02/1996	4	301		
	24052	99,701542	0,298458	0,000351	99,582484	99,701898	1,089056	0,918227	0,656388	1,101920	389	03/02/1996	0	297		
	24081	99,830031	0,169969	0,000265	99,740007	99,830184	0,620208	1,612362	1,054074	2,040082	414	03/02/1996	25	297		
	24090	99,875622	0,124378	0,000227	99,798556	99,875718	0,453848	2,203379	1,360440	2,886844	437	03/02/1996	23	272		
	24100	99,925367	0,074633	0,000176	99,865623	99,925412	0,272332	3,671994	2,039422	5,142821	482	03/02/1996	45	249		

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		P(X<=x). %	%										
03/02/1996	24095	99,912921	0,087079	0,000190	99,848396	99,912977	0,317747	3,147162	1,807688	4,314182	482	03/02/1996	0	204		
Pluviómetro:	24095	99,921208	0,078792	0,000181	99,859820	99,921256	0,287509	3,478154	1,954999	4,834152	503	03/02/1996	21	204		
183	24092	99,917054	0,082946	0,000185	99,854070	99,917106	0,302666	3,303973	1,877969	4,559422	505	03/02/1996	2	183		
ID del evento:	24103	99,970966	0,029034	0,000110	99,933671	99,970977	0,105942	9,439139	4,131735	15,503405	527	03/02/1996	22	181		
31	24099	99,962668	0,037332	0,000124	99,920381	99,962684	0,136222	7,340944	3,442053	11,500121	527	03/02/1996	0	159		
	24094	99,950220	0,049780	0,000144	99,901396	99,950244	0,181645	5,505251	2,779331	8,206324	527	03/02/1996	0	159		
	24089	99,937770	0,062230	0,000161	99,883189	99,937804	0,227075	4,403836	2,346116	6,336285	527	03/02/1996	0	159		
	24089	99,946063	0,053937	0,000150	99,895240	99,946090	0,196814	5,080927	2,616005	7,475963	530	03/02/1996	3	159		
	24082	99,925311	0,074689	0,000176	99,865522	99,925356	0,272535	3,669254	2,037901	5,138983	530	03/02/1996	0	156		
	24075	99,904556	0,095444	0,000199	99,836987	99,904621	0,348268	2,871352	1,681170	3,888708	530	03/02/1996	0	156		
	24075	99,912849	0,087151	0,000190	99,848271	99,912905	0,318010	3,144553	1,806190	4,310605	539	03/02/1996	9	156		
	24069	99,896240	0,103760	0,000207	99,825791	99,896313	0,378615	2,641205	1,573124	3,538768	539	03/02/1996	0	147		
	24065	99,887930	0,112070	0,000216	99,814720	99,888012	0,408938	2,445358	1,479127	3,244962	543	03/02/1996	4	147		
	24075	99,937733	0,062267	0,000161	99,883121	99,937768	0,227207	4,401279	2,344754	6,332606	574	03/02/1996	31	143		
	24082	99,975091	0,024909	0,000102	99,940529	99,975100	0,090890	11,002283	4,608181	18,637318	589	03/02/1996	15	112		
	24076	99,958482	0,041518	0,000131	99,913870	99,958501	0,151496	6,600822	3,181844	10,148676	589	03/02/1996	0	97		
	24071	99,946022	0,053978	0,000150	99,895162	99,946050	0,196962	5,077134	2,614052	7,470381	589	03/02/1996	0	97		
	24063	99,921103	0,078897	0,000181	99,859634	99,921151	0,287891	3,473540	1,952407	4,827738	589	03/02/1996	0	97		
	24057	99,904485	0,095515	0,000199	99,836865	99,904550	0,348528	2,869208	1,679915	3,885804	589	03/02/1996	0	97		
	24054	99,900324	0,099676	0,000203	99,831249	99,900393	0,363712	2,749429	1,623999	3,703056	598	03/02/1996	9	97		
	24054	99,908623	0,091377	0,000195	99,842474	99,908683	0,333430	2,999128	1,739730	4,085662	608	03/02/1996	10	88		
	24054	99,916923	0,083077	0,000186	99,853840	99,916975	0,303144	3,298767	1,875012	4,552238	618	03/02/1996	10	78		
	24053	99,921070	0,078930	0,000181	99,859575	99,921119	0,288010	3,472098	1,951597	4,825733	621	03/02/1996	3	68		
	24047	99,904445	0,095555	0,000199	99,836798	99,904510	0,348673	2,868017	1,679218	3,884191	621	03/02/1996	0	65		
	24040	99,883663	0,116337	0,000220	99,809041	99,883750	0,424507	2,355675	1,435134	3,112058	621	03/02/1996	0	65		
	24035	99,871188	0,128812	0,000231	99,792678	99,871289	0,470029	2,127530	1,321865	2,776721	621	03/02/1996	0	65		
	24029	99,854555	0,145445	0,000246	99,771147	99,854676	0,530722	1,884227	1,197503	2,425282	621	03/02/1996	0	65		
	24022	99,833763	0,166237	0,000263	99,744617	99,833911	0,606589	1,648562	1,073102	2,091325	621	03/02/1996	0	65		
	24020	99,833749	0,166251	0,000263	99,744595	99,833897	0,606640	1,648425	1,073013	2,091151	624	03/02/1996	3	65		
	24018	99,833735	0,166265	0,000263	99,744574	99,833884	0,606690	1,648288	1,072924	2,090978	626	03/02/1996	2	62		
	24012	99,817093	0,182907	0,000275	99,723596	99,817265	0,667415	1,498319	0,991493	1,881972	626	03/02/1996	0	60		
	24004	99,792134	0,207866	0,000294	99,692495	99,792342	0,758489	1,318411	0,891213	1,635055	626	03/02/1996	0	60		
	23995	99,763013	0,236987	0,000314	99,656666	99,763266	0,864749	1,156405	0,798208	1,416490	626	03/02/1996	0	60		
	24001	99,796258	0,203742	0,000291	99,697598	99,796459	0,743443	1,345094	0,906250	1,671433	636	03/02/1996	10	60		
	23995	99,779607	0,220393	0,000302	99,677016	99,779834	0,804199	1,243474	0,848502	1,533527	636	03/02/1996	0	50		
	23988	99,758796	0,241204	0,000316	99,651499	99,759055	0,880140	1,136183	0,786375	1,389502	636	03/02/1996	0	50		

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		$P(X \leq x)$	Prob. De excedencia%		$P(X \leq x)$	%	T (a)	para T (a)								
03/02/1996	23981	99,737980	0,262020	0,000330	99,626180	99,738274	0,956093	1,045923	0,733114	1,269650	636	03/02/1996	0	50		
Pluviómetro:	23974	99,717162	0,282838	0,000343	99,601036	99,717491	1,032060	0,968936	0,686911	1,168409	636	03/02/1996	0	50		
183	23968	99,700499	0,299501	0,000352	99,581027	99,700858	1,092860	0,915030	0,654106	1,098083	636	03/02/1996	0	50		
ID del evento:	23963	99,687994	0,312006	0,000360	99,566071	99,688376	1,138490	0,878356	0,631561	1,050511	636	03/02/1996	0	50		
31	23958	99,675487	0,324513	0,000367	99,551163	99,675892	1,184128	0,844503	0,610583	1,006798	636	03/02/1996	0	50		
	23953	99,662977	0,337023	0,000374	99,536298	99,663406	1,229774	0,813157	0,591010	0,966498	636	03/02/1996	0	50		
	23948	99,650466	0,349534	0,000381	99,521476	99,650918	1,275427	0,784051	0,572703	0,929229	636	03/02/1996	0	50		
	23942	99,633791	0,366209	0,000390	99,501788	99,634276	1,336273	0,748350	0,550071	0,883721	636	03/02/1996	0	50		
	23933	99,604628	0,395372	0,000405	99,467524	99,605172	1,442688	0,693151	0,514675	0,813811	636	03/02/1996	0	50		
	23925	99,579622	0,420378	0,000417	99,438296	99,580219	1,533933	0,651919	0,487895	0,761966	636	03/02/1996	0	50		
	23929	99,604562	0,395438	0,000405	99,467435	99,605107	1,442928	0,693035	0,514590	0,813675	651	03/02/1996	15	50		
	23954	99,716926	0,283074	0,000343	99,600705	99,717256	1,032919	0,968131	0,686340	1,167437	671	03/02/1996	20	35		
	23962	99,758535	0,241465	0,000317	99,651122	99,758795	0,881092	1,134955	0,785526	1,388000	685	03/02/1996	14	15		
	23958	99,750187	0,249813	0,000322	99,640943	99,750461	0,911550	1,097032	0,763257	1,337501	686	03/02/1996	1	1		
	23952	99,733511	0,266489	0,000333	99,620703	99,733812	0,972401	1,028382	0,722528	1,246626	686	03/02/1996	0	0		
	23944	99,708503	0,291497	0,000348	99,590561	99,708848	1,063653	0,940157	0,669336	1,130911	686	03/02/1996	0	0		
	23938	99,691821	0,308179	0,000358	99,570575	99,692196	1,124526	0,889263	0,638185	1,064733	686	03/02/1996	0	0		
	23932	99,675135	0,324865	0,000367	99,550677	99,675541	1,185410	0,843590	0,609923	1,005709	686	03/02/1996	0	0		

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	Prob. De excedencia%											pluvio. Hacia adelante (mm)
31/01/1997	12424	61,195941	38,804059	0,003420	60,484330	61,647171	141,648768	0,007060	0,006933	0,007165	0	31/01/1997	0	939,8
Pluviómetro:	14942	73,609537	26,390463	0,003094	72,835295	73,887118	96,334680	0,010380	0,010085	0,010587	0,2	31/01/1997	0,2	939,8
225	13966	68,811588	31,188412	0,003252	68,050783	69,156419	113,848921	0,008784	0,008574	0,008939	0,5	31/01/1997	0,3	939,6
ID del evento:	12780	62,977381	37,022619	0,003390	62,251565	63,404068	135,145877	0,007399	0,007257	0,007515	0,5	31/01/1997	0	939,3
39	11781	58,063085	41,936915	0,003464	57,379178	58,557047	153,084828	0,006532	0,006428	0,006624	0,5	31/01/1997	0	939,3
	10914	53,797999	46,202001	0,003500	53,157733	54,347862	168,653931	0,005929	0,005848	0,006006	0,5	31/01/1997	0	939,3
	10123	49,906330	50,093670	0,003511	49,310616	50,504280	182,859925	0,005469	0,005404	0,005534	0,5	31/01/1997	0	939,3
	9431	46,501652	53,498348	0,003502	45,947897	47,138726	195,288229	0,005121	0,005068	0,005178	0,5	31/01/1997	0	939,3
	14978	73,863300	26,136700	0,003086	73,088400	74,137500	95,408365	0,010481	0,010179	0,010692	14,9	31/01/1997	14,4	939,3
	16940	83,551171	16,448829	0,002604	82,811557	83,696780	60,044147	0,016654	0,015938	0,017103	29,6	31/01/1997	14,7	924,9
	16657	82,167522	17,832478	0,002689	81,416422	82,330530	65,094968	0,015362	0,014741	0,015756	30,1	31/01/1997	0,5	910,2
	17706	87,355074	12,644926	0,002335	86,661706	87,455441	46,158534	0,021664	0,020538	0,022344	43,7	31/01/1997	13,6	909,7
	18950	93,506365	6,493635	0,001731	92,956050	93,544582	23,704106	0,042187	0,038891	0,044099	70,2	31/01/1997	26,5	896,1
	18856	93,056310	6,943690	0,001786	92,491305	93,098469	25,346972	0,039452	0,036484	0,041177	71,8	31/01/1997	1,6	869,6
	18718	92,388944	7,611056	0,001863	91,803719	92,437155	27,783098	0,035993	0,033423	0,037491	71,8	31/01/1997	0	868
	18753	92,575406	7,424594	0,001842	91,995601	92,621907	27,102444	0,036897	0,034224	0,038453	77	31/01/1997	5,2	868
	18618	91,922583	8,077417	0,001915	91,324166	91,975167	29,485483	0,033915	0,031576	0,035282	77	31/01/1997	0	862,8
	18471	91,210311	8,789689	0,001990	90,593262	91,269774	32,085535	0,031167	0,029122	0,032366	77	31/01/1997	0	862,8
	18327	90,512643	9,487357	0,002059	89,878868	90,579074	34,632273	0,028875	0,027067	0,029940	77	31/01/1997	0	862,8
	18170	89,750556	10,249444	0,002132	89,100072	89,824840	37,414168	0,026728	0,025133	0,027673	77	31/01/1997	0	862,8
	18018	89,012943	10,987057	0,002198	88,347696	89,095056	40,106719	0,024933	0,023510	0,025781	77	31/01/1997	0	862,8
	17859	88,240526	11,759474	0,002264	87,561179	88,331060	42,926323	0,023296	0,022023	0,024058	77	31/01/1997	0	862,8
	17764	87,784147	12,215853	0,002302	87,097058	87,879761	44,592270	0,022425	0,021231	0,023144	78,6	31/01/1997	1,6	862,8
	17614	87,055800	12,944200	0,002360	86,357256	87,159665	47,251001	0,021164	0,020080	0,021820	78,9	31/01/1997	0,3	861,2
	18074	89,342561	10,657439	0,002170	88,683530	89,421175	38,903500	0,025705	0,024208	0,026594	91,7	31/01/1997	12,8	860,9
	17932	88,653780	11,346220	0,002230	87,981584	88,739809	41,417800	0,024144	0,022794	0,024951	91,7	31/01/1997	0	848,1
	18694	92,434731	7,565269	0,001860	91,850316	92,482562	27,615963	0,036211	0,033614	0,037724	117,2	31/01/1997	25,5	848,1
	18661	92,285248	7,714752	0,001876	91,696475	92,334468	28,161630	0,035509	0,032991	0,036978	119,8	31/01/1997	2,6	822,6
	18568	91,838955	8,161045	0,001925	91,237735	91,892381	29,790760	0,033567	0,031264	0,034914	119,8	31/01/1997	0	820
	19374	95,839723	4,160277	0,001404	95,382074	95,859589	15,186514	0,065848	0,059322	0,069627	164,5	31/01/1997	44,7	820
	19690	97,129045	2,870955	0,001173	96,741718	97,140494	10,480020	0,095420	0,084077	0,102047	192,8	31/01/1997	28,3	775,3
	19746	97,410093	2,589907	0,001116	97,040605	97,419917	9,454092	0,105774	0,092568	0,113520	201	31/01/1997	8,2	747
	19796	97,661569	2,338431	0,001061	97,309108	97,670008	8,536116	0,117149	0,101805	0,126189	211	31/01/1997	10	738,8
	19881	98,085747	1,914253	0,000962	97,764764	98,092011	6,987714	0,143108	0,122558	0,155341	234,2	31/01/1997	23,2	728,8
	19927	98,317545	1,682455	0,000903	98,015548	98,322713	6,141567	0,162825	0,138046	0,177688	244,2	31/01/1997	10	705,6
	19899	98,184240	1,815760	0,000938	97,871138	98,190031	6,628177	0,150871	0,128682	0,164119	244,2	31/01/1997	0	695,6

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %			Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Prob. De excedencia%										pluvio. Hacia adelante (mm)
31/01/1997	19873	98,060791	1,939209	0,000969	97,737822	98,067178	7,078810	0,141267	0,121098	0,153263	244,4	31/01/1997	0,2	695,6
Pluviómetro:	19855	97,976807	2,023193	0,000989	97,647334	97,983611	7,385382	0,135403	0,116440	0,146655	246,5	31/01/1997	2,1	695,4
225	19857	97,991512	2,008488	0,000986	97,663156	97,998242	7,331705	0,136394	0,117229	0,147772	253	31/01/1997	6,5	693,3
ID del evento:	19869	98,055569	1,944431	0,000970	97,732167	98,061982	7,097873	0,140887	0,120796	0,152836	260,1	31/01/1997	7,1	686,8
39	19898	98,203534	1,796466	0,000933	97,891969	98,209233	6,557749	0,152491	0,129953	0,165957	271	31/01/1997	10,9	679,7
	19972	98,573614	1,426386	0,000833	98,294412	98,577654	5,206822	0,192056	0,160617	0,211124	284	31/01/1997	13	668,8
	20135	99,383021	0,616979	0,000550	99,197123	99,384175	2,252197	0,444011	0,341205	0,511317	332,6	31/01/1997	48,6	655,8
	20142	99,422479	0,577521	0,000532	99,242512	99,423524	2,108160	0,474347	0,361650	0,548684	355,7	31/01/1997	23,1	607,2
	20193	99,679139	0,320861	0,000397	99,544474	99,679573	1,171258	0,853783	0,601382	1,033526	392	31/01/1997	36,3	584,1
	20192	99,679123	0,320877	0,000397	99,544451	99,679557	1,171316	0,853741	0,601353	1,033475	402,7	31/01/1997	10,7	547,8
	20193	99,688981	0,311019	0,000391	99,556371	99,689395	1,135331	0,880800	0,617510	1,069161	411,6	31/01/1997	8,9	537,1
	20211	99,782770	0,217230	0,000327	99,671784	99,783011	0,792969	1,261083	0,834650	1,583936	423,5	31/01/1997	11,9	528,2
	20204	99,753135	0,246865	0,000349	99,634871	99,753428	0,901146	1,109699	0,750270	1,376165	423,7	31/01/1997	0,2	516,3
	20209	99,782748	0,217252	0,000327	99,671752	99,782990	0,793047	1,260959	0,834568	1,583780	433,9	31/01/1997	10,2	516,1
	20213	99,807426	0,192574	0,000308	99,702883	99,807628	0,702963	1,422550	0,922011	1,809430	445,3	31/01/1997	11,4	505,9
	20222	99,856797	0,143203	0,000266	99,766576	99,856927	0,522742	1,912990	1,173596	2,516469	456,2	31/01/1997	10,9	494,5
	20215	99,827160	0,172840	0,000292	99,728084	99,827332	0,630927	1,584971	1,007463	2,040033	456,2	31/01/1997	0	483,6
	20209	99,802459	0,197541	0,000312	99,696576	99,802669	0,721094	1,386781	0,902847	1,759179	456,2	31/01/1997	0	483,6
	20208	99,802450	0,197550	0,000312	99,696561	99,802659	0,721130	1,386712	0,902803	1,759093	462,6	31/01/1997	6,4	483,6
	20202	99,777745	0,222255	0,000331	99,665469	99,777995	0,811311	1,232572	0,818895	1,544592	462,6	31/01/1997	0	477,2
	20197	99,757977	0,242023	0,000345	99,640846	99,758261	0,883472	1,131898	0,762753	1,406462	463,9	31/01/1997	1,3	477,2
	20196	99,757965	0,242035	0,000345	99,640829	99,758249	0,883515	1,131842	0,762716	1,406392	473	31/01/1997	9,1	475,9
	20217	99,866627	0,133373	0,000257	99,779530	99,866743	0,486859	2,053983	1,242550	2,725543	494,6	31/01/1997	21,6	466,8
	20210	99,836981	0,163019	0,000284	99,740729	99,837138	0,595079	1,680448	1,056599	2,177354	494,6	31/01/1997	0	445,2
	20203	99,807331	0,192669	0,000308	99,702736	99,807533	0,703310	1,421848	0,921556	1,808536	494,6	31/01/1997	0	445,2
	24063	99,954308	0,045692	0,000138	99,907498	99,954329	0,166577	6,003238	2,965357	9,079674	827,3	31/01/1997	332,7	445,2
	24059	99,945995	0,054005	0,000150	99,895110	99,946023	0,196880	5,079241	2,615138	7,473482	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24055	99,937682	0,062318	0,000161	99,883024	99,937716	0,227188	4,401644	2,344950	6,333131	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24051	99,929367	0,070633	0,000171	99,871182	99,929408	0,257501	3,883481	2,129376	5,484149	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24047	99,921050	0,078950	0,000181	99,859540	99,921099	0,287819	3,474405	1,952894	4,828940	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24043	99,912733	0,087267	0,000190	99,848069	99,912789	0,318142	3,143249	1,805442	4,308816	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24039	99,904414	0,095586	0,000199	99,836743	99,904478	0,348470	2,869684	1,680195	3,886449	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24032	99,883624	0,116376	0,000220	99,808977	99,883711	0,424260	2,357045	1,435969	3,113867	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24024	99,858675	0,141325	0,000242	99,776442	99,858791	0,515216	1,940935	1,226986	2,506421	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24018	99,842035	0,157965	0,000256	99,755114	99,842173	0,575877	1,736482	1,120124	2,214994	827,3	31/01/1997	0	112,5
	24013	99,829550	0,170450	0,000266	99,739272	99,829704	0,621393	1,609288	1,052067	2,036192	827,3	31/01/1997	0	112,5

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	Prob. De excedencia%											pluvio. Hacia adelante (mm)
31/01/1997	24008	99,817063	0,182937	0,000276	99,723550	99,817234	0,666916	1,499440	0,992235	1,883379	827,3	31/01/1997	0	112,5
Pluviómetro:	24003	99,804574	0,195426	0,000285	99,707936	99,804763	0,712447	1,403614	0,939188	1,751336	827,3	31/01/1997	0	112,5
225	23998	99,792083	0,207917	0,000294	99,692419	99,792290	0,757985	1,319288	0,891806	1,636143	827,3	31/01/1997	0	112,5
ID del evento:	23993	99,779589	0,220411	0,000302	99,676990	99,779816	0,803531	1,244508	0,849208	1,534802	827,3	31/01/1997	0	112,5
39	24009	99,854434	0,145566	0,000246	99,770957	99,854555	0,530678	1,884384	1,197603	2,425483	841,3	31/01/1997	14	112,5
	24015	99,887697	0,112303	0,000216	99,814335	99,887779	0,409414	2,442516	1,477410	3,241191	849,3	31/01/1997	8	98,5
	24027	99,945923	0,054077	0,000150	99,894970	99,945951	0,197142	5,072497	2,611667	7,463558	859,3	31/01/1997	10	90,5
	24028	99,958399	0,041601	0,000132	99,913698	99,958418	0,151660	6,593699	3,178412	10,137723	872,3	31/01/1997	13	80,5
	24027	99,962556	0,037444	0,000125	99,920143	99,962572	0,136505	7,325723	3,434920	11,476275	927,3	31/01/1997	55	67,5
	24033	99,995839	0,004161	0,000042	99,981693	99,995840	0,015169	65,926027	14,983670	178,000274	939,8	31/01/1997	12,5	12,5
	24030	99,991678	0,008322	0,000059	99,971672	99,991679	0,030340	32,960274	9,683054	72,580386	939,8	31/01/1997	0	0
	24027	99,987516	0,012484	0,000072	99,963013	99,987519	0,045513	21,971689	7,416193	43,535905	939,8	31/01/1997	0	0
	24024	99,983353	0,016647	0,000083	99,955059	99,983357	0,060689	16,477397	6,103619	30,482311	939,8	31/01/1997	0	0
	24021	99,979189	0,020811	0,000093	99,947555	99,979196	0,075868	13,180822	5,230312	23,200880	939,8	31/01/1997	0	0
	24018	99,975025	0,024975	0,000102	99,940371	99,975034	0,091049	10,983105	4,600151	18,604829	939,8	31/01/1997	0	0
	24015	99,970860	0,029140	0,000110	99,933428	99,970871	0,106233	9,413307	4,120431	15,460975	939,8	31/01/1997	0	0
	24012	99,966694	0,033306	0,000118	99,926678	99,966708	0,121419	8,235959	3,741057	13,185385	939,8	31/01/1997	0	0
	24009	99,962528	0,037472	0,000125	99,920083	99,962544	0,136607	7,320244	3,432351	11,467691	939,8	31/01/1997	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Límite superior		Prob. observada de excedencia		Límite superior		E. Lluvia acumulada		Lluvia acumulada del evento	
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	para P(X<=x) %	excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Hacia adelante (mm)
25/12/1996	17922	88,277017	11,722983	0,002258	87,599359	88,367008	42,793103	0,023368	0,022091	0,024133	2,1	25/12/1996	2,1	590,6
Pluviómetro:	18247	89,891128	10,108872	0,002116	89,244463	89,963849	36,901020	0,027100	0,025470	0,028064	8,6	25/12/1996	6,5	588,5
225	18435	90,830706	9,169294	0,002026	90,205099	90,893860	33,471223	0,029876	0,027968	0,030999	15,7	25/12/1996	7,1	582
ID del evento:	18932	93,293254	6,706746	0,001756	92,736263	93,333295	24,482036	0,040846	0,037714	0,042664	26,6	25/12/1996	10,9	574,9
42	19319	95,214391	4,785609	0,001499	94,729247	95,238775	17,469194	0,057244	0,051975	0,060291	39,6	25/12/1996	13	564
	20053	98,846552	1,153448	0,000750	98,594598	98,849492	4,210500	0,237501	0,194923	0,263744	88,2	25/12/1996	48,6	551
	20141	99,295011	0,704989	0,000587	99,096678	99,296419	2,573464	0,388581	0,303265	0,443629	111,3	25/12/1996	23,1	502,4
	20209	99,644988	0,355012	0,000418	99,503490	99,645492	1,295922	0,771651	0,551742	0,925979	147,6	25/12/1996	36,3	479,3
	20202	99,625210	0,374790	0,000429	99,479856	99,625756	1,368120	0,730930	0,526673	0,873200	158,3	25/12/1996	10,7	443
	20205	99,654747	0,345253	0,000412	99,515167	99,655231	1,260297	0,793464	0,565030	0,954412	167,2	25/12/1996	8,9	432,3
	20213	99,708958	0,291042	0,000378	99,580690	99,709333	1,062407	0,941258	0,653324	1,149281	179,1	25/12/1996	11,9	423,4
	20192	99,620110	0,379890	0,000432	99,473749	99,620668	1,386737	0,721117	0,520561	0,860559	179,3	25/12/1996	0,2	411,5
	20190	99,624988	0,375012	0,000429	99,479549	99,625535	1,368930	0,730497	0,526362	0,872683	189,5	25/12/1996	10,2	411,3
	20182	99,600257	0,399743	0,000443	99,450143	99,600859	1,459207	0,685304	0,498213	0,814494	200,9	25/12/1996	11,4	401,1
	20187	99,639684	0,360316	0,000421	99,497071	99,640200	1,315283	0,760293	0,544700	0,911299	211,8	25/12/1996	10,9	389,7
	20171	99,575455	0,424545	0,000457	99,420790	99,576115	1,549741	0,645269	0,472964	0,763309	211,8	25/12/1996	0	378,8
	20153	99,501333	0,498667	0,000495	99,333884	99,502172	1,820314	0,549356	0,411258	0,642053	211,8	25/12/1996	0	378,8
	20142	99,461755	0,538245	0,000514	99,287879	99,462696	1,964788	0,508961	0,384689	0,591614	218,2	25/12/1996	6,4	378,8
	20122	99,377716	0,622284	0,000553	99,190981	99,378886	2,271560	0,440226	0,338615	0,506691	218,2	25/12/1996	0	372,4
	20109	99,328229	0,671771	0,000574	99,134341	99,329540	2,452206	0,407796	0,316459	0,467044	219,5	25/12/1996	1,3	372,4
	20108	99,338010	0,661990	0,000570	99,145496	99,339293	2,416502	0,413821	0,320590	0,474394	228,6	25/12/1996	9,1	371,1
	20150	99,560255	0,439745	0,000465	99,402812	99,560950	1,605228	0,622964	0,458725	0,734978	250,2	25/12/1996	21,6	362
	20134	99,495948	0,504052	0,000498	99,327536	99,496801	1,839972	0,543486	0,407376	0,634740	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20117	99,426679	0,573321	0,000531	99,247242	99,427714	2,092828	0,477822	0,363922	0,553028	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20100	99,357390	0,642610	0,000562	99,167603	99,358617	2,345758	0,426301	0,329105	0,489660	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20082	99,283136	0,716864	0,000593	99,082894	99,284582	2,616811	0,382145	0,298707	0,435902	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20061	99,194027	0,805973	0,000629	98,981974	99,195750	2,942093	0,339894	0,269095	0,384971	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20042	99,114782	0,885218	0,000659	98,892798	99,116764	3,231367	0,309467	0,247421	0,348615	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20020	99,020675	0,979325	0,000693	98,787505	99,022981	3,574891	0,279729	0,225935	0,313359	250,2	25/12/1996	0	340,4
	19999	98,931487	1,068513	0,000723	98,688241	98,934114	3,900460	0,256380	0,208838	0,285877	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20034	98,825967	1,174033	0,000757	98,571759	98,828987	4,285644	0,233337	0,191806	0,258899	250,2	25/12/1996	0	340,4
	20012	98,722313	1,277687	0,000789	98,457531	98,725740	4,664019	0,214407	0,177602	0,236911	250,2	25/12/1996	0	340,4
	19992	98,628515	1,371485	0,000817	98,354571	98,632324	5,006414	0,199744	0,166489	0,219970	250,2	25/12/1996	0	340,4
	19971	98,529775	1,470225	0,000845	98,246559	98,534001	5,366853	0,186329	0,156233	0,204543	250,2	25/12/1996	0	340,4
	19951	98,435958	1,564042	0,000872	98,144256	98,440593	5,709316	0,175152	0,147620	0,191745	250,2	25/12/1996	0	340,4
	19926	98,317462	1,682538	0,000903	98,015450	98,322630	6,141870	0,162817	0,138039	0,177680	250,2	25/12/1996	0	340,4

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %			Desv. estándar binomial	Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior de excedencia convertida	Prob. observada de T para $P(X > x)$ (a)	Límite superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		$P(X \leq x)$	Prob. De excedencia%	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)								
25/12/1996	19901	98,198954	1,801046	0,000934	97,887045	98,204675	6,574467	0,152104	0,129650	0,165516	250,2	25/12/1996	0	340,4	
Pluviómetro:	19871	98,055761	1,944239	0,000970	97,732390	98,062173	7,097172	0,140901	0,120808	0,152851	250,2	25/12/1996	0	340,4	
225	19838	97,897750	2,102250	0,001008	97,562299	97,904953	7,673971	0,130311	0,112379	0,140931	250,2	25/12/1996	0	340,4	
ID del evento:	19857	97,996348	2,003652	0,000984	97,668356	98,003054	7,314052	0,136723	0,117490	0,148143	257,7	25/12/1996	7,5	340,4	
42	19863	98,030797	1,969203	0,000976	97,705456	98,037332	7,188302	0,139115	0,119390	0,150838	268,3	25/12/1996	10,6	332,9	
	19887	98,154089	1,845911	0,000946	97,838496	98,160024	6,738240	0,148407	0,126738	0,161332	273,9	25/12/1996	5,6	322,3	
	19936	98,400790	1,599210	0,000881	98,105927	98,405582	5,837694	0,171301	0,144633	0,187349	282	25/12/1996	8,1	316,7	
	20055	98,993040	1,006960	0,000701	98,756941	98,995442	3,675766	0,272052	0,220380	0,304270	313	25/12/1996	31	308,6	
	20197	99,698884	0,301116	0,000385	99,568390	99,699279	1,099180	0,909769	0,634706	1,107498	400,6	25/12/1996	87,6	277,6	
	20191	99,674187	0,325813	0,000400	99,538493	99,674630	1,189336	0,840805	0,593589	1,016466	402,2	25/12/1996	1,6	190	
	20183	99,639613	0,360387	0,000421	99,496972	99,640129	1,315543	0,760143	0,544593	0,911119	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20172	99,590225	0,409775	0,000449	99,438232	99,590850	1,495828	0,668526	0,487649	0,793020	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20163	99,550706	0,449294	0,000470	99,391644	99,551424	1,640085	0,609725	0,450305	0,718141	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20155	99,516121	0,483879	0,000488	99,351133	99,516923	1,766333	0,566145	0,422190	0,663133	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20146	99,476595	0,523405	0,000507	99,305098	99,477497	1,910617	0,523391	0,394222	0,609588	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20136	99,432127	0,567873	0,000528	99,253609	99,433146	2,072942	0,482406	0,367027	0,558664	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20126	99,387654	0,612346	0,000548	99,202398	99,388796	2,235282	0,447371	0,343461	0,515461	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20117	99,348116	0,651884	0,000566	99,157081	99,349369	2,379612	0,420237	0,324996	0,482216	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20109	99,313512	0,686488	0,000580	99,117570	99,314867	2,505927	0,399054	0,310445	0,456398	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20102	99,283845	0,716155	0,000593	99,083798	99,285287	2,614226	0,382522	0,299001	0,436334	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20095	99,254174	0,745826	0,000605	99,050112	99,255707	2,722535	0,367305	0,288398	0,417931	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20087	99,219560	0,780440	0,000618	99,010921	99,221201	2,848886	0,351014	0,276970	0,398303	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20078	99,180004	0,819996	0,000634	98,966265	99,181771	2,993281	0,334082	0,265006	0,377982	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20070	99,145384	0,854616	0,000647	98,927288	99,147264	3,119658	0,320548	0,255377	0,361802	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	20061	99,105820	0,894180	0,000662	98,882861	99,107831	3,264081	0,306365	0,245221	0,344905	402,2	25/12/1996	0	188,4	
	23893	99,248152	0,751848	0,000557	99,060279	99,249575	2,740945	0,364838	0,291898	0,410766	531	25/12/1996	128,8	188,4	
	23884	99,219010	0,780990	0,000567	99,027607	99,220516	2,847185	0,351224	0,282090	0,394601	531	25/12/1996	0	59,6	
	23876	99,194017	0,805983	0,000576	98,999642	99,195597	2,938296	0,340333	0,274205	0,381705	531	25/12/1996	0	59,6	
	23869	99,173176	0,826824	0,000584	98,976358	99,174817	3,014276	0,331755	0,267967	0,371570	531	25/12/1996	0	59,6	
	23862	99,152331	0,847669	0,000591	98,953102	99,154034	3,090268	0,323597	0,262015	0,361949	531	25/12/1996	0	59,6	
	23855	99,131483	0,868517	0,000598	98,929873	99,133249	3,166272	0,315829	0,256327	0,352807	531	25/12/1996	0	59,6	
	23848	99,110631	0,889369	0,000605	98,906672	99,112461	3,242290	0,308424	0,250888	0,344107	531	25/12/1996	0	59,6	
	23840	99,085619	0,914381	0,000614	98,878882	99,087527	3,333472	0,299988	0,244669	0,334213	531	25/12/1996	0	59,6	
	23832	99,060604	0,939396	0,000622	98,851128	99,062590	3,424669	0,291999	0,238758	0,324864	531	25/12/1996	0	59,6	
	23823	99,031427	0,968573	0,000631	98,818808	99,033506	3,531036	0,283203	0,232225	0,314591	531	25/12/1996	0	59,6	
	23814	99,002245	0,997755	0,000641	98,786533	99,004419	3,637421	0,274920	0,226049	0,304938	531	25/12/1996	0	59,6	

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$. %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		(Weibull) % $P(X \leq x)$												Hacia adelante (mm)
25/12/1996	23818	99,027108	0,972892	0,000633	98,814012	99,029201	3,546780	0,281946	0,231286	0,313127	536,4	25/12/1996	5,4	59,6
Pluviómetro:	23849	99,164241	0,835759	0,000587	98,966315	99,165909	3,046846	0,328208	0,265364	0,367399	576,4	25/12/1996	40	54,2
225	23866	99,243180	0,756820	0,000559	99,054600	99,244618	2,759065	0,362442	0,290145	0,407942	590,6	25/12/1996	14,2	14,2
ID del evento:	23858	99,218165	0,781835	0,000568	99,026558	99,219675	2,850260	0,350845	0,281787	0,394175	590,6	25/12/1996	0	0
42	23849	99,188987	0,811013	0,000578	98,993915	99,190582	2,956632	0,338223	0,272644	0,379231	590,6	25/12/1996	0	0
	23842	99,168122	0,831878	0,000586	98,970612	99,169779	3,032695	0,329740	0,266472	0,369213	590,6	25/12/1996	0	0
	23834	99,143095	0,856905	0,000594	98,942703	99,144827	3,123935	0,320109	0,259438	0,357862	590,6	25/12/1996	0	0
	23827	99,122223	0,877777	0,000602	98,919461	99,124019	3,200025	0,312498	0,253858	0,348910	590,6	25/12/1996	0	0
	23820	99,101348	0,898652	0,000609	98,896245	99,103208	3,276127	0,305238	0,248518	0,340387	590,6	25/12/1996	0	0
	23812	99,076309	0,923691	0,000617	98,868438	99,078247	3,367411	0,296964	0,242411	0,330691	590,6	25/12/1996	0	0
	23802	99,042943	0,957057	0,000628	98,831449	99,044986	3,489049	0,286611	0,234738	0,318585	590,6	25/12/1996	0	0
	23791	99,005410	0,994590	0,000640	98,789923	99,007575	3,625878	0,275795	0,226682	0,305972	590,6	25/12/1996	0	0
	23781	98,972033	1,027967	0,000651	98,753061	98,974307	3,747558	0,266840	0,219981	0,295556	590,6	25/12/1996	0	0
	23771	98,938650	1,061350	0,000661	98,716255	98,941036	3,869258	0,258447	0,213674	0,285815	590,6	25/12/1996	0	0
	23760	98,901099	1,098901	0,000673	98,674923	98,903612	4,006153	0,249616	0,207009	0,275589	590,6	25/12/1996	0	0
	23750	98,867705	1,132295	0,000683	98,638225	98,870333	4,127895	0,242254	0,201431	0,267084	590,6	25/12/1996	0	0
	23740	98,834305	1,165695	0,000693	98,601573	98,837050	4,249657	0,235313	0,196151	0,259080	590,6	25/12/1996	0	0
	23729	98,796736	1,203264	0,000704	98,560408	98,799614	4,386618	0,227966	0,190543	0,250626	590,6	25/12/1996	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada				E. Lluvia		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)
04/01/1997	18396	93,428136	6,571864	0,001766	92,867181	93,467594	19,520975	0,051227	0,047198	0,053567	5	04/01/1997	5	749
Pluviómetro:	17470	88,756795	11,243205	0,002252	88,077292	88,842871	33,394452	0,029945	0,028238	0,030965	5	04/01/1997	0	744
100	19272	97,946737	2,053263	0,001011	97,610048	97,953795	6,098176	0,163983	0,140882	0,177710	55	04/01/1997	50	744
ID del evento:	19227	97,752809	2,247191	0,001057	97,401562	97,760884	6,673699	0,149842	0,129587	0,161822	65	04/01/1997	10	694
44	19258	97,945275	2,054725	0,001012	97,608354	97,952343	6,101709	0,163889	0,140801	0,177607	81	04/01/1997	16	684
	19219	97,781735	2,218265	0,001051	97,432477	97,789658	6,586921	0,151816	0,131165	0,164039	89	04/01/1997	8	668
	19442	98,951547	1,048453	0,000727	98,707070	98,954138	3,113071	0,321226	0,260486	0,359075	132	04/01/1997	43	660
	19468	99,119189	0,880811	0,000667	98,894498	99,121186	2,615133	0,382390	0,304670	0,431596	154	04/01/1997	22	617
	19425	98,935520	1,064480	0,000732	98,689153	98,938171	3,160239	0,316432	0,256960	0,353444	154	04/01/1997	0	595
	19381	98,746625	1,253375	0,000794	98,480008	98,750009	3,720786	0,268760	0,221618	0,297708	154	04/01/1997	0	595
	19328	98,511723	1,488277	0,000864	98,222179	98,516097	4,417824	0,226356	0,189490	0,248707	154	04/01/1997	0	595
	19276	98,281752	1,718248	0,000928	97,971674	98,287173	5,100133	0,196073	0,166099	0,214074	154	04/01/1997	0	595
	19263	98,250536	1,749464	0,000936	97,937747	98,256105	5,192443	0,192588	0,163377	0,210111	167	04/01/1997	13	595
	19308	98,515230	1,484770	0,000864	98,225858	98,519592	4,406530	0,226936	0,189921	0,249383	180	04/01/1997	13	582
	19337	98,698448	1,301552	0,000810	98,426713	98,702032	3,862514	0,258899	0,214182	0,286281	197	04/01/1997	17	569
	19454	99,331121	0,668879	0,000582	99,134409	99,332445	1,984848	0,503817	0,389321	0,578400	243	04/01/1997	46	552
	19550	99,856982	0,143018	0,000270	99,765283	99,857114	0,424366	2,356458	1,435833	3,112994	345	04/01/1997	102	506
	19546	99,872260	0,127740	0,000255	99,785561	99,872371	0,379008	2,638466	1,571718	3,534994	363	04/01/1997	18	404
	19534	99,846657	0,153343	0,000280	99,751686	99,846803	0,454942	2,198082	1,357393	2,879809	363	04/01/1997	0	386
	19526	99,841489	0,158511	0,000284	99,744921	99,841642	0,470244	2,126558	1,321482	2,775359	373	04/01/1997	10	386
	19517	99,831202	0,168798	0,000294	99,731547	99,831371	0,500727	1,997094	1,255733	2,587614	379	04/01/1997	6	376
	19504	99,800440	0,199560	0,000319	99,692115	99,800657	0,591941	1,689357	1,094980	2,148783	379	04/01/1997	0	370
	19500	99,815725	0,184275	0,000307	99,711588	99,815917	0,546566	1,829604	1,168990	2,347528	398	04/01/1997	19	370
	19494	99,820779	0,179221	0,000303	99,718055	99,820964	0,531539	1,881331	1,195881	2,421465	413	04/01/1997	15	351
	19495	99,861694	0,138306	0,000266	99,771382	99,861820	0,410164	2,438052	1,474934	3,235166	444,5	04/01/1997	31,5	336
	19485	99,846272	0,153728	0,000280	99,751063	99,846419	0,455870	2,193607	1,354633	2,873945	444,5	04/01/1997	0	304,5
	19473	99,820586	0,179414	0,000303	99,717751	99,820771	0,532003	1,879687	1,194838	2,419349	444,5	04/01/1997	0	304,5
	19461	99,794882	0,205118	0,000324	99,684950	99,795108	0,608181	1,644247	1,070509	2,085767	444,5	04/01/1997	0	304,5
	19449	99,769160	0,230840	0,000344	99,652562	99,769430	0,684404	1,461126	0,970783	1,830988	444,5	04/01/1997	0	304,5
	19438	99,748550	0,251450	0,000359	99,626875	99,748857	0,745457	1,341459	0,904012	1,666841	444,5	04/01/1997	0	304,5
	19434	99,758739	0,241261	0,000351	99,639518	99,759028	0,715209	1,398193	0,935772	1,744494	456,5	04/01/1997	12	304,5
	19450	99,866502	0,133498	0,000262	99,777663	99,866621	0,395730	2,526976	1,517268	3,368922	489,5	04/01/1997	33	292,5
	19442	99,845933	0,154067	0,000281	99,750513	99,846080	0,456688	2,189680	1,352210	2,868799	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19434	99,825354	0,174646	0,000299	99,723783	99,825532	0,517666	1,931749	1,221402	2,494468	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19424	99,794492	0,205508	0,000325	99,684352	99,794719	0,609120	1,641712	1,068862	2,082552	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19415	99,768756	0,231244	0,000344	99,651956	99,769027	0,685375	1,459056	0,969410	1,828394	489,5	04/01/1997	0	259,5

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada de excedencia				E. Lluvia acumulada		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)
04/01/1997	19406	99,743010	0,256990	0,000363	99,619914	99,743327	0,761654	1,312932	0,887720	1,628184	489,5	04/01/1997	0	259,5
Pluviómetro:	19397	99,717253	0,282747	0,000381	99,588172	99,717619	0,837960	1,193375	0,819330	1,466550	489,5	04/01/1997	0	259,5
100	19386	99,681201	0,318799	0,000404	99,544198	99,681639	0,944767	1,058462	0,740314	1,286626	489,5	04/01/1997	0	259,5
ID del evento:	19376	99,650278	0,349722	0,000423	99,506836	99,650781	1,036369	0,964907	0,684254	1,163485	489,5	04/01/1997	0	259,5
44	19366	99,619342	0,380658	0,000442	99,469744	99,619913	1,128002	0,886524	0,636414	1,061390	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19356	99,588393	0,411607	0,000459	99,432889	99,589035	1,219665	0,819897	0,595079	0,975415	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19345	99,552285	0,447715	0,000479	99,390175	99,553014	1,326607	0,753803	0,553419	0,890886	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19334	99,516162	0,483838	0,000498	99,347714	99,516981	1,433585	0,697552	0,517414	0,819568	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19323	99,480025	0,519975	0,000516	99,305476	99,480937	1,540599	0,649098	0,485966	0,758614	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19312	99,443872	0,556128	0,000534	99,263438	99,444881	1,647649	0,606925	0,458248	0,705934	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19302	99,412855	0,587145	0,000548	99,227525	99,413950	1,739476	0,574886	0,436961	0,666152	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19292	99,381826	0,618174	0,000563	99,191731	99,383008	1,831333	0,546050	0,417626	0,630531	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19280	99,340478	0,659522	0,000581	99,144231	99,341781	1,953749	0,511836	0,394461	0,588493	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19267	99,293960	0,706040	0,000601	99,091031	99,295403	2,091472	0,478132	0,371388	0,547333	489,5	04/01/1997	0	259,5
	19274	99,350515	0,649485	0,000577	99,155698	99,351789	1,923865	0,519787	0,399849	0,598254	497,5	04/01/1997	8	259,5
	19275	99,376160	0,623840	0,000565	99,185133	99,377359	1,847831	0,541175	0,414309	0,624552	504	04/01/1997	6,5	251,5
	19278	99,412129	0,587871	0,000549	99,226571	99,413226	1,741223	0,574309	0,436523	0,665483	513	04/01/1997	9	245
	19316	99,628636	0,371364	0,000437	99,480657	99,629188	1,099904	0,909170	0,650116	1,090986	558	04/01/1997	45	236
	19383	99,994841	0,005159	0,000052	99,977302	99,994842	0,015279	65,449315	14,875437	176,713151	688	04/01/1997	130	191
	19378	99,989680	0,010320	0,000073	99,964873	99,989683	0,030563	32,719178	9,612395	72,049283	688	04/01/1997	0	61
	19372	99,979356	0,020644	0,000103	99,944271	99,979363	0,061136	16,356849	6,059175	30,259095	688	04/01/1997	0	61
	19365	99,963865	0,036135	0,000137	99,917453	99,963882	0,107007	9,345205	4,090851	15,348940	688	04/01/1997	0	61
	19357	99,943205	0,056795	0,000171	99,885031	99,943238	0,168182	5,945953	2,937300	8,992878	688	04/01/1997	0	61
	19351	99,932865	0,067135	0,000186	99,869620	99,932908	0,198793	5,030348	2,590205	7,401397	688	04/01/1997	0	61
	19346	99,922525	0,077475	0,000200	99,854588	99,922577	0,229406	4,359087	2,322519	6,271764	688	04/01/1997	0	61
	19340	99,907015	0,092985	0,000219	99,832600	99,907084	0,275322	3,632116	2,017516	5,086843	688	04/01/1997	0	61
	19335	99,896668	0,103332	0,000231	99,818227	99,896749	0,305951	3,268493	1,858044	4,510341	688	04/01/1997	0	61
	19330	99,886317	0,113683	0,000242	99,804048	99,886410	0,336589	2,970984	1,723643	4,047206	688	04/01/1997	0	61
	19325	99,875963	0,124037	0,000253	99,790036	99,876069	0,367234	2,723059	1,608661	3,667429	688	04/01/1997	0	61
	19320	99,865605	0,134395	0,000263	99,776170	99,865726	0,397887	2,513277	1,509051	3,350656	688	04/01/1997	0	61
	19315	99,855245	0,144755	0,000273	99,762433	99,855379	0,428547	2,333464	1,421837	3,082612	688	04/01/1997	0	61
	19310	99,844881	0,155119	0,000283	99,748812	99,845030	0,459216	2,177626	1,344774	2,853002	688	04/01/1997	0	61
	19305	99,834514	0,165486	0,000292	99,735295	99,834679	0,489892	2,041267	1,276139	2,654218	688	04/01/1997	0	61
	19300	99,824144	0,175856	0,000301	99,721871	99,824324	0,520576	1,920951	1,214583	2,480521	688	04/01/1997	0	61
	19295	99,813771	0,186229	0,000310	99,708533	99,813967	0,551267	1,814003	1,159034	2,327505	688	04/01/1997	0	61
	19290	99,803394	0,196606	0,000319	99,695272	99,803607	0,581966	1,718313	1,108631	2,191729	688	04/01/1997	0	61

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$	Límite superior para $P(X \leq x)$	Prob. observada de	Límite inferior para T	Límite superior para T	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)		
		(Weibull) % $P(X \leq x)$				Prob. De excedencia %							de excedencia convertida	T (a)
04/01/1997	19284	99,787840	0,212160	0,000331	99,675540	99,788078	0,627990	1,592382	1,041238	2,014715	688	04/01/1997	0	61
Pluviómetro:	19279	99,777456	0,222544	0,000339	99,662450	99,777712	0,658707	1,518127	1,000889	1,911269	688	04/01/1997	0	61
100	19274	99,767069	0,232931	0,000347	99,649419	99,767343	0,689431	1,450472	0,963714	1,817633	688	04/01/1997	0	61
ID del evento:	19269	99,756678	0,243322	0,000354	99,636442	99,756972	0,720163	1,388575	0,929344	1,732490	688	04/01/1997	0	61
44	19264	99,746285	0,253715	0,000362	99,623517	99,746597	0,750903	1,331731	0,897465	1,654749	688	04/01/1997	0	61
	19259	99,735888	0,264112	0,000369	99,610640	99,736220	0,781650	1,279345	0,867810	1,583495	688	04/01/1997	0	61
	19254	99,725488	0,274512	0,000377	99,597808	99,725840	0,812406	1,230912	0,840147	1,517959	688	04/01/1997	0	61
	19249	99,715085	0,284915	0,000384	99,585018	99,715457	0,843169	1,186002	0,814277	1,457487	688	04/01/1997	0	61
	19242	99,694316	0,305684	0,000397	99,559624	99,694729	0,904604	1,105456	0,767345	1,349749	688	04/01/1997	0	61
	19235	99,673541	0,326459	0,000411	99,534380	99,673997	0,966055	1,035138	0,725763	1,256487	688	04/01/1997	0	61
	19228	99,652760	0,347240	0,000423	99,509271	99,653260	1,027521	0,973216	0,688649	1,174995	688	04/01/1997	0	61
	19246	99,761559	0,238441	0,000351	99,642452	99,761844	0,705551	1,417332	0,945188	1,772173	749	04/01/1997	61	61
	19240	99,745969	0,254031	0,000362	99,623049	99,746282	0,751660	1,330389	0,896562	1,653081	749	04/01/1997	0	0
	19234	99,730374	0,269626	0,000373	99,603758	99,730717	0,797781	1,253477	0,852937	1,548591	749	04/01/1997	0	0
	19228	99,714775	0,285225	0,000384	99,584567	99,715147	0,843913	1,184956	0,813560	1,456201	749	04/01/1997	0	0
	19222	99,699170	0,300830	0,000394	99,565469	99,699574	0,890057	1,123524	0,777826	1,373947	749	04/01/1997	0	0
	19216	99,683561	0,316439	0,000405	99,546456	99,683996	0,936212	1,068134	0,745242	1,300265	749	04/01/1997	0	0
	19210	99,667946	0,332054	0,000414	99,527522	99,668414	0,982379	1,017937	0,715398	1,233894	749	04/01/1997	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	%											pluvio. Hacia adelante (mm)
06/01/1997	10097	61,744023	38,255977	0,003801	60,946146	62,238379	117,964561	0,008477	0,008304	0,008620	0	06/01/1997	0	944,5
Pluviómetro:	14677	90,020854	9,979146	0,002347	89,302387	90,100498	30,756940	0,032513	0,030329	0,033813	13	06/01/1997	13	944,5
153	15076	92,746847	7,253153	0,002034	92,105326	92,797016	22,344618	0,044754	0,041117	0,046887	30	06/01/1997	17	931,5
ID del evento:	14629	90,269036	9,730964	0,002328	89,554473	90,346066	30,012253	0,033320	0,031040	0,034675	30	06/01/1997	0	914,5
45	15666	96,961070	3,038930	0,001350	96,515856	96,975023	9,368270	0,106743	0,093103	0,114807	79	06/01/1997	49	914,5
	15729	97,647132	2,352868	0,001194	97,250617	97,656686	7,250262	0,137926	0,118034	0,149828	106	06/01/1997	27	865,5
	15650	97,453142	2,546858	0,001243	97,041206	97,463907	7,844719	0,127474	0,109727	0,138053	118	06/01/1997	12	838,5
	15678	97,926296	2,073704	0,001126	97,551306	97,934237	6,384279	0,156635	0,132648	0,171097	139	06/01/1997	21	826,5
	15822	99,129127	0,870873	0,000735	98,881247	99,131305	2,679996	0,373135	0,290460	0,426705	200	06/01/1997	61	805,5
	15812	99,371543	0,628457	0,000626	99,159873	99,372882	1,933058	0,517315	0,386977	0,604985	230	06/01/1997	30	744,5
	15736	99,199395	0,800605	0,000708	98,960739	99,201321	2,461371	0,406278	0,312980	0,467321	230	06/01/1997	0	714,5
	15654	98,988238	1,011762	0,000796	98,720392	98,990976	3,109029	0,321644	0,254318	0,364654	230	06/01/1997	0	714,5
	15577	98,807485	1,192515	0,000865	98,517041	98,810990	3,662663	0,273025	0,219552	0,306675	230	06/01/1997	0	714,5
	15524	98,778315	1,221685	0,000876	98,484013	98,781955	3,750803	0,266610	0,214852	0,299120	234,5	06/01/1997	4,5	714,5
	15521	99,068105	0,931895	0,000768	98,809531	99,070537	2,859673	0,349690	0,273737	0,398661	259,5	06/01/1997	25	710
	15473	99,071584	0,928416	0,000767	98,813075	99,074007	2,847573	0,351176	0,274691	0,400525	271	06/01/1997	11,5	685
	15445	99,203546	0,796454	0,000712	98,963257	99,205475	2,441735	0,409545	0,314623	0,471820	285,5	06/01/1997	14,5	673,5
	15441	99,490979	0,509021	0,000571	99,297742	99,491968	1,562365	0,640055	0,463934	0,762168	345,5	06/01/1997	60	659
	15413	99,625105	0,374895	0,000491	99,458671	99,625731	1,150106	0,869485	0,602158	1,063215	377	06/01/1997	31,5	599
	15385	99,760083	0,239917	0,000394	99,626458	99,760404	0,735647	1,359348	0,873076	1,738813	421	06/01/1997	44	567,5
	15347	99,830872	0,169128	0,000331	99,718381	99,831063	0,518324	1,929294	1,158648	2,571992	449,5	06/01/1997	28,5	523,5
	15296	99,817280	0,182720	0,000345	99,700193	99,817494	0,559693	1,786693	1,088915	2,360197	461,5	06/01/1997	12	495
	15250	99,836334	0,163666	0,000327	99,725310	99,836516	0,501071	1,995726	1,189098	2,673740	481	06/01/1997	19,5	483
	15195	99,796401	0,203599	0,000365	99,672447	99,796654	0,623004	1,605126	0,997708	2,094734	481	06/01/1997	0	463,5
	15156	99,861633	0,138367	0,000302	99,759182	99,861775	0,423177	2,363079	1,357759	3,239133	494	06/01/1997	13	463,5
	15108	99,867795	0,132205	0,000295	99,767480	99,867928	0,404813	2,470274	1,404538	3,408713	518,5	06/01/1997	24,5	450,5
	15067	99,920419	0,079581	0,000230	99,842401	99,920481	0,243550	4,105936	2,073332	6,120180	554	06/01/1997	35,5	426
	15016	99,906853	0,093147	0,000249	99,822327	99,906932	0,284918	3,509785	1,840041	5,103745	554	06/01/1997	0	390,5
	14964	99,886523	0,113477	0,000275	99,793103	99,886629	0,346919	2,882514	1,580980	4,070370	554	06/01/1997	0	390,5
	14912	99,866059	0,133941	0,000299	99,764431	99,866196	0,409262	2,443425	1,389287	3,371656	554	06/01/1997	0	390,5
	14859	99,838742	0,161258	0,000329	99,727093	99,838923	0,492467	2,030594	1,199854	2,734687	554	06/01/1997	0	390,5
	14812	99,818047	0,181953	0,000350	99,699310	99,818263	0,555399	1,800507	1,089521	2,389054	554	06/01/1997	0	390,5
	14771	99,817543	0,182457	0,000351	99,698478	99,817761	0,556685	1,796347	1,087007	2,383533	569	06/01/1997	15	390,5
	14742	99,898353	0,101647	0,000262	99,809253	99,898444	0,309988	3,225936	1,719062	4,641250	605,5	06/01/1997	36,5	375,5
	14699	99,877692	0,122308	0,000288	99,779853	99,877812	0,372829	2,682192	1,490152	3,756309	605,5	06/01/1997	0	339
	14653	99,836479	0,163521	0,000334	99,723266	99,836664	0,498237	2,007078	1,185975	2,703010	605,5	06/01/1997	0	339

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		P(X<=x). %	%										
06/01/1997	14610	99,808717	0,191283	0,000361	99,686158	99,808952	0,582569	1,716536	1,046210	2,267499	605,5	06/01/1997	0	339		
Pluviómetro:	14565	99,767107	0,232893	0,000399	99,631778	99,767423	0,708981	1,410475	0,892097	1,821231	605,5	06/01/1997	0	339		
153	14519	99,718407	0,281593	0,000439	99,569509	99,718827	0,856955	1,166923	0,763309	1,476310	605,5	06/01/1997	0	339		
ID del evento:	14474	99,676331	0,323669	0,000471	99,516583	99,676850	0,984562	1,015681	0,680044	1,267140	605,5	06/01/1997	0	339		
45	14430	99,640934	0,359066	0,000497	99,472541	99,641540	1,091809	0,915911	0,623504	1,131455	605,5	06/01/1997	0	339		
	14386	99,605345	0,394655	0,000522	99,428661	99,606045	1,199481	0,833694	0,575877	1,021053	605,5	06/01/1997	0	339		
	14342	99,569564	0,430436	0,000545	99,384894	99,570362	1,316846	0,759390	0,531402	0,922995	605,5	06/01/1997	0	339		
	14296	99,519666	0,480334	0,000577	99,324467	99,520608	1,468856	0,680802	0,484081	0,819802	605,5	06/01/1997	0	339		
	14250	99,469496	0,530504	0,000607	99,264233	99,470591	1,627361	0,614492	0,443062	0,734006	605,5	06/01/1997	0	339		
	14206	99,426092	0,573908	0,000632	99,212453	99,427325	1,779006	0,562112	0,409627	0,667339	605,5	06/01/1997	0	339		
	14160	99,368421	0,631579	0,000664	99,144202	99,369846	1,956988	0,510989	0,377110	0,602270	605,5	06/01/1997	0	339		
	14116	99,324514	0,675486	0,000687	99,092476	99,326093	2,092190	0,477968	0,355760	0,560620	605,5	06/01/1997	0	339		
	14069	99,259207	0,740793	0,000720	99,016125	99,261021	2,297800	0,435199	0,327676	0,507134	605,5	06/01/1997	0	339		
	14022	99,193548	0,806452	0,000752	98,939834	99,195611	2,523807	0,396227	0,301404	0,459061	605,5	06/01/1997	0	339		
	13973	99,113349	0,886651	0,000790	98,847283	99,115730	2,773725	0,360526	0,277311	0,415103	605,5	06/01/1997	0	339		
	13925	99,039829	0,960171	0,000822	98,762886	99,042514	3,002559	0,333049	0,258492	0,381546	605,5	06/01/1997	0	339		
	13924	99,301098	0,698902	0,000704	99,063563	99,302770	2,184694	0,457730	0,341623	0,536062	644	06/01/1997	38,5	339		
	13883	99,277746	0,722254	0,000716	99,036032	99,279504	2,282380	0,438139	0,328276	0,511988	655	06/01/1997	11	300,5		
	13842	99,254266	0,745734	0,000729	99,008408	99,256114	2,355716	0,424499	0,319248	0,495001	662,5	06/01/1997	7,5	289,5		
	13831	99,446362	0,553638	0,000629	99,233617	99,447546	1,755027	0,569792	0,411620	0,679877	700,5	06/01/1997	38	282		
	13869	99,992790	0,007210	0,000072	99,968279	99,992792	0,023068	43,350685	9,852977	117,046849	862,5	06/01/1997	162	244		
	13830	99,978313	0,021687	0,000125	99,935753	99,978322	0,069365	14,416438	4,866434	28,565084	862,5	06/01/1997	0	82		
	13791	99,963758	0,036242	0,000162	99,908678	99,963778	0,115880	8,629589	3,424773	15,189396	862,5	06/01/1997	0	82		
	13752	99,949124	0,050876	0,000192	99,883792	99,949157	0,162936	6,137378	2,686947	10,080026	862,5	06/01/1997	0	82		
	13713	99,927130	0,072870	0,000230	99,848864	99,927187	0,233301	4,286301	2,066645	6,589806	862,5	06/01/1997	0	82		
	13674	99,905019	0,094981	0,000263	99,815578	99,905104	0,304596	3,283035	1,690820	4,830291	862,5	06/01/1997	0	82		
	13639	99,882827	0,117173	0,000293	99,783401	99,882943	0,375659	2,661986	1,440050	3,792709	862,5	06/01/1997	0	82		
	13606	99,867880	0,132120	0,000311	99,762207	99,868020	0,423461	2,361492	1,312064	3,307136	862,5	06/01/1997	0	82		
	13573	99,852865	0,147135	0,000329	99,741247	99,853030	0,472400	2,116849	1,203703	2,920968	862,5	06/01/1997	0	82		
	13540	99,837782	0,162218	0,000346	99,720475	99,837973	0,520685	1,920548	1,114559	2,616095	862,5	06/01/1997	0	82		
	13507	99,822630	0,177370	0,000362	99,699853	99,822848	0,569164	1,756963	1,038271	2,366131	862,5	06/01/1997	0	82		
	13474	99,807407	0,192593	0,000377	99,679354	99,807655	0,617839	1,618546	0,972161	2,157665	862,5	06/01/1997	0	82		
	13441	99,792115	0,207885	0,000392	99,658952	99,792393	0,666710	1,499902	0,914262	1,981292	862,5	06/01/1997	0	82		
	13408	99,776752	0,223248	0,000407	99,638630	99,777062	0,715780	1,397078	0,863087	1,830229	862,5	06/01/1997	0	82		
	13374	99,753860	0,246140	0,000428	99,608711	99,754218	0,790562	1,264923	0,795698	1,638807	862,5	06/01/1997	0	82		
	13341	99,738337	0,261663	0,000442	99,588543	99,738730	0,840184	1,190215	0,756907	1,531792	862,5	06/01/1997	0	82		

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$. %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		(Weibull) % $P(X \leq x)$												Hacia adelante (mm)
06/01/1997	13307	99,715249	0,284751	0,000461	99,558859	99,715696	0,915935	1,091781	0,704730	1,392451	862,5	06/01/1997	0	82
Pluviómetro:	13274	99,699564	0,300436	0,000474	99,538775	99,700049	0,968106	1,032945	0,672847	1,310187	862,5	06/01/1997	0	82
153	13241	99,683806	0,316194	0,000487	99,518701	99,684330	1,018605	0,981735	0,644960	1,238862	862,5	06/01/1997	0	82
ID del evento:	13208	99,667975	0,332025	0,000500	99,498629	99,668539	1,069312	0,935181	0,619309	1,174464	862,5	06/01/1997	0	82
45	13175	99,644532	0,355468	0,000518	99,469173	99,645157	1,144506	0,873739	0,585100	1,090024	862,5	06/01/1997	0	82
	13143	99,628563	0,371437	0,000530	99,449148	99,629232	1,195601	0,836399	0,563980	1,039155	862,5	06/01/1997	0	82
	13112	99,612550	0,387450	0,000542	99,429151	99,613264	1,249329	0,800430	0,543272	0,990608	862,5	06/01/1997	0	82
	13081	99,596467	0,403533	0,000553	99,409139	99,597226	1,300854	0,768726	0,525007	0,947877	862,5	06/01/1997	0	82
	13050	99,580313	0,419687	0,000565	99,389108	99,581119	1,366669	0,731706	0,502687	0,899088	862,5	06/01/1997	0	82
	13017	99,548792	0,451208	0,000586	99,350410	99,549691	1,468963	0,680752	0,472854	0,831083	862,5	06/01/1997	0	82
	12983	99,509466	0,490534	0,000612	99,302513	99,510486	1,596610	0,626327	0,440488	0,759100	862,5	06/01/1997	0	82
	12949	99,462324	0,537676	0,000641	99,245576	99,463496	1,749640	0,571546	0,407339	0,687370	862,5	06/01/1997	0	82
	12923	99,476561	0,523439	0,000633	99,262425	99,477687	1,702916	0,587228	0,416742	0,707976	868,5	06/01/1997	6	82
	12913	99,614287	0,385713	0,000544	99,429888	99,615001	1,254554	0,797096	0,539281	0,988368	932,5	06/01/1997	64	76
	12883	99,597990	0,402010	0,000556	99,409579	99,598750	1,307253	0,764963	0,520853	0,944945	944,5	06/01/1997	12	12
	12851	99,566127	0,433873	0,000579	99,370273	99,566980	1,422507	0,702984	0,484347	0,862342	944,5	06/01/1997	0	0
	12820	99,541890	0,458110	0,000595	99,340495	99,542817	1,501639	0,665939	0,462579	0,812993	944,5	06/01/1997	0	0
	12789	99,517547	0,482453	0,000611	99,310722	99,518550	1,581080	0,632479	0,442697	0,768707	944,5	06/01/1997	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Límite superior		Prob. observada de excedencia		Límite superior		E. Lluvia acumulada		Lluvia acumulada del evento	
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	para P(X<=x) %	convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Hacia adelante (mm)
30/01/2010	12840	78,517703	21,482297	0,003212	77,660300	78,752287	66,241928	0,015096	0,014517	0,015480	0	30/01/2010	0	756,9
Pluviómetro:	11595	71,117517	28,882483	0,003550	70,259241	71,466083	89,019318	0,011234	0,010909	0,011468	0	30/01/2010	0	756,9
153	10581	65,093817	34,906183	0,003739	64,266333	65,537551	107,534659	0,009299	0,009084	0,009469	0	30/01/2010	0	756,9
ID del evento:	9719	59,971615	40,028385	0,003849	59,186819	60,495432	123,455602	0,008100	0,007944	0,008232	0	30/01/2010	0	756,9
45	14592	90,313796	9,686204	0,002327	89,599267	90,390430	29,860167	0,033489	0,031189	0,034857	37	30/01/2010	37	756,9
	14689	91,190713	8,809287	0,002233	90,498295	91,257602	27,145440	0,036839	0,034154	0,038426	46	30/01/2010	9	719,9
	14528	90,466405	9,533595	0,002318	89,753564	90,541526	29,364950	0,034054	0,031685	0,035462	49	30/01/2010	3	710,9
	14538	90,805746	9,194254	0,002284	90,100688	90,877135	28,306201	0,035328	0,032812	0,036820	56,8	30/01/2010	7,8	707,9
	14286	89,505670	10,494330	0,002426	88,767399	89,592231	32,294913	0,030965	0,028929	0,032182	56,8	30/01/2010	0	700,1
	14034	88,197587	11,802413	0,002558	87,430577	88,300226	36,302828	0,027546	0,025865	0,028561	56,8	30/01/2010	0	700,1
	13778	86,856206	13,143794	0,002683	86,063957	86,976096	40,409122	0,024747	0,023340	0,025606	56,8	30/01/2010	0	700,1
	13521	85,500190	14,499810	0,002800	84,686229	85,638228	44,556271	0,022444	0,021251	0,023180	56,8	30/01/2010	0	700,1
	13254	84,072312	15,927688	0,002915	83,239204	84,230146	48,919936	0,020442	0,019426	0,021077	56,8	30/01/2010	0	700,1
	12990	82,654619	17,345381	0,003020	81,805802	82,832747	53,253586	0,018778	0,017902	0,019334	56,8	30/01/2010	0	700,1
	12736	81,291887	18,708113	0,003116	80,430724	81,490071	57,408908	0,017419	0,016652	0,017912	56,8	30/01/2010	0	700,1
	12479	79,901396	20,098604	0,003207	79,030242	80,120528	61,645055	0,016222	0,015548	0,016662	56,8	30/01/2010	0	700,1
	12446	79,940908	20,059092	0,003209	79,068596	80,159792	61,496278	0,016261	0,015583	0,016703	60,3	30/01/2010	3,5	700,1
	13428	86,520619	13,479381	0,002741	85,714198	86,646254	41,372995	0,024170	0,022806	0,025006	88,3	30/01/2010	28	696,6
	14112	91,215823	8,784177	0,002276	90,510010	91,283794	26,948172	0,037108	0,034348	0,038743	125,3	30/01/2010	37	668,6
	13974	90,610816	9,389184	0,002349	89,887202	90,685797	28,789628	0,034735	0,032249	0,036212	125,3	30/01/2010	0	631,6
	14167	92,155077	7,844923	0,002169	91,475581	92,212921	24,042274	0,041593	0,038278	0,043548	146,3	30/01/2010	21	631,6
	14043	91,640564	8,359436	0,002236	90,943894	91,704114	25,605969	0,039053	0,036049	0,040829	146,3	30/01/2010	0	610,6
	13913	91,083470	8,916530	0,002306	90,369368	91,153376	27,298336	0,036632	0,033916	0,038243	146,3	30/01/2010	0	610,6
	14083	92,493104	7,506896	0,002136	91,821529	92,547610	22,970763	0,043534	0,039959	0,045639	169,1	30/01/2010	22,8	610,6
	14204	93,588983	6,411017	0,001988	92,956279	93,632325	19,607188	0,051002	0,046420	0,053691	195,1	30/01/2010	26	587,8
	14121	93,343469	6,656531	0,002027	92,700260	93,389338	20,382355	0,049062	0,044739	0,051601	197,6	30/01/2010	2,5	561,8
	14493	96,113801	3,886199	0,001574	95,599463	96,134597	11,893350	0,084081	0,074253	0,089870	250,1	30/01/2010	52,5	559,3
	14405	95,841650	4,158350	0,001628	95,311003	95,864674	12,719543	0,078619	0,069722	0,083853	250,1	30/01/2010	0	506,8
	14317	95,567719	4,432281	0,001682	95,021328	95,593060	13,550263	0,073799	0,065700	0,078559	250,1	30/01/2010	0	506,8
	14228	95,285293	4,714707	0,001735	94,723340	95,313099	14,406010	0,069415	0,062023	0,073757	250,1	30/01/2010	0	506,8
	14214	95,504939	4,495061	0,001698	94,953427	95,530896	13,727513	0,072846	0,064885	0,077526	260,1	30/01/2010	10	506,8
	14323	96,522677	3,477323	0,001504	96,029096	96,540458	10,614292	0,094213	0,082502	0,101140	295,1	30/01/2010	35	496,8
	14303	96,654953	3,345047	0,001478	96,169185	96,671765	10,205897	0,097983	0,085558	0,105343	304,6	30/01/2010	9,5	461,8
	14269	96,693095	3,306905	0,001472	96,209147	96,709646	10,084928	0,099158	0,086499	0,106662	309,6	30/01/2010	5	452,3
	14198	96,473466	3,526534	0,001520	95,974731	96,491697	10,749915	0,093024	0,081498	0,099842	309,6	30/01/2010	0	447,3
	14221	96,893098	3,106902	0,001432	96,421276	96,908227	9,466500	0,105636	0,091709	0,113914	339,6	30/01/2010	30	447,3

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %			Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)				
30/01/2010	14300	97,690941	2,309059	0,001241	97,278605	97,700688	7,032435	0,142198	0,120653	0,155195	382,6	30/01/2010	43	417,3
Pluviómetro:	14373	98,451949	1,548051	0,001022	98,109921	98,457327	4,712637	0,212195	0,173797	0,236005	428,6	30/01/2010	46	374,3
153	14500	99,587912	0,412088	0,000531	99,408142	99,588656	1,254080	0,797397	0,555197	0,972046	569,6	30/01/2010	141	328,3
ID del evento:	14476	99,690104	0,309896	0,000461	99,533760	99,690590	0,942665	1,060822	0,705097	1,329249	607,1	30/01/2010	37,5	187,3
45	14477	99,965474	0,034526	0,000154	99,913003	99,965493	0,104982	9,525479	3,780265	16,766350	688,6	30/01/2010	81,5	149,8
	14440	99,979229	0,020771	0,000120	99,938466	99,979237	0,063131	15,840183	5,346992	31,386173	694,1	30/01/2010	5,5	68,3
	14397	99,951402	0,048598	0,000184	99,888994	99,951433	0,148676	6,726027	2,944604	11,046866	694,1	30/01/2010	0	62,8
	14353	99,916464	0,083536	0,000241	99,834573	99,916532	0,255453	3,914612	1,976777	5,834963	694,1	30/01/2010	0	62,8
	14321	99,965098	0,034902	0,000156	99,912056	99,965117	0,107063	9,340274	3,706777	16,440348	719,1	30/01/2010	25	62,8
	14285	99,979003	0,020997	0,000121	99,937799	99,979012	0,065086	15,364384	5,186392	30,443401	720,1	30/01/2010	1	37,8
	14243	99,950877	0,049123	0,000186	99,887795	99,950908	0,152210	6,569863	2,876249	10,790371	720,1	30/01/2010	0	36,8
	14200	99,915564	0,084436	0,000244	99,832793	99,915634	0,261524	3,823744	1,930904	5,699512	720,1	30/01/2010	0	36,8
	14171	99,978834	0,021166	0,000122	99,937298	99,978843	0,065651	15,231963	5,141700	30,181012	733,6	30/01/2010	13,5	36,8
	14128	99,943407	0,056593	0,000200	99,875433	99,943445	0,177109	5,646233	2,565183	9,039009	733,6	30/01/2010	0	23,3
	14085	99,907788	0,092212	0,000256	99,820951	99,907868	0,288467	3,466596	1,785323	5,100384	733,6	30/01/2010	0	23,3
	14039	99,850640	0,149360	0,000326	99,740068	99,850806	0,467065	2,141031	1,230261	2,934725	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13994	99,800314	0,199686	0,000377	99,672387	99,800570	0,624198	1,602055	0,976482	2,116251	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13949	99,749714	0,250286	0,000423	99,606408	99,750074	0,790924	1,264344	0,803999	1,627215	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13904	99,698838	0,301162	0,000464	99,541547	99,699314	0,951347	1,051142	0,690504	1,326467	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13858	99,640495	0,359505	0,000508	99,468558	99,641115	1,139628	0,877479	0,593590	1,088068	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13814	99,596251	0,403749	0,000538	99,413913	99,596990	1,291790	0,774119	0,533283	0,949629	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13770	99,544567	0,455433	0,000573	99,350803	99,545454	1,456670	0,686497	0,481600	0,833201	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13725	99,485358	0,514642	0,000609	99,279291	99,486424	1,645501	0,607718	0,433957	0,730015	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13682	99,440366	0,559634	0,000636	99,225337	99,441576	1,792296	0,557943	0,403071	0,665737	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13639	99,387889	0,612111	0,000666	99,162887	99,389275	1,959732	0,510274	0,373121	0,604636	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13596	99,335136	0,664864	0,000695	99,100517	99,336706	2,132174	0,469005	0,346671	0,552310	733,6	30/01/2010	0	23,3
	13581	99,458074	0,541926	0,000628	99,245613	99,459232	1,737424	0,575565	0,413466	0,689004	756,9	30/01/2010	23,3	23,3
	13544	99,412801	0,587199	0,000655	99,191543	99,414108	1,882050	0,531336	0,385920	0,632031	756,9	30/01/2010	0	0
	13506	99,359965	0,640035	0,000684	99,128888	99,361453	2,054941	0,486632	0,357545	0,575044	756,9	30/01/2010	0	0
	13468	99,306887	0,693113	0,000712	99,066338	99,308566	2,224744	0,449490	0,333683	0,528034	756,9	30/01/2010	0	0
	13428	99,238785	0,761215	0,000747	98,986666	99,240719	2,442661	0,409390	0,307533	0,477706	756,9	30/01/2010	0	0
	13390	99,185185	0,814815	0,000774	98,924253	99,187329	2,613932	0,382565	0,289771	0,444324	756,9	30/01/2010	0	0
	13352	99,131339	0,868661	0,000800	98,861832	99,133700	2,785896	0,358951	0,273955	0,415122	756,9	30/01/2010	0	0
	13315	99,084685	0,915315	0,000822	98,807913	99,087242	2,934697	0,340751	0,261637	0,392745	756,9	30/01/2010	0	0
	13279	99,045275	0,954725	0,000840	98,762449	99,048001	3,066422	0,326113	0,251584	0,374882	756,9	30/01/2010	0	0
	13244	99,013158	0,986842	0,000855	98,725421	99,016026	3,168695	0,315587	0,244343	0,362054	756,9	30/01/2010	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$. %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		(Weibull) % $P(X \leq x)$												Hacia adelante (mm)
30/01/2010	13208	98,973398	1,026602	0,000873	98,679759	98,976444	3,302186	0,302830	0,235476	0,346588	756,9	30/01/2010	0	0
Pluviómetro:	13172	98,933454	1,066546	0,000890	98,633989	98,936682	3,436775	0,290970	0,227182	0,332260	756,9	30/01/2010	0	0
153	13136	98,893322	1,106678	0,000908	98,588106	98,896738	3,565116	0,280496	0,219860	0,319608	756,9	30/01/2010	0	0
ID del evento:	13099	98,845457	1,154543	0,000928	98,533572	98,849100	3,718290	0,268941	0,211742	0,305691	756,9	30/01/2010	0	0
45	13063	98,797459	1,202541	0,000948	98,479028	98,801335	3,871839	0,258275	0,204203	0,292887	756,9	30/01/2010	0	0
	13026	98,741662	1,258338	0,000971	98,415833	98,745814	4,050404	0,246889	0,196109	0,279260	756,9	30/01/2010	0	0
	12988	98,670516	1,329484	0,000998	98,335596	98,675029	4,286913	0,233268	0,186329	0,263046	756,9	30/01/2010	0	0
	12952	98,614284	1,385716	0,001020	98,272270	98,619089	4,467084	0,223860	0,179545	0,251874	756,9	30/01/2010	0	0
	12918	98,573064	1,426936	0,001036	98,225834	98,578090	4,646674	0,215208	0,173088	0,241771	756,9	30/01/2010	0	0
	12884	98,531661	1,468339	0,001052	98,179262	98,536913	4,780355	0,209189	0,168701	0,234666	756,9	30/01/2010	0	0
	12851	98,497739	1,502261	0,001065	98,141081	98,503179	4,889618	0,204515	0,165276	0,229163	756,9	30/01/2010	0	0
	12819	98,463784	1,536216	0,001078	98,102916	98,469414	4,998973	0,200041	0,161989	0,223903	756,9	30/01/2010	0	0
	12787	98,429682	1,570318	0,001091	98,064628	98,435506	5,108748	0,195743	0,158821	0,218858	756,9	30/01/2010	0	0
	12755	98,395433	1,604567	0,001104	98,026214	98,401454	5,218945	0,191610	0,155767	0,214014	756,9	30/01/2010	0	0
	12723	98,361036	1,638964	0,001116	97,987672	98,367257	5,329568	0,187632	0,152819	0,209360	756,9	30/01/2010	0	0
	12690	98,318742	1,681258	0,001132	97,940426	98,325211	5,512214	0,181415	0,148092	0,202175	756,9	30/01/2010	0	0
	12657	98,276264	1,723736	0,001147	97,893031	98,282985	5,650234	0,176984	0,144793	0,197003	756,9	30/01/2010	0	0
	12624	98,233600	1,766400	0,001162	97,845484	98,240579	5,788793	0,172748	0,141629	0,192067	756,9	30/01/2010	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	%											pluvio. Hacia adelante (mm)
02/01/1997	24083	99,532981	0,467019	0,000438	99,384649	99,533677	1,702580	0,587344	0,445763	0,681056	46	02/01/1997	46	778,6
Pluviómetro:	24163	99,871869	0,128131	0,000230	99,793774	99,871969	0,467118	2,140787	1,330096	2,794025	105	02/01/1997	59	732,6
8	24121	99,706515	0,293485	0,000348	99,588610	99,706862	1,069939	0,934632	0,666766	1,122924	106	02/01/1997	1	673,6
ID del evento:	24109	99,665151	0,334849	0,000371	99,539285	99,665574	1,220736	0,819178	0,595381	0,973656	125	02/01/1997	19	672,6
49	24132	99,768480	0,231520	0,000309	99,663654	99,768723	0,844035	1,184785	0,815531	1,453629	163	02/01/1997	38	653,6
	24140	99,809807	0,190193	0,000280	99,714733	99,809988	0,693372	1,442228	0,961560	1,803387	188	02/01/1997	25	615,6
	24119	99,731227	0,268773	0,000333	99,618335	99,731531	0,979846	1,020569	0,718697	1,235480	188	02/01/1997	0	590,6
	24099	99,656769	0,343231	0,000376	99,529333	99,657208	1,251291	0,799175	0,582792	0,948047	188	02/01/1997	0	590,6
	24073	99,557486	0,442514	0,000427	99,412997	99,558128	1,613243	0,619869	0,467291	0,721518	188	02/01/1997	0	590,6
	24049	99,466457	0,533543	0,000469	99,308013	99,467307	1,945099	0,514113	0,396396	0,590859	189,2	02/01/1997	1,2	590,6
	24066	99,545003	0,454997	0,000433	99,398506	99,545673	1,658748	0,602864	0,456033	0,700361	210,2	02/01/1997	21	589,4
	24076	99,594606	0,405394	0,000409	99,456215	99,595169	1,477916	0,676628	0,504430	0,792590	228,2	02/01/1997	18	568,4
	24100	99,702135	0,297865	0,000351	99,583312	99,702490	1,085906	0,920890	0,658290	1,105117	250,2	02/01/1997	22	550,4
	24134	99,851055	0,148945	0,000248	99,766840	99,851181	0,542998	1,841629	1,176449	2,363045	313,2	02/01/1997	63	528,4
	24151	99,929659	0,070341	0,000171	99,871714	99,929700	0,256437	3,899597	2,138209	5,506910	355,2	02/01/1997	42	465,4
	24154	99,950343	0,049657	0,000143	99,901641	99,950368	0,181029	5,523973	2,788780	8,234233	399,2	02/01/1997	44	423,4
	24163	99,995862	0,004138	0,000041	99,981792	99,995862	0,015087	66,282192	15,064616	178,961918	448,2	02/01/1997	49	379,4
	24161	99,995861	0,004139	0,000041	99,981790	99,995862	0,015088	66,276712	15,063371	178,947123	458,2	02/01/1997	10	330,4
	24159	99,995861	0,004139	0,000041	99,981789	99,995862	0,015090	66,271233	15,062126	178,932329	470,2	02/01/1997	12	320,4
	24154	99,983442	0,016558	0,000083	99,955301	99,983447	0,060363	16,566438	6,136598	30,647037	470,2	02/01/1997	0	308,4
	24153	99,987581	0,012419	0,000072	99,963206	99,987584	0,045276	22,086758	7,455028	43,763913	485,5	02/01/1997	15,3	308,4
	24152	99,991720	0,008280	0,000059	99,971815	99,991721	0,030186	33,127397	9,732148	72,948405	512,5	02/01/1997	27	293,1
	24151	99,995860	0,004140	0,000041	99,981783	99,995860	0,015094	66,249315	15,057144	178,873151	557,5	02/01/1997	45	266,1
	24148	99,991718	0,008282	0,000059	99,971810	99,991720	0,030191	33,121918	9,730538	72,936339	557,5	02/01/1997	0	221,1
	24144	99,983435	0,016565	0,000083	99,955282	99,983440	0,060388	16,559589	6,134061	30,634365	557,5	02/01/1997	0	221,1
	24144	99,991717	0,008283	0,000059	99,971806	99,991719	0,030196	33,116438	9,728929	72,924273	579,5	02/01/1997	22	221,1
	24140	99,983433	0,016567	0,000083	99,955275	99,983437	0,060398	16,556849	6,133046	30,629297	579,5	02/01/1997	0	199,1
	24135	99,971005	0,028995	0,000110	99,933759	99,971016	0,105705	9,460274	4,140985	15,538119	579,5	02/01/1997	0	199,1
	24135	99,979287	0,020713	0,000093	99,947803	99,979294	0,075510	13,243288	5,255095	23,310837	596,5	02/01/1997	17	199,1
	24132	99,975143	0,024857	0,000101	99,940652	99,975152	0,090619	11,035160	4,621949	18,693011	606,5	02/01/1997	10	182,1
	24127	99,962711	0,037289	0,000124	99,920474	99,962727	0,135940	7,356164	3,449189	11,523967	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24124	99,958565	0,041435	0,000131	99,914041	99,958583	0,151057	6,620000	3,191087	10,178164	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24120	99,950273	0,049727	0,000144	99,901503	99,950298	0,181284	5,516210	2,784862	8,222661	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24116	99,941981	0,058019	0,000155	99,889304	99,942012	0,211515	4,727789	2,477985	6,875253	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24112	99,933687	0,066313	0,000166	99,877376	99,933724	0,241752	4,136473	2,236932	5,893927	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24107	99,921247	0,078753	0,000181	99,859889	99,921295	0,287104	3,483057	1,957754	4,840966	606,5	02/01/1997	0	172,1

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%											pluvio. Hacia adelante (mm)
02/01/1997	24099	99,896369	0,103631	0,000207	99,826008	99,896442	0,377800	2,646904	1,576517	3,546404	606,5	02/01/1997	0	172,1
Pluviómetro:	24090	99,867341	0,132659	0,000234	99,787765	99,867447	0,483624	2,067723	1,292442	2,688716	606,5	02/01/1997	0	172,1
8	24085	99,854892	0,145108	0,000245	99,771678	99,855013	0,529007	1,890333	1,201381	2,433141	606,5	02/01/1997	0	172,1
ID del evento:	24079	99,838295	0,161705	0,000259	99,750469	99,838437	0,589514	1,696312	1,099269	2,157714	606,5	02/01/1997	0	172,1
49	24073	99,821695	0,178305	0,000272	99,729490	99,821860	0,650031	1,538388	1,014019	1,936864	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24065	99,796799	0,203201	0,000290	99,698399	99,796999	0,740794	1,349902	0,909488	1,677409	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24059	99,780192	0,219808	0,000302	99,677873	99,780418	0,801334	1,247919	0,851533	1,539010	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24054	99,767731	0,232269	0,000310	99,662567	99,767976	0,846763	1,180969	0,812907	1,448946	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24047	99,746972	0,253028	0,000324	99,637238	99,747250	0,922443	1,084078	0,756149	1,319748	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24038	99,717913	0,282087	0,000342	99,602094	99,718240	1,028382	0,972401	0,689365	1,172588	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24030	99,692997	0,307003	0,000356	99,572212	99,693369	1,119214	0,893484	0,641211	1,069787	606,5	02/01/1997	0	172,1
	24035	99,722015	0,277985	0,000339	99,607025	99,722335	1,013427	0,986751	0,698015	1,191407	620,5	02/01/1997	14	172,1
	24032	99,717842	0,282158	0,000342	99,601995	99,718170	1,028638	0,972160	0,689194	1,172297	628,5	02/01/1997	8	158,1
	24029	99,713669	0,286331	0,000344	99,596971	99,714004	1,043851	0,957991	0,680602	1,153773	638,5	02/01/1997	10	150,1
	24023	99,697045	0,302955	0,000354	99,577032	99,697410	1,104456	0,905423	0,648518	1,085306	651,5	02/01/1997	13	140,1
	24071	99,904541	0,095459	0,000199	99,836960	99,904605	0,348008	2,873496	1,682425	3,891612	706,5	02/01/1997	55	127,1
	24065	99,887930	0,112070	0,000216	99,814720	99,888012	0,408565	2,447590	1,480477	3,247924	719	02/01/1997	12,5	72,1
	24058	99,867165	0,132835	0,000235	99,787483	99,867271	0,484266	2,064983	1,290730	2,685153	719	02/01/1997	0	59,6
	24052	99,850548	0,149452	0,000249	99,766047	99,850674	0,544844	1,835388	1,172466	2,355037	719	02/01/1997	0	59,6
	24046	99,833928	0,166072	0,000262	99,744871	99,834077	0,605432	1,651712	1,075152	2,095322	719	02/01/1997	0	59,6
	24039	99,813154	0,186846	0,000278	99,718716	99,813331	0,681168	1,468067	0,975179	1,839766	719	02/01/1997	0	59,6
	24033	99,796529	0,203471	0,000290	99,697999	99,796729	0,741778	1,348113	0,908283	1,675185	719	02/01/1997	0	59,6
	24027	99,779900	0,220100	0,000302	99,677445	99,780126	0,802397	1,246265	0,850406	1,536970	719	02/01/1997	0	59,6
	24021	99,763269	0,236731	0,000313	99,657036	99,763521	0,863027	1,158712	0,799800	1,419316	719	02/01/1997	0	59,6
	24015	99,746636	0,253364	0,000324	99,636756	99,746915	0,923667	1,082641	0,755148	1,317998	719	02/01/1997	0	59,6
	24008	99,725845	0,274155	0,000337	99,611578	99,726159	0,999461	1,000540	0,706197	1,001687	719	02/01/1997	0	59,6
	24001	99,705052	0,294948	0,000350	99,586562	99,705402	1,075267	0,930002	0,663467	1,117359	719	02/01/1997	0	59,6
	23995	99,688409	0,311591	0,000359	99,566647	99,688789	1,135939	0,880329	0,632978	1,052871	719	02/01/1997	0	59,6
	23988	99,667608	0,332392	0,000371	99,541883	99,668028	1,211769	0,825240	0,598761	0,981832	719	02/01/1997	0	59,6
	23983	99,655115	0,344885	0,000378	99,527067	99,655558	1,257315	0,795346	0,580004	0,943504	719	02/01/1997	0	59,6
	23977	99,638464	0,361536	0,000387	99,507389	99,638940	1,318018	0,758715	0,556834	0,896751	719	02/01/1997	0	59,6
	23971	99,621810	0,378190	0,000396	99,487778	99,622319	1,378731	0,725305	0,535516	0,854318	719	02/01/1997	0	59,6
	23964	99,600998	0,399002	0,000406	99,463364	99,601549	1,454606	0,687471	0,511153	0,806516	719	02/01/1997	0	59,6
	23957	99,580181	0,419819	0,000417	99,439042	99,580776	1,530494	0,653384	0,488990	0,763678	719	02/01/1997	0	59,6
	23950	99,559361	0,440639	0,000427	99,414804	99,560001	1,606394	0,622512	0,468737	0,725076	719	02/01/1997	0	59,6
	23944	99,542696	0,457304	0,000435	99,395461	99,543372	1,667151	0,599826	0,453739	0,696830	719	02/01/1997	0	59,6

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	%											Hacia adelante (mm)
02/01/1997	23937	99,521869	0,478131	0,000445	99,371360	99,522592	1,743075	0,573699	0,436343	0,664429	719	02/01/1997	0	59,6
Pluviómetro:	23930	99,501040	0,498960	0,000454	99,347329	99,501810	1,819012	0,549749	0,420277	0,634852	719	02/01/1997	0	59,6
8	23924	99,484365	0,515635	0,000462	99,328139	99,485174	1,879802	0,531971	0,408273	0,612976	719	02/01/1997	0	59,6
ID del evento:	23916	99,459370	0,540630	0,000473	99,299456	99,460239	1,970924	0,507376	0,391557	0,582823	719	02/01/1997	0	59,6
49	23908	99,434370	0,565630	0,000484	99,270856	99,435300	2,062061	0,484952	0,376199	0,555446	719	02/01/1997	0	59,6
	23901	99,413526	0,586474	0,000492	99,247072	99,414508	2,138050	0,467716	0,364315	0,534482	719	02/01/1997	0	59,6
	23894	99,392679	0,607321	0,000501	99,223338	99,393714	2,214051	0,451661	0,353182	0,515014	719	02/01/1997	0	59,6
	23887	99,371828	0,628172	0,000510	99,199652	99,372916	2,290065	0,436669	0,342730	0,496891	719	02/01/1997	0	59,6
	23885	99,371776	0,628224	0,000510	99,199585	99,372864	2,290256	0,436632	0,342701	0,496849	724,4	02/01/1997	5,4	59,6
	23927	99,554797	0,445203	0,000429	99,409437	99,555447	1,623031	0,616131	0,464477	0,717166	764,4	02/01/1997	40	54,2
	23935	99,596372	0,403628	0,000409	99,457872	99,596933	1,471468	0,679593	0,505975	0,796663	778,6	02/01/1997	14,2	14,2
	23930	99,583854	0,416146	0,000415	99,443243	99,584441	1,517104	0,659151	0,492680	0,770975	778,6	02/01/1997	0	0
	23924	99,567172	0,432828	0,000424	99,423801	99,567795	1,577919	0,633746	0,476056	0,739164	778,6	02/01/1997	0	0
	23919	99,554649	0,445351	0,000430	99,409240	99,555300	1,623571	0,615926	0,464323	0,716927	778,6	02/01/1997	0	0
	23915	99,546287	0,453713	0,000434	99,399532	99,546956	1,654056	0,604575	0,456816	0,702796	778,6	02/01/1997	0	0
	23911	99,537924	0,462076	0,000438	99,389834	99,538611	1,684545	0,593632	0,449556	0,689199	778,6	02/01/1997	0	0
	23907	99,529559	0,470441	0,000442	99,380148	99,530265	1,715040	0,583077	0,442530	0,676106	778,6	02/01/1997	0	0
	23903	99,521192	0,478808	0,000445	99,370472	99,521918	1,745540	0,572889	0,435728	0,663490	778,6	02/01/1997	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Límite superior		Prob. observada de excedencia		Límite superior		E. Lluvia acumulada		Lluvia acumulada del evento	
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	para P(X<=x) %	de excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Hacia adelante (mm)
08/01/1997	19053	97,328361	2,671639	0,001153	96,946965	97,338830	8,242088	0,121328	0,106172	0,130226	16	08/01/1997	16	575
Pluviómetro:	18984	97,035371	2,964629	0,001213	96,635296	97,047594	9,145103	0,109348	0,096346	0,116952	26	08/01/1997	10	559
22	19226	98,332651	1,667349	0,000916	98,026487	98,337843	5,142845	0,194445	0,164279	0,212600	48	08/01/1997	22	549
ID del evento:	19248	98,505629	1,494371	0,000868	98,214927	98,510040	4,608865	0,216973	0,181639	0,238397	58	08/01/1997	10	527
50	19107	97,844121	2,155879	0,001039	97,498361	97,851740	6,648423	0,150412	0,129623	0,162739	58	08/01/1997	0	517
	19264	98,708752	1,291248	0,000808	98,437525	98,712300	3,981646	0,251152	0,207555	0,277875	77	08/01/1997	19	517
	19343	99,174528	0,825472	0,000648	98,956064	99,176347	2,545151	0,392904	0,310681	0,445328	99	08/01/1997	22	498
	19367	99,358711	0,641289	0,000572	99,165560	99,359958	1,977077	0,505797	0,388718	0,582460	117	08/01/1997	18	476
	19340	99,281314	0,718686	0,000605	99,077015	99,282793	2,215478	0,451370	0,351461	0,515989	123	08/01/1997	6	458
	19349	99,388740	0,611260	0,000559	99,199964	99,389902	1,884137	0,530747	0,405512	0,613207	132	08/01/1997	9	452
	19407	99,748150	0,251850	0,000359	99,626281	99,748457	0,776225	1,288286	0,868180	1,600770	177	08/01/1997	45	443
	19383	99,686279	0,313721	0,000401	99,550346	99,686706	0,966824	1,034314	0,721636	1,259098	177	08/01/1997	0	398
	19358	99,619185	0,380815	0,000442	99,469526	99,619757	1,173480	0,852166	0,611750	1,020255	177	08/01/1997	0	398
	19330	99,536560	0,463440	0,000487	99,371616	99,537328	1,427950	0,700304	0,516482	0,825508	177	08/01/1997	0	398
	19301	99,448681	0,551319	0,000532	99,268960	99,449677	1,698560	0,588734	0,443998	0,685225	177	08/01/1997	0	398
	19275	99,376160	0,623840	0,000565	99,185133	99,377359	1,921805	0,520344	0,398362	0,600512	179	08/01/1997	2	398
	19297	99,551176	0,448824	0,000480	99,388668	99,551909	1,382516	0,723319	0,531042	0,854858	189	08/01/1997	10	396
	19285	99,550898	0,449102	0,000480	99,388290	99,551632	1,383238	0,722941	0,530765	0,854411	194	08/01/1997	5	386
	19274	99,555785	0,444215	0,000478	99,394002	99,556507	1,368054	0,730965	0,535819	0,864668	202	08/01/1997	8	381
	19282	99,658879	0,341121	0,000419	99,516843	99,659366	1,050451	0,951972	0,672115	1,150842	231	08/01/1997	29	373
	19289	99,756930	0,243070	0,000354	99,636818	99,757223	0,748440	1,336112	0,894231	1,667034	262	08/01/1997	31	344
	19288	99,813703	0,186297	0,000310	99,708427	99,813900	0,573574	1,743455	1,113959	2,236986	287	08/01/1997	25	313
	19293	99,901616	0,098384	0,000226	99,824986	99,901691	0,302878	3,301658	1,856029	4,588727	313	08/01/1997	26	288
	19288	99,937824	0,062176	0,000179	99,876854	99,937862	0,191392	5,224886	2,638024	7,788256	325	08/01/1997	12	262
	19275	99,932601	0,067399	0,000187	99,869106	99,932643	0,207450	4,820443	2,482127	7,092551	333	08/01/1997	8	250
	19261	99,922183	0,077817	0,000201	99,853947	99,922236	0,239491	4,175525	2,224723	6,007656	334	08/01/1997	1	242
	19249	99,922135	0,077865	0,000201	99,853856	99,922188	0,239617	4,173333	2,223556	6,004503	348	08/01/1997	14	241
	19237	99,922086	0,077914	0,000201	99,853765	99,922139	0,239743	4,171142	2,222389	6,001349	356	08/01/1997	8	227
	19226	99,927235	0,072765	0,000194	99,861185	99,927283	0,223877	4,466732	2,341398	6,495479	366	08/01/1997	10	219
	19212	99,916788	0,083212	0,000208	99,846144	99,916847	0,255994	3,906336	2,112719	5,565881	366	08/01/1997	0	209
	19198	99,906328	0,093672	0,000221	99,831364	99,906398	0,288145	3,470472	1,927737	4,860453	366	08/01/1997	0	209
	19184	99,895855	0,104145	0,000233	99,816799	99,895937	0,320330	3,121781	1,774651	4,307881	366	08/01/1997	0	209
	19172	99,885381	0,114619	0,000244	99,802436	99,885476	0,352518	2,836737	1,645768	3,864325	366	08/01/1997	0	209
	19159	99,869683	0,130317	0,000260	99,781238	99,869798	0,400764	2,495233	1,486418	3,343081	366	08/01/1997	0	209
	19153	99,890477	0,109523	0,000239	99,809348	99,890566	0,336790	2,969211	1,705716	4,070125	374	08/01/1997	8	209
	19150	99,926946	0,073054	0,000195	99,860634	99,926995	0,224625	4,451859	2,333606	6,473849	395	08/01/1997	21	201

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %			Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento	
		Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Prob. De excedencia%										pluvio. Hacia adelante (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)
08/01/1997	19138	99,916467	0,083533	0,000209	99,845550	99,916526	0,256827	3,893664	2,105870	5,547824	395	08/01/1997	0	180	
Pluviómetro:	19126	99,905976	0,094024	0,000222	99,830730	99,906047	0,289058	3,459513	1,921654	4,845103	395	08/01/1997	0	180	
22	19113	99,890248	0,109752	0,000239	99,808950	99,890337	0,337383	2,963992	1,702721	4,062971	395	08/01/1997	0	180	
ID del evento:	19098	99,864045	0,135955	0,000266	99,773574	99,864168	0,417896	2,392940	1,436810	3,190218	395	08/01/1997	0	180	
50	19082	99,832583	0,167417	0,000296	99,732209	99,832752	0,514560	1,943408	1,214973	2,526967	395	08/01/1997	0	180	
	19068	99,811558	0,188442	0,000314	99,705073	99,811759	0,579135	1,726712	1,103274	2,215499	395	08/01/1997	0	180	
	19053	99,785273	0,214727	0,000335	99,671619	99,785517	0,659862	1,515469	0,990959	1,917398	395	08/01/1997	0	180	
	19038	99,758960	0,241040	0,000355	99,638560	99,759251	0,740659	1,350149	0,900397	1,688166	395	08/01/1997	0	180	
	19024	99,737863	0,262137	0,000370	99,612311	99,738193	0,805419	1,241589	0,839504	1,539704	395	08/01/1997	0	180	
	19011	99,721989	0,278011	0,000381	99,592688	99,722350	0,854122	1,170793	0,799126	1,443816	395	08/01/1997	0	180	
	18998	99,706098	0,293902	0,000392	99,573151	99,706490	0,902867	1,107583	0,762612	1,358832	395	08/01/1997	0	180	
	18985	99,690191	0,309809	0,000403	99,553690	99,690615	0,951655	1,050801	0,729420	1,283011	395	08/01/1997	0	180	
	18970	99,663760	0,336240	0,000420	99,521574	99,664239	1,032760	0,968279	0,680512	1,173698	395	08/01/1997	0	180	
	18956	99,642557	0,357443	0,000433	99,495965	99,643083	1,097793	0,910919	0,645990	1,098378	395	08/01/1997	0	180	
	18941	99,616072	0,383928	0,000449	99,464167	99,616658	1,179034	0,848152	0,607706	1,016588	395	08/01/1997	0	180	
	18924	99,579036	0,420964	0,000470	99,420019	99,579708	1,292665	0,773596	0,561495	0,920324	395	08/01/1997	0	180	
	18907	99,541961	0,458039	0,000490	99,376138	99,542724	1,406395	0,711038	0,522044	0,840337	395	08/01/1997	0	180	
	18924	99,683944	0,316056	0,000407	99,545869	99,684382	0,970358	1,030548	0,717217	1,256370	417	08/01/1997	22	180	
	18906	99,641615	0,358385	0,000434	99,494639	99,642143	1,100226	0,908904	0,644564	1,095948	417	08/01/1997	0	158	
	18895	99,636153	0,363847	0,000437	99,488034	99,636694	1,116901	0,895335	0,636302	1,078241	428	08/01/1997	11	158	
	18901	99,720376	0,279624	0,000384	99,590328	99,720740	0,858290	1,165107	0,795251	1,436801	435	08/01/1997	7	147	
	18939	99,973606	0,026394	0,000118	99,933489	99,973617	0,081007	12,344658	4,898743	21,728854	522	08/01/1997	87	140	
	18930	99,978874	0,021126	0,000106	99,942970	99,978882	0,064834	15,423973	5,713627	28,533311	545	08/01/1997	23	53	
	18918	99,968294	0,031706	0,000129	99,924305	99,968308	0,097294	10,278082	4,305099	17,410356	545	08/01/1997	0	30	
	18906	99,952419	0,047581	0,000159	99,898530	99,952444	0,146000	6,849315	3,211789	10,729773	545	08/01/1997	0	30	
	18895	99,941817	0,058183	0,000175	99,882223	99,941852	0,178516	5,601743	2,767289	8,472266	545	08/01/1997	0	30	
	18884	99,931206	0,068794	0,000191	99,866399	99,931251	0,211058	4,738040	2,439720	6,971294	545	08/01/1997	0	30	
	18874	99,920589	0,079411	0,000205	99,850957	99,920644	0,243615	4,104840	2,187086	5,905943	545	08/01/1997	0	30	
	18864	99,909962	0,090038	0,000218	99,835814	99,910029	0,276195	3,620629	1,985506	5,112819	545	08/01/1997	0	30	
	18854	99,899327	0,100673	0,000231	99,820917	99,899406	0,308799	3,238356	1,820471	4,500734	545	08/01/1997	0	30	
	18844	99,888683	0,111317	0,000243	99,806228	99,888775	0,341425	2,928898	1,682576	4,014856	545	08/01/1997	0	30	
	18834	99,878029	0,121971	0,000254	99,791714	99,878135	0,374075	2,673258	1,565441	3,620307	545	08/01/1997	0	30	
	18824	99,867367	0,132633	0,000265	99,777353	99,867487	0,406749	2,458521	1,464568	3,293885	545	08/01/1997	0	30	
	18812	99,846080	0,153920	0,000286	99,749123	99,846230	0,471997	2,118658	1,299851	2,786984	545	08/01/1997	0	30	
	18802	99,835395	0,164605	0,000295	99,735124	99,835561	0,504728	1,981264	1,231236	2,585719	545	08/01/1997	0	30	
	18792	99,824701	0,175299	0,000305	99,721218	99,824883	0,537483	1,860523	1,169902	2,410643	545	08/01/1997	0	30	

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		Prob. De excedencia%	%											
08/01/1997	18782	99,813998	0,186002	0,000314	99,707397	99,814197	0,570262	1,753581	1,114717	2,257022	545	08/01/1997	0	30
Pluviómetro:	18772	99,803286	0,196714	0,000323	99,693652	99,803502	0,603063	1,658201	1,064776	2,121188	545	08/01/1997	0	30
22	18762	99,792564	0,207436	0,000332	99,679977	99,792798	0,635889	1,572603	1,019346	2,000260	545	08/01/1997	0	30
ID del evento:	18752	99,781834	0,218166	0,000340	99,666365	99,782086	0,668737	1,495356	0,977824	1,891943	545	08/01/1997	0	30
50	18742	99,771094	0,228906	0,000349	99,652811	99,771365	0,701609	1,425295	0,939716	1,794386	545	08/01/1997	0	30
	18731	99,755019	0,244981	0,000361	99,632658	99,755320	0,750827	1,331864	0,888220	1,665297	545	08/01/1997	0	30
	18721	99,744259	0,255741	0,000369	99,619233	99,744580	0,783752	1,275913	0,856962	1,588597	545	08/01/1997	0	30
	18711	99,733490	0,266510	0,000376	99,605851	99,733831	0,816701	1,224438	0,827925	1,518429	545	08/01/1997	0	30
	18701	99,722711	0,277289	0,000384	99,592511	99,723073	0,849673	1,176923	0,800874	1,454002	545	08/01/1997	0	30
	18691	99,711923	0,288077	0,000391	99,579207	99,712307	0,882669	1,132927	0,775608	1,394649	545	08/01/1997	0	30
	18681	99,701126	0,298874	0,000399	99,565939	99,701531	0,915689	1,092074	0,751951	1,339799	545	08/01/1997	0	30
	18671	99,690320	0,309680	0,000406	99,552704	99,690747	0,948732	1,054039	0,729751	1,288964	545	08/01/1997	0	30
	18661	99,679504	0,320496	0,000413	99,539499	99,679954	0,981799	1,018539	0,708874	1,241724	545	08/01/1997	0	30
	18650	99,663336	0,336664	0,000423	99,519846	99,663820	1,031258	0,969689	0,679906	1,177033	545	08/01/1997	0	30
	18639	99,647153	0,352847	0,000434	99,500260	99,647673	1,080754	0,925280	0,653304	1,118563	545	08/01/1997	0	30
	18643	99,711184	0,288816	0,000392	99,578129	99,711569	0,884571	1,130492	0,773944	1,391650	575	08/01/1997	30	30
	18632	99,695008	0,304992	0,000403	99,558281	99,695426	0,934049	1,070608	0,739220	1,311316	575	08/01/1997	0	0
	18621	99,678818	0,321182	0,000414	99,538514	99,679270	0,983562	1,016712	0,707605	1,239497	575	08/01/1997	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada de excedencia				E. Lluvia acumulada en el evento		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	Límite superior de excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)	
27/01/1997	12422	61,186090	38,813910	0,003420	60,474560	61,637455	141,684729	0,007058	0,006931	0,007164	0	27/01/1997	0	939,3
Pluviómetro:	11069	54,529780	45,470220	0,003495	53,881793	55,070111	165,982658	0,006025	0,005940	0,006103	0	27/01/1997	0	939,3
225	9994	49,241230	50,758770	0,003509	48,653695	49,846871	185,287770	0,005397	0,005335	0,005460	0	27/01/1997	0	939,3
ID del evento:	9103	44,857833	55,142167	0,003491	44,325337	45,512411	201,288749	0,004968	0,004920	0,005021	0	27/01/1997	0	939,3
60	17071	84,135042	15,864958	0,002565	83,401317	84,273397	57,912806	0,017267	0,016504	0,017742	14,4	27/01/1997	14,4	939,3
	18337	90,387933	9,612067	0,002069	89,751937	90,455567	35,087503	0,028500	0,026731	0,029543	29,1	27/01/1997	14,7	924,9
	18022	88,848353	11,151647	0,002210	88,180692	88,932154	40,707524	0,024565	0,023178	0,025393	29,6	27/01/1997	0,5	910,2
	18708	92,243972	7,756028	0,001878	91,654896	92,293503	28,312294	0,035320	0,032827	0,036774	43,2	27/01/1997	13,6	909,7
	19482	96,074564	3,925436	0,001364	95,629078	96,092765	14,329256	0,069787	0,062675	0,073909	69,7	27/01/1997	26,5	896,1
	19388	95,625154	4,374846	0,001436	95,158120	95,646521	15,969763	0,062618	0,056578	0,066114	71,3	27/01/1997	1,6	869,6
	19264	95,027624	4,972376	0,001527	94,534339	95,053436	18,150962	0,055093	0,050121	0,057969	71,3	27/01/1997	0	868
	19252	94,982486	5,017514	0,001533	94,487283	95,008645	18,315735	0,054598	0,049693	0,057434	76,5	27/01/1997	5,2	868
	19122	94,355077	5,644923	0,001621	93,834983	94,386193	20,606001	0,048530	0,044435	0,050899	76,5	27/01/1997	0	862,8
	18988	93,707743	6,292257	0,001706	93,164237	93,744238	22,969004	0,043537	0,040075	0,045543	76,5	27/01/1997	0	862,8
	18863	93,104640	6,895360	0,001780	92,541125	93,146374	25,170550	0,039729	0,036727	0,041473	76,5	27/01/1997	0	862,8
	18734	92,481611	7,518389	0,001853	91,899042	92,528972	27,444828	0,036437	0,033816	0,037963	76,5	27/01/1997	0	862,8
	18600	91,833712	8,166288	0,001924	91,232884	91,887140	29,809895	0,033546	0,031247	0,034890	76,5	27/01/1997	0	862,8
	18455	91,131302	8,868698	0,001998	90,512292	91,191543	32,373944	0,030889	0,028874	0,032072	76,5	27/01/1997	0	862,8
	18371	90,729949	9,270051	0,002038	90,101217	90,794187	33,839030	0,029552	0,027675	0,030656	78,1	27/01/1997	1,6	862,8
	18223	90,012349	9,987651	0,002107	89,367414	90,083910	36,458529	0,027428	0,025765	0,028412	78,4	27/01/1997	0,3	861,2
	18580	91,789349	8,210651	0,001930	91,187150	91,843216	29,971838	0,033365	0,031085	0,034698	91,2	27/01/1997	12,8	860,9
	18450	91,160630	8,839370	0,001995	90,542163	91,220600	32,266887	0,030992	0,028965	0,032181	91,2	27/01/1997	0	848,1
	19053	94,153983	5,846017	0,001649	93,626006	94,186765	21,340071	0,046860	0,042979	0,049108	116,7	27/01/1997	25,5	848,1
	19010	93,955419	6,044581	0,001675	93,420208	93,989852	22,064900	0,045321	0,041634	0,047456	119,3	27/01/1997	2,6	822,6
	18920	93,524469	6,475531	0,001730	92,974273	93,562564	23,638026	0,042305	0,038992	0,044226	119,3	27/01/1997	0	820
	19607	96,934790	3,065210	0,001212	96,535330	96,947422	11,189122	0,089373	0,079068	0,095380	164	27/01/1997	44,7	820
	19796	97,883703	2,116297	0,001012	97,546873	97,890985	7,725250	0,129446	0,111672	0,139970	192,3	27/01/1997	28,3	775,3
	19824	98,036695	1,963305	0,000976	97,711483	98,043207	7,166774	0,139533	0,119704	0,151321	200,5	27/01/1997	8,2	747
	19866	98,258977	1,741023	0,000920	97,951664	98,264422	6,355362	0,157347	0,133741	0,171480	210,5	27/01/1997	10	738,8
	19933	98,604996	1,395004	0,000825	98,328437	98,608909	5,092267	0,196376	0,163886	0,216117	233,7	27/01/1997	23,2	728,8
	20001	98,663181	1,336819	0,000807	98,392592	98,666847	4,879872	0,204923	0,170427	0,225944	243,7	27/01/1997	10	705,6
	19976	98,544719	1,455281	0,000841	98,262897	98,548881	5,312300	0,188242	0,157703	0,206739	243,7	27/01/1997	0	695,6
	19957	98,455846	1,544154	0,000866	98,165931	98,460393	5,636718	0,177408	0,149365	0,194324	243,9	27/01/1997	0,2	695,6
	19954	98,445903	1,554097	0,000869	98,155093	98,450493	5,673015	0,176273	0,148487	0,193026	246	27/01/1997	2,1	695,4
	19958	98,470495	1,529505	0,000862	98,181880	98,474978	5,583243	0,179107	0,150675	0,196268	252,5	27/01/1997	6,5	693,3
	19963	98,500025	1,499975	0,000854	98,214074	98,504379	5,475450	0,182633	0,153391	0,200307	259,6	27/01/1997	7,1	686,8

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%											pluvio. Hacia adelante (mm)
27/01/1997	20005	98,712129	1,287871	0,000792	98,446303	98,715597	4,701194	0,212712	0,176318	0,234951	270,5	27/01/1997	10,9	679,7
Pluviómetro:	20063	99,003208	0,996792	0,000698	98,768302	99,005573	3,638652	0,274827	0,222413	0,307536	283,5	27/01/1997	13	668,8
225	20172	99,545993	0,454007	0,000472	99,386150	99,546722	1,657290	0,603395	0,446274	0,710099	332,1	27/01/1997	48,6	655,8
ID del evento:	20181	99,595322	0,404678	0,000446	99,444296	99,595935	1,477222	0,676946	0,492970	0,803777	355,2	27/01/1997	23,1	607,2
60	20219	99,787780	0,212220	0,000323	99,678092	99,788013	0,774679	1,290857	0,851007	1,625161	391,5	27/01/1997	36,3	584,1
	20216	99,777898	0,222102	0,000331	99,665700	99,778148	0,810751	1,233425	0,819460	1,545661	402,2	27/01/1997	10,7	547,8
	20218	99,792695	0,207305	0,000320	99,684272	99,792920	0,756738	1,321461	0,867662	1,667750	411,1	27/01/1997	8,9	537,1
	20234	99,876598	0,123402	0,000247	99,792838	99,876702	0,450462	2,219945	1,322373	2,974279	423	27/01/1997	11,9	528,2
	20229	99,856847	0,143153	0,000266	99,766657	99,856976	0,522561	1,913651	1,174002	2,517339	423,2	27/01/1997	0,2	516,3
	20239	99,911142	0,088858	0,000209	99,840025	99,911205	0,324364	3,082953	1,712429	4,317755	433,4	27/01/1997	10,2	516,1
	20244	99,940758	0,059242	0,000171	99,882663	99,940793	0,216254	4,624201	2,334691	6,892901	444,8	27/01/1997	11,4	505,9
	20248	99,965441	0,034559	0,000131	99,921051	99,965456	0,126154	7,926810	3,469907	13,019345	455,7	27/01/1997	10,9	494,5
	20241	99,935815	0,064185	0,000178	99,875346	99,935854	0,234298	4,268072	2,197651	6,279851	455,7	27/01/1997	0	483,6
	20233	99,901249	0,098751	0,000221	99,826282	99,901323	0,360476	2,774110	1,576955	3,828141	455,7	27/01/1997	0	483,6
	20233	99,906182	0,093818	0,000215	99,833104	99,906251	0,342469	2,919971	1,641415	4,058273	462,1	27/01/1997	6,4	483,6
	20225	99,871611	0,128389	0,000252	99,786165	99,871721	0,468665	2,133720	1,281107	2,844657	462,1	27/01/1997	0	477,2
	20222	99,861728	0,138272	0,000261	99,773065	99,861851	0,504741	1,981213	1,207157	2,617293	463,4	27/01/1997	1,3	477,2
	20224	99,876537	0,123463	0,000247	99,792736	99,876641	0,450684	2,218849	1,321721	2,972811	472,5	27/01/1997	9,1	475,9
	20236	99,940735	0,059265	0,000171	99,882617	99,940769	0,216339	4,622374	2,333770	6,890178	494,1	27/01/1997	21,6	466,8
	20232	99,925915	0,074085	0,000191	99,860948	99,925963	0,270437	3,697717	1,970096	5,320225	494,1	27/01/1997	0	445,2
	20226	99,901215	0,098785	0,000221	99,826222	99,901289	0,360601	2,773151	1,576410	3,826818	494,1	27/01/1997	0	445,2
	20219	99,871573	0,128427	0,000252	99,786102	99,871683	0,468804	2,133087	1,280728	2,843814	494,1	27/01/1997	0	445,2
	20212	99,841928	0,158072	0,000279	99,747144	99,842079	0,577018	1,733048	1,083405	2,253465	494,1	27/01/1997	0	445,2
	20205	99,812281	0,187719	0,000304	99,709033	99,812475	0,685243	1,459337	0,941499	1,861419	494,1	27/01/1997	0	445,2
	20198	99,782630	0,217370	0,000327	99,671573	99,782872	0,793478	1,260274	0,834115	1,582920	494,1	27/01/1997	0	445,2
	24059	99,937692	0,062308	0,000161	99,883043	99,937726	0,227150	4,402374	2,345339	6,334182	826,8	27/01/1997	332,7	445,2
	24055	99,929379	0,070621	0,000171	99,871203	99,929420	0,257458	3,884126	2,129729	5,485059	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24051	99,921064	0,078936	0,000181	99,859564	99,921112	0,287771	3,474982	1,953218	4,829742	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24047	99,912747	0,087253	0,000190	99,848094	99,912804	0,318089	3,143770	1,805742	4,309532	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24043	99,904429	0,095571	0,000199	99,836771	99,904494	0,348413	2,870161	1,680474	3,887094	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24039	99,896110	0,103890	0,000208	99,825574	99,896184	0,378741	2,640329	1,572603	3,537593	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24035	99,887790	0,112210	0,000216	99,814489	99,887872	0,409074	2,444546	1,478637	3,243884	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24028	99,866999	0,133001	0,000235	99,787218	99,867105	0,484869	2,062414	1,289126	2,681813	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24020	99,842048	0,157952	0,000256	99,755134	99,842186	0,575829	1,736626	1,120217	2,215178	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24014	99,825407	0,174593	0,000269	99,734048	99,825567	0,636496	1,571102	1,031402	1,982876	826,8	27/01/1997	0	112,5
	24009	99,812921	0,187079	0,000279	99,718365	99,813098	0,682016	1,466240	0,973967	1,837477	826,8	27/01/1997	0	112,5

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		(Weibull) % $P(X \leq x)$												Hacia adelante (mm)
27/01/1997	24029	99,904374	0,095626	0,000199	99,836676	99,904439	0,348615	2,868493	1,679498	3,884836	840,8	27/01/1997	14	112,5
Pluviómetro:	24036	99,941788	0,058212	0,000156	99,888936	99,941819	0,212218	4,712133	2,469783	6,852484	848,8	27/01/1997	8	98,5
225	24036	99,950100	0,049900	0,000144	99,901159	99,950124	0,181916	5,497032	2,775184	8,194071	858,8	27/01/1997	10	90,5
ID del evento:	24040	99,975048	0,024952	0,000102	99,940425	99,975056	0,090966	10,993151	4,604358	18,621847	871,8	27/01/1997	13	80,5
60	24039	99,979205	0,020795	0,000093	99,947594	99,979211	0,075811	13,190685	5,234225	23,218242	926,8	27/01/1997	55	67,5
	24041	99,995841	0,004159	0,000042	99,981699	99,995841	0,015163	65,947945	14,988651	178,059452	939,3	27/01/1997	12,5	12,5
	24038	99,991681	0,008319	0,000059	99,971681	99,991682	0,030329	32,971233	9,686274	72,604518	939,3	27/01/1997	0	0
	24035	99,987520	0,012480	0,000072	99,963025	99,987523	0,045498	21,978995	7,418659	43,550382	939,3	27/01/1997	0	0
	24032	99,983358	0,016642	0,000083	99,955074	99,983363	0,060669	16,482877	6,105649	30,492448	939,3	27/01/1997	0	0
	24029	99,979196	0,020804	0,000093	99,947573	99,979203	0,075843	13,185205	5,232051	23,208597	939,3	27/01/1997	0	0
	24026	99,975033	0,024967	0,000102	99,940391	99,975042	0,091019	10,986758	4,601681	18,611017	939,3	27/01/1997	0	0
	24023	99,970870	0,029130	0,000110	99,933451	99,970881	0,106197	9,416438	4,121801	15,466117	939,3	27/01/1997	0	0
	24020	99,966706	0,033294	0,000118	99,926702	99,966719	0,121378	8,238699	3,742301	13,189771	939,3	27/01/1997	0	0
	24017	99,962541	0,037459	0,000125	99,920110	99,962556	0,136562	7,322679	3,433493	11,471506	939,3	27/01/1997	0	0
	24014	99,958375	0,041625	0,000132	99,913648	99,958394	0,151748	6,589863	3,176564	10,131825	939,3	27/01/1997	0	0
	24011	99,954209	0,045791	0,000138	99,907297	99,954230	0,166937	5,990286	2,958961	9,060084	939,3	27/01/1997	0	0
	24008	99,950042	0,049958	0,000144	99,901043	99,950066	0,182128	5,490639	2,771958	8,184541	939,3	27/01/1997	0	0
	24005	99,945874	0,054126	0,000150	99,894874	99,945902	0,197322	5,067861	2,609281	7,456736	939,3	27/01/1997	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada de excedencia				E. Lluvia acumulada en el evento		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	Límite superior de excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)	
														Fecha final del evento pluvio. (mm)
06/02/2009	12251	82,631863	17,368137	0,003111	81,757726	82,815595	53,517538	0,018685	0,017790	0,019255	0	06/02/2009	0	338
Pluviómetro:	14459	97,643166	2,356834	0,001247	97,229288	97,653156	7,260887	0,137724	0,117152	0,150109	36	06/02/2009	36	338
220	14677	99,235970	0,764030	0,000716	98,994386	99,237830	2,353361	0,424924	0,322842	0,492621	76	06/02/2009	40	302
ID del evento:	14627	99,018413	0,981587	0,000811	98,745319	99,021120	3,022904	0,330808	0,258804	0,377282	84	06/02/2009	8	262
72	14582	98,834214	1,165786	0,000884	98,537247	98,837717	3,589480	0,278592	0,222032	0,314494	92	06/02/2009	8	254
	14693	99,708198	0,291802	0,000444	99,557556	99,708638	0,898294	1,113221	0,734196	1,401409	147	06/02/2009	55	246
	14656	99,578747	0,421253	0,000534	99,397992	99,579512	1,296551	0,771277	0,539698	0,937450	150	06/02/2009	3	191
	14632	99,537415	0,462585	0,000560	99,348002	99,538295	1,423492	0,702498	0,498414	0,846991	156	06/02/2009	6	188
	14591	99,380193	0,619807	0,000648	99,161327	99,381558	1,906935	0,524402	0,387550	0,617568	156	06/02/2009	0	182
	14547	99,202128	0,797872	0,000735	98,954319	99,204121	2,454310	0,407446	0,310889	0,471229	156	06/02/2009	0	182
	14498	98,989485	1,010515	0,000826	98,711329	98,992325	3,107813	0,321770	0,252317	0,366507	156	06/02/2009	0	182
	14481	98,995078	1,004922	0,000825	98,717498	98,997896	3,090014	0,323623	0,253579	0,368772	161	06/02/2009	5	182
	14460	98,973306	1,026694	0,000834	98,692655	98,976217	3,173177	0,315142	0,247489	0,358661	168	06/02/2009	7	177
	14413	98,773300	1,226700	0,000911	98,467270	98,777101	3,790613	0,263810	0,211136	0,297125	168	06/02/2009	0	170
	14379	98,662001	1,337999	0,000952	98,342731	98,666331	4,133755	0,241911	0,195307	0,271164	172	06/02/2009	4	170
	14368	98,708436	1,291564	0,000936	98,394341	98,712546	3,989535	0,250656	0,201623	0,281533	180	06/02/2009	8	166
	14320	98,500481	1,499519	0,001008	98,162903	98,505621	4,631009	0,215936	0,176256	0,240612	180	06/02/2009	0	158
	14296	98,457300	1,542700	0,001023	98,114909	98,462665	4,763458	0,209932	0,171801	0,233593	184	06/02/2009	4	158
	14254	98,289891	1,710109	0,001077	97,930096	98,296151	5,279365	0,189417	0,156492	0,209689	186	06/02/2009	2	154
	14202	98,053024	1,946976	0,001148	97,670269	98,060624	6,009458	0,166404	0,139066	0,183086	186	06/02/2009	0	152
	14152	97,829393	2,170607	0,001212	97,426384	97,838335	6,698422	0,149289	0,125911	0,163455	186	06/02/2009	0	152
	14099	97,584441	2,415559	0,001277	97,160632	97,594932	7,452902	0,134176	0,114149	0,146238	186	06/02/2009	0	152
	14048	97,352737	2,647263	0,001336	96,910372	97,364766	8,166218	0,122456	0,104923	0,132965	186	06/02/2009	0	152
	13999	97,134333	2,865667	0,001390	96,675342	97,147874	8,838239	0,113145	0,097524	0,122473	186	06/02/2009	0	152
	13946	96,887592	3,112408	0,001447	96,410773	96,902909	9,597371	0,104195	0,090353	0,112433	186	06/02/2009	0	152
	13896	96,661102	3,338898	0,001498	96,168661	96,678112	10,293772	0,097146	0,084660	0,104557	186	06/02/2009	0	152
	13846	96,434044	3,565956	0,001548	95,926608	96,452808	10,991648	0,090978	0,079645	0,097691	186	06/02/2009	0	152
	13791	96,171548	3,828452	0,001602	95,647585	96,192406	11,798457	0,084757	0,074553	0,090788	186	06/02/2009	0	152
	13735	95,901410	4,098590	0,001657	95,361220	95,924497	12,628492	0,079186	0,069965	0,084627	186	06/02/2009	0	152
	13728	95,973154	4,026846	0,001644	95,436774	95,995660	12,405004	0,080613	0,071137	0,086207	192	06/02/2009	6	152
	13677	95,737085	4,262915	0,001690	95,186896	95,761584	13,129652	0,076163	0,067457	0,081297	192	06/02/2009	0	146
	13618	95,437662	4,562338	0,001747	94,870809	95,464760	14,049252	0,071178	0,063312	0,075811	192	06/02/2009	0	146
	13567	95,160272	4,839728	0,001797	94,578740	95,189848	14,901485	0,067107	0,059909	0,071344	192	06/02/2009	0	146
	13514	94,868375	5,131625	0,001849	94,272064	94,900631	15,798153	0,063299	0,056709	0,067175	192	06/02/2009	0	146
	13542	95,145085	4,854915	0,001802	94,562290	95,174823	14,944303	0,066915	0,059743	0,071136	201	06/02/2009	9	146
	13511	95,007383	4,992617	0,001826	94,417414	95,038386	15,366143	0,065078	0,058201	0,069125	205	06/02/2009	4	137

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada de excedencia				E. Lluvia acumulada en el evento		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	Límite superior de excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)	
06/02/2009	13454	94,686466	5,313534	0,001882	94,080657	94,720463	16,351688	0,061156	0,054897	0,064838	205	06/02/2009	0	133
Pluviómetro:	13395	94,350919	5,649081	0,001938	93,729329	94,388136	17,381984	0,057531	0,051828	0,060886	205	06/02/2009	0	133
220	13339	94,035953	5,964047	0,001988	93,400197	94,076275	18,348684	0,054500	0,049250	0,057589	205	06/02/2009	0	133
ID del evento:	13275	93,664009	6,335991	0,002046	93,012336	93,708092	19,490397	0,051307	0,046522	0,054124	205	06/02/2009	0	133
72	13270	93,708071	6,291929	0,002041	93,057935	93,751724	19,352276	0,051674	0,046834	0,054522	209	06/02/2009	4	133
	13276	93,829953	6,170047	0,002023	93,184614	93,872389	18,974870	0,052701	0,047711	0,055639	212	06/02/2009	3	129
	13220	93,513475	6,486525	0,002071	92,854858	93,559160	19,945474	0,050137	0,045515	0,052859	212	06/02/2009	0	126
	13164	93,196460	6,803540	0,002119	92,525083	93,245472	20,917467	0,047807	0,043513	0,050338	212	06/02/2009	0	126
	13100	92,822221	7,177779	0,002173	92,136484	92,875247	22,065107	0,045320	0,041368	0,047653	212	06/02/2009	0	126
	13039	92,468619	7,531381	0,002222	91,769907	92,525528	23,149000	0,043198	0,039531	0,045365	212	06/02/2009	0	126
	12976	92,100220	7,899780	0,002273	91,388592	92,161259	24,278073	0,041189	0,037786	0,043204	212	06/02/2009	0	126
	12914	91,738297	8,261703	0,002320	91,014527	91,803477	25,386939	0,039390	0,036217	0,041271	212	06/02/2009	0	126
	12851	91,368646	8,631354	0,002368	90,633015	91,438139	26,519241	0,037708	0,034747	0,039467	212	06/02/2009	0	126
	12791	91,019711	8,980289	0,002412	90,273334	91,093351	27,587591	0,036248	0,033467	0,037903	212	06/02/2009	0	126
	12729	90,655936	9,344064	0,002456	89,898829	90,733973	28,701229	0,034842	0,032230	0,036399	212	06/02/2009	0	126
	12666	90,284411	9,715589	0,002501	89,516811	90,367013	29,838361	0,033514	0,031060	0,034980	212	06/02/2009	0	126
	12605	89,926518	10,073482	0,002542	89,149218	90,013590	30,933317	0,032328	0,030012	0,033715	212	06/02/2009	0	126
	12539	89,532310	10,467690	0,002587	88,744815	89,624380	32,139468	0,031114	0,028937	0,032422	212	06/02/2009	0	126
	12868	91,960266	8,039734	0,002299	91,241545	92,023101	24,681433	0,040516	0,037192	0,042486	239	06/02/2009	27	126
	13120	93,841642	6,158358	0,002033	93,192931	93,884214	18,903158	0,052901	0,047860	0,055870	264	06/02/2009	25	99
	13079	93,628749	6,371251	0,002067	92,970883	93,673516	19,553964	0,051141	0,046354	0,053960	264	06/02/2009	0	74
	13036	93,401161	6,598839	0,002102	92,733800	93,448310	20,249684	0,049383	0,044848	0,052057	264	06/02/2009	0	74
	12994	93,180351	6,819649	0,002135	92,504031	93,229850	20,924408	0,047791	0,043479	0,050334	264	06/02/2009	0	74
	12950	92,944807	7,055193	0,002170	92,259218	92,996849	21,644146	0,046202	0,042110	0,048617	264	06/02/2009	0	74
	12999	93,376913	6,623087	0,002108	92,707724	93,424377	20,315726	0,049223	0,044706	0,051886	274	06/02/2009	10	74
	13033	93,701920	6,298080	0,002060	93,045663	93,746029	19,316136	0,051770	0,046885	0,054649	285	06/02/2009	11	64
	12996	93,509858	6,490142	0,002090	92,845455	93,555971	19,902672	0,050245	0,045579	0,052995	285	06/02/2009	0	53
	12959	93,317491	6,682509	0,002119	92,645127	93,365640	20,489989	0,048804	0,044343	0,051435	285	06/02/2009	0	53
	12920	93,110406	6,889594	0,002150	92,429705	93,160774	21,122276	0,047343	0,043086	0,049855	285	06/02/2009	0	53
	12881	92,902993	7,097007	0,002181	92,214156	92,955615	21,755406	0,045966	0,041899	0,048367	285	06/02/2009	0	53
	12845	92,716905	7,283095	0,002208	92,020914	92,771576	22,323009	0,044797	0,040889	0,047105	285	06/02/2009	0	53
	12806	92,508849	7,491151	0,002238	91,805083	92,565839	22,957785	0,043558	0,039817	0,045770	285	06/02/2009	0	53
	12763	92,271544	7,728456	0,002271	91,559183	92,331210	23,682022	0,042226	0,038662	0,044335	285	06/02/2009	0	53
	12902	93,350698	6,649302	0,002119	92,678048	93,398611	20,372609	0,049086	0,044576	0,051745	305	06/02/2009	20	53
	13063	94,590876	5,409124	0,001925	93,971813	94,626277	16,570743	0,060347	0,054150	0,063998	338	06/02/2009	33	33
	13029	94,419885	5,580115	0,001954	93,792568	94,456959	17,092380	0,058506	0,052593	0,061989	338	06/02/2009	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		$P(X \leq x)$	Prob. De excedencia%		$P(X \leq x)$	%	$P(X \leq x)$	%			T (a)	T (a)				
06/02/2009	12998	94,270380	5,729620	0,001979	93,635970	94,308939	17,548077	0,056986	0,051306	0,060333	338	06/02/2009	0	0		
Pluviómetro:	12966	94,113377	5,886623	0,002005	93,471684	94,153514	18,026612	0,055474	0,050021	0,058686	338	06/02/2009	0	0		
220	12934	93,956124	6,043876	0,002031	93,307286	93,997861	18,505789	0,054037	0,048798	0,057124	338	06/02/2009	0	0		
ID del evento:	12903	93,805889	6,194111	0,002055	93,150349	93,849175	18,963351	0,052733	0,047687	0,055708	338	06/02/2009	0	0		
72	12872	93,655413	6,344587	0,002079	92,993290	93,700268	19,421528	0,051489	0,046624	0,054358	338	06/02/2009	0	0		
	12840	93,497415	6,502585	0,002104	92,828525	93,543935	19,902607	0,050245	0,045558	0,053009	338	06/02/2009	0	0		
	12806	93,324588	6,675412	0,002131	92,648475	93,372950	20,428938	0,048950	0,044448	0,051606	338	06/02/2009	0	0		
	12771	93,144191	6,855809	0,002158	92,460715	93,194498	20,978294	0,047668	0,043347	0,050219	338	06/02/2009	0	0		
	12735	92,956204	7,043796	0,002186	92,265240	93,008562	21,550722	0,046402	0,042257	0,048851	338	06/02/2009	0	0		
	12691	92,709475	7,290525	0,002222	92,009029	92,764557	22,302700	0,044838	0,040907	0,047161	338	06/02/2009	0	0		
	12652	92,498903	7,501097	0,002252	91,790549	92,556347	22,943879	0,043585	0,039824	0,045809	338	06/02/2009	0	0		
	12609	92,258725	7,741275	0,002286	91,541632	92,318895	23,675434	0,042238	0,038657	0,044358	338	06/02/2009	0	0		
	12571	92,054774	7,945226	0,002314	91,330412	92,117294	24,296012	0,041159	0,037720	0,043197	338	06/02/2009	0	0		
	12532	91,843166	8,156834	0,002343	91,111456	91,908151	24,939837	0,040096	0,036796	0,042055	338	06/02/2009	0	0		
	12490	91,609212	8,390788	0,002375	90,869618	91,676954	25,651800	0,038984	0,035826	0,040859	338	06/02/2009	0	0		
	12445	91,352859	8,647141	0,002408	90,604900	91,423658	26,432040	0,037833	0,034821	0,039624	338	06/02/2009	0	0		
	12401	91,103438	8,896562	0,002440	90,347568	91,177251	27,190883	0,036777	0,033897	0,038492	338	06/02/2009	0	0		
	12354	90,831557	9,168443	0,002475	90,067347	90,908695	28,018159	0,035691	0,032945	0,037329	338	06/02/2009	0	0		

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Límite superior para $P(X \leq x)$	Prob. observada de excedencia convertida	Límite inferior para $T(a)$	Límite superior para $T(a)$	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)		
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial									Límite inferior para $P(X \leq x)$	T para $P(X > x)$ (a)
30/01/2009	21391	93,692786	6,307214	0,001609	93,180274	93,727287	21,696594	0,046090	0,042626	0,048089	3	30/01/2009	3	161,5
Pluviómetro:	20351	89,161008	10,838992	0,002058	88,537215	89,236840	37,285189	0,026820	0,025361	0,027686	3	30/01/2009	0	158,5
154	19460	85,279811	14,720189	0,002346	84,599721	85,397201	50,635402	0,019749	0,018877	0,020284	3	30/01/2009	0	158,5
ID del evento:	18671	81,843686	18,156314	0,002552	81,133472	82,001240	62,454249	0,016012	0,015409	0,016394	3	30/01/2009	0	158,5
74	17948	78,695137	21,304863	0,002711	77,969674	78,891540	73,283542	0,013646	0,013196	0,013941	3	30/01/2009	0	158,5
	18623	81,676242	18,323758	0,002562	80,964763	81,835860	63,028312	0,015866	0,015273	0,016243	7	30/01/2009	4	158,5
	18078	79,306866	20,693134	0,002683	78,583350	79,495649	71,177188	0,014049	0,013575	0,014359	7	30/01/2009	0	154,5
	17569	77,094212	22,905788	0,002784	76,364534	77,311010	78,786751	0,012692	0,012301	0,012955	7	30/01/2009	0	154,5
	17084	74,985735	25,014265	0,002869	74,254184	75,229771	86,037763	0,011623	0,011293	0,011849	7	30/01/2009	0	154,5
	16611	72,928832	27,071168	0,002944	72,198799	73,199820	93,111166	0,010740	0,010458	0,010938	7	30/01/2009	0	154,5
	16159	70,963067	29,036933	0,003008	70,237260	71,260056	99,870888	0,010013	0,009769	0,010189	7	30/01/2009	0	154,5
	15729	69,092906	30,907094	0,003063	68,373401	69,414760	106,424931	0,009396	0,009183	0,009555	7	30/01/2009	0	154,5
	15314	67,287666	32,712334	0,003110	66,576173	67,633563	112,639378	0,008878	0,008689	0,009021	7	30/01/2009	0	154,5
	14919	65,569375	34,430625	0,003150	64,867123	65,938130	118,554252	0,008435	0,008266	0,008566	7	30/01/2009	0	154,5
	14537	63,907328	36,092672	0,003184	63,215399	64,298107	124,275287	0,008047	0,007895	0,008167	7	30/01/2009	0	154,5
	14172	62,319159	37,680841	0,003213	61,638270	62,730854	129,741776	0,007708	0,007571	0,007819	7	30/01/2009	0	154,5
	13814	60,760941	39,239059	0,003238	60,091924	61,192988	135,104975	0,007402	0,007278	0,007505	7	30/01/2009	0	154,5
	13475	59,285494	40,714506	0,003259	58,628600	59,736619	140,183026	0,007134	0,007020	0,007231	7	30/01/2009	0	154,5
	13152	57,879681	42,120319	0,003276	57,235081	58,348771	145,021171	0,006896	0,006792	0,006987	7	30/01/2009	0	154,5
	12843	56,534754	43,465246	0,003289	55,902550	57,020807	149,649545	0,006682	0,006586	0,006768	7	30/01/2009	0	154,5
	12546	55,241953	44,758047	0,003300	54,622213	55,744078	154,098310	0,006489	0,006401	0,006571	7	30/01/2009	0	154,5
	12261	54,001321	45,998679	0,003308	53,394016	54,518628	158,367330	0,006314	0,006232	0,006392	7	30/01/2009	0	154,5
	16853	74,245561	25,754439	0,002902	73,512877	74,499716	88,667775	0,011278	0,010966	0,011494	29,5	30/01/2009	22,5	154,5
	16606	73,176751	26,823249	0,002941	72,445009	73,444974	92,346107	0,010829	0,010541	0,011031	29,5	30/01/2009	0	132
	16356	72,094151	27,905849	0,002978	71,364193	72,376699	96,071800	0,010409	0,010144	0,010598	29,5	30/01/2009	0	132
	16111	71,033023	28,966977	0,003012	70,305579	71,329672	99,723458	0,010028	0,009782	0,010205	29,5	30/01/2009	0	132
	16845	74,288864	25,711136	0,002902	73,555768	74,542587	88,513373	0,011298	0,010985	0,011515	34	30/01/2009	4,5	132
	16845	74,308527	25,691473	0,002902	73,575323	74,562025	88,444352	0,011307	0,010993	0,011524	36	30/01/2009	2	127,5
	16625	73,357455	26,642545	0,002937	72,624995	73,623476	91,717092	0,010903	0,010611	0,011107	36	30/01/2009	0	125,5
	16406	72,410293	27,589707	0,002969	71,679219	72,688846	94,976273	0,010529	0,010257	0,010722	36	30/01/2009	0	125,5
	16191	71,480288	28,519712	0,003000	70,751172	71,771196	98,176292	0,010186	0,009932	0,010368	36	30/01/2009	0	125,5
	15984	70,585118	29,414882	0,003028	69,858417	70,887956	101,256299	0,009876	0,009638	0,010049	36	30/01/2009	0	125,5
	15779	69,698308	30,301692	0,003054	68,974495	70,012990	104,307436	0,009587	0,009363	0,009751	36	30/01/2009	0	125,5
	16168	71,435515	28,564485	0,003003	70,706222	71,727132	98,325972	0,010170	0,009917	0,010352	39,5	30/01/2009	3,5	125,5
	16228	71,719627	28,280373	0,002994	70,989540	72,007514	97,346518	0,010273	0,010014	0,010457	41,5	30/01/2009	2	122
	16035	70,885460	29,114540	0,003021	70,157474	71,184464	100,216367	0,009978	0,009735	0,010154	41,5	30/01/2009	0	120

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %			Desv. estándar binomial	Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)	
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%		Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %								
30/01/2009	15848	70,077382	29,922618	0,003045	69,351850	70,387180	102,996330	0,009709	0,009479	0,009877	41,5	30/01/2009	0	120
Pluviómetro:	15660	69,264452	30,735548	0,003069	68,541792	69,585127	105,792909	0,009452	0,009235	0,009613	41,5	30/01/2009	0	120
154	15472	68,451091	31,548909	0,003091	67,731694	68,782658	108,590888	0,009209	0,009004	0,009362	41,5	30/01/2009	0	120
ID del evento:	15283	67,632872	32,367128	0,003113	66,917137	67,975401	111,405500	0,008976	0,008782	0,009123	41,5	30/01/2009	0	120
74	15093	66,809792	33,190208	0,003133	66,098110	67,163346	114,236758	0,008754	0,008570	0,008894	41,5	30/01/2009	0	120
	14904	65,990702	34,009298	0,003152	65,283405	66,355218	117,054194	0,008543	0,008369	0,008678	41,5	30/01/2009	0	120
	14716	65,175606	34,824394	0,003171	64,473010	65,551014	119,857799	0,008343	0,008178	0,008472	41,5	30/01/2009	0	120
	14532	64,377796	35,622204	0,003187	63,680113	64,763846	122,601821	0,008156	0,008000	0,008281	41,5	30/01/2009	0	120
	14351	63,592857	36,407143	0,003203	62,900297	63,989350	125,301467	0,007981	0,007832	0,008100	41,5	30/01/2009	0	120
	14177	62,838527	37,161473	0,003217	62,151150	63,245028	127,895683	0,007819	0,007677	0,007934	41,5	30/01/2009	0	120
	14007	62,101530	37,898470	0,003230	61,419456	62,517776	130,430166	0,007667	0,007531	0,007778	41,5	30/01/2009	0	120
	13837	61,364140	38,635860	0,003243	60,687602	61,790100	132,965921	0,007521	0,007391	0,007628	41,5	30/01/2009	0	120
	17705	78,538793	21,461207	0,002734	77,808602	78,738322	73,857961	0,013540	0,013094	0,013833	71,5	30/01/2009	30	120
	17574	77,978435	22,021565	0,002760	77,246578	78,185116	75,785257	0,013195	0,012771	0,013476	71,5	30/01/2009	0	90
	17447	77,435533	22,564467	0,002785	76,702335	77,649185	77,652425	0,012878	0,012473	0,013148	71,5	30/01/2009	0	90
	17319	76,887902	23,112098	0,002809	76,153620	77,108624	79,535808	0,012573	0,012186	0,012833	71,5	30/01/2009	0	90
	17371	77,139305	22,860695	0,002798	76,405345	77,356818	78,669458	0,012711	0,012316	0,012976	73,5	30/01/2009	2	90
	18272	81,161995	18,838005	0,002606	80,442847	81,328912	64,825370	0,015426	0,014859	0,015789	87,5	30/01/2009	14	88
	18414	81,814547	18,185453	0,002571	81,099330	81,973522	62,578855	0,015980	0,015375	0,016364	91,5	30/01/2009	4	74
	18314	81,391938	18,608062	0,002594	80,673961	81,556084	64,032136	0,015617	0,015037	0,015987	91,5	30/01/2009	0	70
	18213	80,964659	19,035341	0,002618	80,244100	81,134067	65,501446	0,015267	0,014710	0,015624	91,5	30/01/2009	0	70
	18107	80,514918	19,485082	0,002641	79,791867	80,689901	67,047998	0,014915	0,014381	0,015258	91,5	30/01/2009	0	70
	17998	80,051595	19,948405	0,002665	79,326206	80,232357	68,641243	0,014569	0,014057	0,014899	91,5	30/01/2009	0	70
	17889	79,588023	20,411977	0,002688	78,860522	79,774606	70,235289	0,014238	0,013748	0,014557	91,5	30/01/2009	0	70
	17778	79,115304	20,884696	0,002712	78,385877	79,307857	71,860763	0,013916	0,013446	0,014223	91,5	30/01/2009	0	70
	17666	78,637881	21,362119	0,002735	77,906733	78,836499	73,502371	0,013605	0,013155	0,013901	91,5	30/01/2009	0	70
	19074	84,924310	15,075690	0,002388	84,234911	85,046691	51,871485	0,019278	0,018435	0,019797	114,5	30/01/2009	23	70
	20535	91,449566	8,550434	0,001866	90,869338	91,503816	29,419420	0,033991	0,031831	0,035252	151	30/01/2009	36,5	47
	20481	91,229399	8,770601	0,001888	90,643804	91,285697	30,176562	0,033138	0,031064	0,034351	151	30/01/2009	0	10,5
	20427	91,009133	8,990867	0,001909	90,418311	91,067501	30,934022	0,032327	0,030334	0,033494	151	30/01/2009	0	10,5
	20554	91,595365	8,404635	0,001852	91,018537	91,648294	28,916660	0,034582	0,032361	0,035878	158	30/01/2009	7	10,5
	20500	91,375084	8,624916	0,001874	90,792786	91,430047	29,674173	0,033699	0,031568	0,034944	158	30/01/2009	0	3,5
	20448	91,163620	8,836380	0,001895	90,576207	91,220557	30,401328	0,032893	0,030843	0,034093	158	30/01/2009	0	3,5
	20395	90,947603	9,052397	0,001916	90,355099	91,006578	31,144130	0,032109	0,030136	0,033264	158	30/01/2009	0	3,5
	20340	90,722569	9,277431	0,001938	90,124904	90,783687	31,917935	0,031330	0,029434	0,032443	158	30/01/2009	0	3,5
	20281	90,479590	9,520410	0,001960	89,876512	90,543046	32,753459	0,030531	0,028712	0,031600	158	30/01/2009	0	3,5

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	Límite inferior para $P(X > x)$ T (a)		Límite superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		P(X<=x).	%	T para P(X>x)	T (a)		T (a)	T (a)						
30/01/2009	20221	90,232039	9,767961	0,001983	89,623609	90,297904	33,604685	0,029758	0,028013	0,030785	158	30/01/2009	0	3,5			
Pluviómetro:	20158	89,970989	10,029011	0,002007	89,357087	90,039420	34,502335	0,028984	0,027312	0,029970	158	30/01/2009	0	3,5			
154	20094	89,705357	10,294643	0,002030	89,086062	89,776428	35,415720	0,028236	0,026634	0,029183	158	30/01/2009	0	3,5			
ID del evento:	20028	89,430676	10,569324	0,002054	88,805984	89,504506	36,360212	0,027503	0,025968	0,028411	158	30/01/2009	0	3,5			
74	19970	89,191603	10,808397	0,002075	88,562346	89,267858	37,182186	0,026895	0,025415	0,027772	158	30/01/2009	0	3,5			
	19912	88,952423	11,047577	0,002095	88,318729	89,031126	38,004505	0,026313	0,024885	0,027161	158	30/01/2009	0	3,5			
	19852	88,704200	11,295800	0,002116	88,066035	88,785466	38,857913	0,025735	0,024359	0,026554	158	30/01/2009	0	3,5			
	19794	88,464804	11,535196	0,002136	87,822449	88,548563	39,680932	0,025201	0,023872	0,025994	158	30/01/2009	0	3,5			
	19732	88,207421	11,792579	0,002156	87,560699	88,293882	40,565807	0,024651	0,023370	0,025418	158	30/01/2009	0	3,5			
	19672	87,958864	12,041136	0,002176	87,308050	88,047958	41,420294	0,024143	0,022905	0,024885	158	30/01/2009	0	3,5			
	19613	87,714669	12,285331	0,002195	87,059951	87,806369	42,259757	0,023663	0,022466	0,024382	158	30/01/2009	0	3,5			
	19554	87,470365	12,529635	0,002214	86,811855	87,564692	43,099574	0,023202	0,022044	0,023899	158	30/01/2009	0	3,5			
	19498	87,239374	12,760626	0,002232	86,577379	87,336205	43,893574	0,022782	0,021659	0,023460	158	30/01/2009	0	3,5			
	19444	87,017230	12,982770	0,002249	86,351972	87,116485	44,657121	0,022393	0,021301	0,023052	158	30/01/2009	0	3,5			
	19386	86,777081	13,222919	0,002266	86,108402	86,878974	45,482578	0,021986	0,020928	0,022627	158	30/01/2009	0	3,5			
	19328	86,536826	13,463174	0,002284	85,864823	86,641374	46,308384	0,021594	0,020568	0,022217	158	30/01/2009	0	3,5			
	19468	87,183162	12,816838	0,002237	86,520055	87,280645	44,084656	0,022684	0,021568	0,023357	161,5	30/01/2009	3,5	3,5			
	19410	86,942889	13,057111	0,002255	86,276286	87,043000	44,910515	0,022267	0,021185	0,022920	161,5	30/01/2009	0	0			

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%											pluvio. Hacia adelante (mm)
26/12/2009	18243	93,190642	6,809358	0,001800	92,620163	93,232326	21,007081	0,047603	0,043923	0,049743	4	26/12/2009	4	354
Pluviómetro:	19449	99,412186	0,587814	0,000547	99,227454	99,413278	1,813253	0,551495	0,419621	0,638666	53	26/12/2009	49	350
22	19549	99,984656	0,015344	0,000089	99,954543	99,984661	0,047327	21,129680	7,132166	41,867305	155	26/12/2009	102	301
ID del evento:	19538	99,989765	0,010235	0,000072	99,965160	99,989767	0,031568	31,678082	9,306530	69,756745	211	26/12/2009	56	199
78	19526	99,989758	0,010242	0,000072	99,965139	99,989761	0,031584	31,661644	9,301701	69,720546	231	26/12/2009	20	143
	19515	99,994876	0,005124	0,000051	99,977455	99,994877	0,015800	63,290411	14,384754	170,884110	261	26/12/2009	30	123
	19502	99,989746	0,010254	0,000073	99,965096	99,989748	0,031617	31,628767	9,292043	69,648149	262	26/12/2009	1	93
	19491	99,994870	0,005130	0,000051	99,977428	99,994871	0,015817	63,224658	14,369810	170,706575	286	26/12/2009	24	92
	19478	99,989733	0,010267	0,000073	99,965053	99,989736	0,031650	31,595890	9,282386	69,575752	286	26/12/2009	0	68
	19465	99,984590	0,015410	0,000089	99,954347	99,984595	0,047499	21,052968	7,106277	41,715299	286	26/12/2009	0	68
	19451	99,974301	0,025699	0,000115	99,935239	99,974311	0,079207	12,625205	5,010044	22,222697	286	26/12/2009	0	68
	19437	99,963999	0,036001	0,000136	99,917759	99,964016	0,110947	9,013307	3,945559	14,803820	286	26/12/2009	0	68
	19422	99,948538	0,051462	0,000163	99,893250	99,948567	0,158578	6,306027	3,039969	9,695282	286	26/12/2009	0	68
	19408	99,938208	0,061792	0,000178	99,877614	99,938245	0,190393	5,252283	2,651850	7,829099	286	26/12/2009	0	68
	19393	99,922712	0,077288	0,000199	99,854940	99,922765	0,238116	4,199635	2,237560	6,042349	286	26/12/2009	0	68
	19378	99,907197	0,092803	0,000219	99,832928	99,907266	0,285888	3,497869	1,942944	4,898829	286	26/12/2009	0	68
	19364	99,896822	0,103178	0,000231	99,818499	99,896903	0,317820	3,146438	1,788657	4,341913	286	26/12/2009	0	68
	19350	99,886434	0,113566	0,000242	99,804250	99,886527	0,349784	2,858904	1,658618	3,894527	286	26/12/2009	0	68
	19335	99,870868	0,129132	0,000258	99,783226	99,870981	0,397690	2,514521	1,497897	3,368927	286	26/12/2009	0	68
	19320	99,855282	0,144718	0,000273	99,762495	99,855417	0,445646	2,243933	1,367283	2,964338	286	26/12/2009	0	68
	19304	99,834506	0,165494	0,000292	99,735281	99,834670	0,509576	1,962414	1,226843	2,551687	286	26/12/2009	0	68
	19285	99,798178	0,201822	0,000323	99,688629	99,798400	0,621372	1,609343	1,043130	2,047004	286	26/12/2009	0	68
	19266	99,761806	0,238194	0,000351	99,642822	99,762090	0,733284	1,363728	0,909440	1,705150	286	26/12/2009	0	68
	19248	99,730570	0,269430	0,000373	99,604045	99,730912	0,829364	1,205743	0,820455	1,489618	286	26/12/2009	0	68
	19231	99,704479	0,295521	0,000391	99,571981	99,704872	0,909588	1,099399	0,759066	1,346592	286	26/12/2009	0	68
	19213	99,673169	0,326831	0,000411	99,533850	99,673626	1,005862	0,994173	0,697043	1,206762	286	26/12/2009	0	68
	19214	99,740449	0,259551	0,000367	99,616130	99,740772	0,798722	1,252000	0,846533	1,552618	295	26/12/2009	9	68
	19196	99,709121	0,290879	0,000388	99,577535	99,709505	0,895039	1,117270	0,769271	1,370720	297	26/12/2009	2	59
	19178	99,677755	0,322245	0,000409	99,539277	99,678202	0,991457	1,008617	0,705462	1,226032	297	26/12/2009	0	57
	19159	99,641148	0,358852	0,000431	99,495052	99,641674	1,103976	0,905817	0,643738	1,090870	297	26/12/2009	0	57
	19139	99,599292	0,400708	0,000456	99,444960	99,599913	1,232621	0,811279	0,585698	0,968140	297	26/12/2009	0	57
	19121	99,567798	0,432202	0,000473	99,407542	99,568494	1,329369	0,752236	0,548761	0,892303	297	26/12/2009	0	57
	19103	99,525894	0,474106	0,000496	99,358110	99,526693	1,458141	0,685805	0,506542	0,807734	297	26/12/2009	0	57
	19087	99,494370	0,505630	0,000512	99,321136	99,495251	1,554965	0,643101	0,478993	0,753828	297	26/12/2009	0	57
	19067	99,441953	0,558047	0,000538	99,260056	99,442973	1,716024	0,582742	0,439490	0,678248	297	26/12/2009	0	57
	19048	99,394698	0,605302	0,000560	99,205343	99,395852	1,861181	0,537293	0,409264	0,621845	297	26/12/2009	0	57

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %			Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%		P(X<=x). %	%	excedencia	T para P(X>x)								
26/12/2009	19030	99,352616	0,647384	0,000579	99,156862	99,353891	1,990413	0,502408	0,385763	0,578862	297	26/12/2009	0	57		
Pluviómetro:	19012	99,310489	0,689511	0,000598	99,108542	99,311891	2,119759	0,471752	0,364883	0,541316	297	26/12/2009	0	57		
22	18992	99,257866	0,742134	0,000620	99,048466	99,259431	2,281350	0,438337	0,341874	0,500640	297	26/12/2009	0	57		
ID del evento:	18972	99,205187	0,794813	0,000642	98,988599	99,206922	2,443084	0,409319	0,321664	0,465536	297	26/12/2009	0	57		
78	18953	99,157685	0,842315	0,000661	98,934821	99,159579	2,588881	0,386267	0,305450	0,437802	297	26/12/2009	0	57		
	18933	99,104899	0,895101	0,000681	98,875281	99,106973	2,750893	0,363518	0,289304	0,410566	297	26/12/2009	0	57		
	18912	99,046821	0,953179	0,000703	98,810017	99,049100	2,929141	0,341397	0,273460	0,384213	297	26/12/2009	0	57		
	18887	98,967722	1,032278	0,000732	98,721518	98,970290	3,171953	0,315263	0,254551	0,353251	297	26/12/2009	0	57		
	18861	98,883297	1,116703	0,000761	98,627484	98,886186	3,431087	0,291453	0,237131	0,325213	297	26/12/2009	0	57		
	18836	98,804029	1,195971	0,000787	98,539541	98,807230	3,674334	0,272158	0,222871	0,302616	297	26/12/2009	0	57		
	18807	98,703684	1,296316	0,000819	98,428672	98,707296	3,982287	0,251112	0,207163	0,278098	297	26/12/2009	0	57		
	18782	98,624239	1,375761	0,000844	98,341192	98,628187	4,225993	0,236631	0,196254	0,261312	297	26/12/2009	0	57		
	18759	98,555217	1,444783	0,000865	98,265385	98,559466	4,437641	0,225345	0,187693	0,248279	297	26/12/2009	0	57		
	18735	98,480866	1,519134	0,000887	98,183929	98,485447	4,665620	0,214334	0,179289	0,235604	297	26/12/2009	0	57		
	18710	98,401178	1,598822	0,000910	98,096842	98,406123	4,909952	0,203668	0,171099	0,223367	297	26/12/2009	0	57		
	18681	98,300358	1,699642	0,000938	97,986972	98,305776	5,219133	0,191603	0,161774	0,209572	297	26/12/2009	0	57		
	18651	98,194167	1,805833	0,000966	97,871578	98,200099	5,544754	0,180351	0,153016	0,196756	297	26/12/2009	0	57		
	18624	98,103666	1,896334	0,000990	97,773463	98,110049	5,822145	0,171758	0,146286	0,187001	297	26/12/2009	0	57		
	18598	98,018341	1,981659	0,001012	97,681142	98,025158	6,083603	0,164376	0,140473	0,178644	297	26/12/2009	0	57		
	18572	97,932926	2,067074	0,001033	97,588895	97,940187	6,345292	0,157597	0,135110	0,170989	297	26/12/2009	0	57		
	18544	97,836868	2,163132	0,001057	97,485360	97,844640	6,639602	0,150611	0,129558	0,163119	297	26/12/2009	0	57		
	18515	97,735431	2,264569	0,001081	97,376240	97,743753	6,950375	0,143877	0,124180	0,155552	297	26/12/2009	0	57		
	18484	97,623323	2,376677	0,001107	97,255885	97,632269	7,293841	0,137102	0,118744	0,147958	297	26/12/2009	0	57		
	18450	97,495244	2,504756	0,001136	97,118678	97,504919	7,686259	0,130102	0,113099	0,140133	297	26/12/2009	0	57		
	18418	97,372456	2,627544	0,001163	96,987406	97,382846	8,062444	0,124032	0,108179	0,133365	297	26/12/2009	0	57		
	18389	97,265418	2,734582	0,001186	96,873159	97,276447	8,390245	0,119186	0,104234	0,127975	297	26/12/2009	0	57		
	18357	97,142404	2,857596	0,001212	96,742083	97,154180	8,767014	0,114064	0,100048	0,122289	297	26/12/2009	0	57		
	18327	97,024723	2,975277	0,001236	96,616899	97,037229	9,127436	0,109560	0,096353	0,117299	297	26/12/2009	0	57		
	18295	96,896351	3,103649	0,001262	96,480560	96,909669	9,520609	0,105035	0,092626	0,112296	297	26/12/2009	0	57		
	18547	98,272665	1,727335	0,000948	97,955775	98,278235	5,298335	0,188739	0,159481	0,206355	337	26/12/2009	40	57		
	18593	98,558177	1,441823	0,000868	98,267335	98,562431	4,422272	0,226128	0,188171	0,249269	352	26/12/2009	15	17		
	18569	98,472716	1,527284	0,000893	98,173704	98,477353	4,684075	0,213489	0,178536	0,234712	352	26/12/2009	0	2		
	18545	98,387182	1,612818	0,000918	98,080247	98,392214	4,946064	0,202181	0,169856	0,221735	352	26/12/2009	0	2		
	18521	98,301576	1,698424	0,000941	97,986945	98,307012	5,208240	0,192003	0,161994	0,210095	352	26/12/2009	0	2		
	18497	98,215898	1,784102	0,000965	97,893781	98,221749	5,470604	0,182795	0,154839	0,199597	352	26/12/2009	0	2		
	18474	98,135458	1,864542	0,000986	97,806494	98,141708	5,716867	0,174921	0,148688	0,190645	352	26/12/2009	0	2		

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$. %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		(Weibull) % $P(X \leq x)$												Hacia adelante (mm)
26/12/2009	18448	98,039007	1,960993	0,001011	97,702068	98,045747	6,012186	0,166329	0,141941	0,180904	352	26/12/2009	0	2
Pluviómetro:	18426	97,963741	2,036259	0,001030	97,620719	97,970871	6,242520	0,160192	0,137097	0,173965	352	26/12/2009	0	2
22	18404	97,888410	2,111590	0,001049	97,539429	97,895938	6,473019	0,154487	0,132577	0,167529	352	26/12/2009	0	2
ID del evento:	18383	97,818337	2,181663	0,001066	97,463918	97,826241	6,687372	0,149536	0,128638	0,161953	352	26/12/2009	0	2
78	18361	97,742880	2,257120	0,001084	97,382725	97,751197	6,918194	0,144546	0,124656	0,156345	352	26/12/2009	0	2
	18340	97,672685	2,327315	0,001100	97,307288	97,681391	7,132859	0,140196	0,121172	0,151464	352	26/12/2009	0	2
	18319	97,602430	2,397570	0,001117	97,231880	97,611532	7,347678	0,136097	0,117879	0,146873	352	26/12/2009	0	2
	18299	97,537445	2,462555	0,001132	97,162202	97,546919	7,546317	0,132515	0,114992	0,142866	352	26/12/2009	0	2
	18279	97,472404	2,527596	0,001146	97,092538	97,482255	7,745098	0,129114	0,112245	0,139068	352	26/12/2009	0	2
	18257	97,396639	2,603361	0,001163	97,011488	97,406934	7,976713	0,125365	0,109208	0,134886	352	26/12/2009	0	2
	18236	97,326146	2,673854	0,001179	96,936156	97,336860	8,192142	0,122068	0,106530	0,131215	352	26/12/2009	0	2
	18216	97,260932	2,739068	0,001193	96,866527	97,272039	8,391369	0,119170	0,104170	0,127991	352	26/12/2009	0	2
	18194	97,184979	2,815021	0,001209	96,785527	97,196550	8,623465	0,115963	0,101552	0,124429	352	26/12/2009	0	2
	18173	97,114306	2,885694	0,001224	96,710224	97,126313	8,839358	0,113130	0,099235	0,121287	352	26/12/2009	0	2
	18152	97,043571	2,956429	0,001239	96,634927	97,056021	9,055406	0,110431	0,097021	0,118296	352	26/12/2009	0	2
	18130	96,967428	3,032572	0,001254	96,553953	96,980359	9,287990	0,107666	0,094748	0,115235	352	26/12/2009	0	2
	18107	96,885869	3,114131	0,001271	96,467310	96,899322	9,537128	0,104853	0,092430	0,112126	352	26/12/2009	0	2
	18101	96,895241	3,104759	0,001269	96,477162	96,908637	9,507770	0,105177	0,092695	0,112485	354	26/12/2009	2	2

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	Prob. De excedencia%											pluvio. Hacia adelante (mm)
07/01/2010	3183	78,612003	21,387997	0,006445	76,889432	79,080663	78,104769	0,012803	0,011849	0,013459	0	07/01/2010	0	554,5
Pluviómetro:	3920	96,837945	3,162055	0,002751	95,932284	96,867517	11,547207	0,086601	0,067320	0,099408	30	07/01/2010	30	554,5
447	3843	94,959229	5,040771	0,003440	93,848725	95,018179	18,407911	0,054324	0,044517	0,060626	30	07/01/2010	0	524,5
ID del evento:	3976	98,269896	1,730104	0,002050	97,584903	98,281956	6,318002	0,158278	0,113386	0,190163	72	07/01/2010	42	524,5
89	3951	97,676143	2,323857	0,002369	96,889350	97,694862	8,486273	0,117837	0,088032	0,138260	72	07/01/2010	0	482,5
	3921	96,958457	3,041543	0,002701	96,068124	96,986386	11,107125	0,090032	0,069645	0,103623	72	07/01/2010	0	482,5
	3891	96,240416	3,759584	0,002992	95,261406	96,278660	13,729275	0,072837	0,057789	0,082691	72	07/01/2010	0	482,5
	3890	96,239485	3,760515	0,002993	95,260248	96,277749	13,732673	0,072819	0,057775	0,082671	77,5	07/01/2010	5,5	482,5
	3971	98,267756	1,732244	0,002053	97,581937	98,279845	6,325823	0,158082	0,113246	0,189927	117,5	07/01/2010	40	477
	3957	97,945545	2,054455	0,002232	97,202239	97,961136	7,502476	0,133289	0,097877	0,157907	117,5	07/01/2010	0	437
	3942	97,598415	2,401585	0,002409	96,798933	97,618088	8,770126	0,114023	0,085546	0,133470	117,5	07/01/2010	0	437
	3926	97,226350	2,773650	0,002585	96,371969	97,250723	10,128840	0,098728	0,075478	0,114368	117,5	07/01/2010	0	437
	3917	97,027496	2,972504	0,002673	96,145621	97,054513	10,855019	0,092123	0,071046	0,106207	121	07/01/2010	3,5	437
	3937	97,547076	2,452924	0,002435	96,739431	97,567385	8,957610	0,111637	0,083984	0,130478	155,5	07/01/2010	34,5	433,5
	3966	98,289963	1,710037	0,002041	97,607817	98,301831	6,244731	0,160135	0,114471	0,192630	187,5	07/01/2010	32	399
	4020	99,652950	0,347050	0,000926	99,339191	99,654043	1,267361	0,789041	0,414396	1,146959	367,5	07/01/2010	180	367
	4024	99,776841	0,223159	0,000743	99,524742	99,777405	0,814934	1,227093	0,576186	1,921755	391,5	07/01/2010	24	187
	4031	99,975198	0,024802	0,000248	99,890894	99,975219	0,090571	11,041096	2,509821	29,810959	471,5	07/01/2010	80	163
	4028	99,925577	0,074423	0,000430	99,779630	99,925685	0,271780	3,679452	1,242620	7,289921	471,5	07/01/2010	0	83
	4028	99,950372	0,049628	0,000351	99,831133	99,950431	0,181231	5,517808	1,621611	12,149840	477	07/01/2010	5,5	83
	4028	99,975180	0,024820	0,000248	99,890813	99,975201	0,090638	11,032877	2,507953	29,788767	501,5	07/01/2010	24,5	77,5
	4026	99,950348	0,049652	0,000351	99,831049	99,950407	0,181321	5,515068	1,620806	12,143807	501,5	07/01/2010	0	53
	4023	99,900670	0,099330	0,000496	99,732041	99,900838	0,362733	2,756849	1,021934	5,099298	501,5	07/01/2010	0	53
	4019	99,826130	0,173870	0,000657	99,603248	99,826518	0,634940	1,574951	0,690196	2,586165	501,5	07/01/2010	0	53
	4016	99,776398	0,223602	0,000745	99,523799	99,776964	0,816555	1,224658	0,575044	1,917940	501,5	07/01/2010	0	53
	4017	99,826044	0,173956	0,000657	99,603052	99,826432	0,635256	1,574168	0,689854	2,584879	503,5	07/01/2010	2	53
	4014	99,776286	0,223714	0,000745	99,523563	99,776853	0,816961	1,224049	0,574759	1,916986	503,5	07/01/2010	0	51
	4011	99,726504	0,273496	0,000824	99,447248	99,727270	0,998756	1,001245	0,495405	1,513814	503,5	07/01/2010	0	51
	4009	99,701567	0,298433	0,000860	99,409930	99,702440	1,089823	0,917580	0,464074	1,367264	503,5	07/01/2010	0	51
	4007	99,676617	0,323383	0,000896	99,373110	99,677602	1,180936	0,846786	0,436817	1,245445	503,5	07/01/2010	0	51
	4005	99,651655	0,348345	0,000929	99,336731	99,652755	1,272094	0,786106	0,412858	1,142690	503,5	07/01/2010	0	51
	4003	99,626680	0,373320	0,000962	99,300744	99,627901	1,363297	0,733516	0,391611	1,054923	503,5	07/01/2010	0	51
	4001	99,601693	0,398307	0,000994	99,265111	99,603039	1,454545	0,687500	0,372622	0,979141	503,5	07/01/2010	0	51
	3999	99,576693	0,423307	0,001025	99,229796	99,578168	1,545840	0,646898	0,355537	0,913088	503,5	07/01/2010	0	51
	3997	99,551681	0,448319	0,001054	99,194773	99,553288	1,637179	0,610807	0,340073	0,855034	503,5	07/01/2010	0	51
	3995	99,526657	0,473343	0,001083	99,160015	99,528400	1,728564	0,578515	0,326001	0,803633	503,5	07/01/2010	0	51

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%											pluvio. Hacia adelante (mm)
07/01/2010	3993	99,501620	0,498380	0,001112	99,125502	99,503504	1,819995	0,549452	0,313135	0,757821	503,5	07/01/2010	0	51
Pluviómetro:	3991	99,476570	0,523430	0,001139	99,091214	99,478598	1,911471	0,523157	0,301321	0,716749	503,5	07/01/2010	0	51
447	3988	99,426577	0,573423	0,001192	99,023491	99,428902	2,094038	0,477546	0,280423	0,646359	503,5	07/01/2010	0	51
ID del evento:	3990	99,501247	0,498753	0,001113	99,124850	99,503134	1,821357	0,549041	0,312902	0,757254	524,5	07/01/2010	21	51
89	3987	99,451235	0,548765	0,001167	99,056665	99,453412	2,003993	0,499004	0,290285	0,679389	524,5	07/01/2010	0	30
	3984	99,401198	0,598802	0,001219	98,989291	99,403679	2,186720	0,457306	0,270935	0,615540	524,5	07/01/2010	0	30
	3981	99,351136	0,648864	0,001269	98,922627	99,353934	2,369538	0,422023	0,254170	0,562285	524,5	07/01/2010	0	30
	3979	99,326011	0,673989	0,001293	98,889396	99,328974	2,461289	0,406291	0,246565	0,538783	524,5	07/01/2010	0	30
	3977	99,300874	0,699126	0,001317	98,856305	99,304004	2,553085	0,391683	0,239431	0,517094	524,5	07/01/2010	0	30
	3975	99,275724	0,724276	0,001340	98,823345	99,279025	2,644928	0,378082	0,232724	0,497018	524,5	07/01/2010	0	30
	3973	99,250562	0,749438	0,001363	98,790509	99,254036	2,736816	0,365388	0,226406	0,478384	524,5	07/01/2010	0	30
	3971	99,225387	0,774613	0,001386	98,757791	99,229038	2,828750	0,353513	0,220443	0,461045	524,5	07/01/2010	0	30
	3969	99,200200	0,799800	0,001408	98,725184	99,204030	2,920730	0,342380	0,214804	0,444873	524,5	07/01/2010	0	30
	3967	99,175000	0,825000	0,001430	98,692682	99,179012	3,012756	0,331922	0,209464	0,429755	524,5	07/01/2010	0	30
	3965	99,149787	0,850213	0,001452	98,660280	99,153985	3,104829	0,322079	0,204398	0,415592	524,5	07/01/2010	0	30
	3963	99,124562	0,875438	0,001473	98,627974	99,128948	3,196947	0,312798	0,199585	0,402299	524,5	07/01/2010	0	30
	3960	99,074306	0,925694	0,001515	98,563987	99,079074	3,380476	0,295816	0,190692	0,378117	524,5	07/01/2010	0	30
	3958	99,049049	0,950951	0,001535	98,531948	99,054014	3,472709	0,287960	0,186530	0,367004	524,5	07/01/2010	0	30
	3955	98,998748	1,001252	0,001575	98,468486	99,004111	3,656399	0,273493	0,178800	0,346647	524,5	07/01/2010	0	30
	3953	98,973460	1,026540	0,001595	98,436681	98,979028	3,748747	0,266756	0,175163	0,337223	524,5	07/01/2010	0	30
	3951	98,948159	1,051841	0,001615	98,404946	98,953934	3,841143	0,260339	0,171678	0,328279	524,5	07/01/2010	0	30
	3949	98,922846	1,077154	0,001634	98,373277	98,928830	3,933584	0,254221	0,168336	0,319780	524,5	07/01/2010	0	30
	3947	98,897519	1,102481	0,001653	98,341671	98,903716	4,026072	0,248381	0,165127	0,311693	524,5	07/01/2010	0	30
	3945	98,872180	1,127820	0,001672	98,310127	98,878592	4,118606	0,242801	0,162045	0,303991	524,5	07/01/2010	0	30
	3943	98,846829	1,153171	0,001691	98,278640	98,853457	4,211186	0,237463	0,159081	0,296646	524,5	07/01/2010	0	30
	3941	98,821464	1,178536	0,001709	98,247210	98,828313	4,303813	0,232352	0,156228	0,289635	524,5	07/01/2010	0	30
	3939	98,796087	1,203913	0,001727	98,215834	98,803158	4,396487	0,227454	0,153481	0,282936	524,5	07/01/2010	0	30
	3936	98,745610	1,254390	0,001763	98,153697	98,753129	4,580823	0,218301	0,148315	0,270461	524,5	07/01/2010	0	30
	3933	98,695107	1,304893	0,001798	98,091783	98,703083	4,765252	0,209852	0,143503	0,259007	524,5	07/01/2010	0	30
	3930	98,644578	1,355422	0,001832	98,030080	98,653022	4,949774	0,202029	0,139008	0,248455	524,5	07/01/2010	0	30
	3927	98,594025	1,405975	0,001866	97,968574	98,602944	5,134388	0,194765	0,134799	0,238704	524,5	07/01/2010	0	30
	3924	98,543446	1,456554	0,001899	97,907254	98,552849	5,319095	0,188002	0,130850	0,229666	524,5	07/01/2010	0	30
	3920	98,467722	1,532278	0,001947	97,815873	98,477865	5,595627	0,178711	0,125375	0,217315	524,5	07/01/2010	0	30
	3918	98,442211	1,557789	0,001963	97,785131	98,452609	5,688788	0,175784	0,123635	0,213444	524,5	07/01/2010	0	30
	3916	98,416688	1,583312	0,001979	97,754421	98,427342	5,781996	0,172951	0,121944	0,209703	524,5	07/01/2010	0	30
	3914	98,391151	1,608849	0,001995	97,723741	98,402065	5,875252	0,170205	0,120300	0,206087	524,5	07/01/2010	0	30

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$. %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento		
		(Weibull) %										Prob. De excedencia%	Hacia adelante (mm)	
07/01/2010	3912	98,365602	1,634398	0,002011	97,693091	98,376776	5,968553	0,167545	0,118702	0,202588	524,5	07/01/2010	0	30
Pluviómetro:	3910	98,340040	1,659960	0,002026	97,662469	98,351478	6,061902	0,164965	0,117147	0,199201	524,5	07/01/2010	0	30
447	3908	98,314465	1,685535	0,002042	97,631875	98,326168	6,155298	0,162462	0,115634	0,195922	524,5	07/01/2010	0	30
ID del evento:	3905	98,263714	1,736286	0,002072	97,571373	98,275948	6,340634	0,157713	0,112753	0,189712	524,5	07/01/2010	0	30
89	3901	98,187767	1,812233	0,002117	97,481178	98,200809	6,617980	0,151104	0,108715	0,181105	524,5	07/01/2010	0	30
	3903	98,262840	1,737160	0,002073	97,570160	98,275086	6,343829	0,157634	0,112697	0,189617	527,5	07/01/2010	3	30
	3901	98,237220	1,762780	0,002089	97,539635	98,249737	6,437390	0,155342	0,111298	0,186631	532	07/01/2010	4,5	27
	3902	98,287154	1,712846	0,002060	97,598909	98,299148	6,255040	0,159871	0,114046	0,192550	554,5	07/01/2010	22,5	22,5
	3899	98,236332	1,763668	0,002090	97,538405	98,248862	6,440635	0,155264	0,111243	0,186537	554,5	07/01/2010	0	0
	3895	98,160282	1,839718	0,002134	97,448205	98,173628	6,718356	0,148846	0,107311	0,178192	554,5	07/01/2010	0	0
	3892	98,109403	1,890597	0,002163	97,388016	98,123304	6,904161	0,144840	0,104838	0,173006	554,5	07/01/2010	0	0
	3890	98,083712	1,916288	0,002177	97,357634	98,097897	6,997982	0,142898	0,103632	0,170499	554,5	07/01/2010	0	0
	3888	98,058008	1,941992	0,002192	97,327272	98,072479	7,091850	0,141007	0,102455	0,168061	554,5	07/01/2010	0	0
	3886	98,032291	1,967709	0,002206	97,296929	98,047051	7,185765	0,139164	0,101305	0,165690	554,5	07/01/2010	0	0
	3884	98,006561	1,993439	0,002221	97,266605	98,021611	7,279727	0,137368	0,100181	0,163382	554,5	07/01/2010	0	0
	3882	97,980818	2,019182	0,002235	97,236299	97,996161	7,373737	0,135616	0,099082	0,161134	554,5	07/01/2010	0	0
	3880	97,955062	2,044938	0,002249	97,206010	97,970699	7,467795	0,133908	0,098008	0,158945	554,5	07/01/2010	0	0
	3878	97,929293	2,070707	0,002263	97,175739	97,945227	7,561900	0,132242	0,096958	0,156813	554,5	07/01/2010	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada			Desv. estándar binomial	Límite superior para $P(X \leq x)$		Prob. observada de excedencia convertida	Límite inferior para $P(X > x)$	Límite superior para $T(a)$	Límite superior para $T(a)$	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
	Orden	$P(X \leq x)$	Prob. De excedencia%		Límite inferior para $P(X \leq x)$	%								T (a)
05/03/2009	22467	97,158796	2,841204	0,001093	96,797859	97,169351	9,911345	0,100894	0,089522	0,107491	14,2	05/03/2009	14,2	242,6
Pluviómetro:	21932	94,976615	5,023385	0,001437	94,512441	95,001166	17,522659	0,057069	0,052242	0,059845	16,5	05/03/2009	2,3	228,4
141	22658	98,158818	1,841182	0,000885	97,863504	98,164357	6,422332	0,155707	0,134184	0,168428	44,9	05/03/2009	28,4	226,1
ID del evento:	22464	97,356332	2,643668	0,001056	97,006728	97,365825	9,221371	0,108444	0,095778	0,115809	45,5	05/03/2009	0,6	197,7
94	22247	96,453501	3,546499	0,001218	96,054119	96,468186	12,370318	0,080839	0,072657	0,085558	45,5	05/03/2009	0	197,1
	22030	95,549965	4,450035	0,001358	95,108777	95,570513	15,521615	0,064426	0,058615	0,067769	45,5	05/03/2009	0	197,1
	22025	95,565583	4,434417	0,001356	95,124976	95,586028	15,466871	0,064654	0,058811	0,068015	50,5	05/03/2009	5	197,1
	21832	94,765171	5,234829	0,001467	94,292357	94,791289	18,258327	0,054770	0,050232	0,057380	50,5	05/03/2009	0	192,1
	21635	93,946763	6,053237	0,001571	93,444805	93,979105	21,112448	0,047365	0,043738	0,049456	50,5	05/03/2009	0	192,1
	21435	93,114683	6,885317	0,001669	92,586329	93,153752	24,014155	0,041642	0,038674	0,043358	50,5	05/03/2009	0	192,1
	21232	92,268915	7,731085	0,001761	91,716553	92,315197	26,963500	0,037087	0,034614	0,038523	50,5	05/03/2009	0	192,1
	21014	91,357273	8,642727	0,001853	90,781773	91,411718	30,142483	0,033176	0,031105	0,034385	50,5	05/03/2009	0	192,1
	20801	90,466664	9,533336	0,001937	89,870939	90,529441	33,248005	0,030077	0,028308	0,031116	50,5	05/03/2009	0	192,1
	20582	89,549252	10,450748	0,002018	88,934864	89,620953	36,446893	0,027437	0,025914	0,028338	50,5	05/03/2009	0	192,1
	20356	88,600653	11,399347	0,002097	87,969033	88,681917	39,754429	0,025154	0,023834	0,025941	50,5	05/03/2009	0	192,1
	20128	87,642602	12,357398	0,002172	86,995486	87,733844	43,094812	0,023205	0,022050	0,023898	50,5	05/03/2009	0	192,1
	19897	86,670732	13,329268	0,002243	86,009670	86,772398	46,483270	0,021513	0,020497	0,022129	50,5	05/03/2009	0	192,1
	19655	85,650166	14,349834	0,002314	84,976209	85,763080	50,041426	0,019983	0,019087	0,020531	50,5	05/03/2009	0	192,1
	19418	84,650595	15,349405	0,002380	83,965593	84,774804	53,526239	0,018682	0,017884	0,019175	50,5	05/03/2009	0	192,1
	19164	83,576101	16,423899	0,002447	82,880841	83,712730	57,272197	0,017460	0,016751	0,017903	50,5	05/03/2009	0	192,1
	18913	82,513852	17,486148	0,002509	81,809955	82,663020	60,975325	0,016400	0,015765	0,016800	50,5	05/03/2009	0	192,1
	18660	81,442039	18,557961	0,002568	80,730834	81,604099	64,711671	0,015453	0,014883	0,015817	50,5	05/03/2009	0	192,1
	18418	80,417413	19,582587	0,002622	79,700440	80,592004	68,283349	0,014645	0,014128	0,014978	50,5	05/03/2009	0	192,1
	18179	79,405084	20,594916	0,002673	78,683512	79,592235	71,812018	0,013925	0,013454	0,014232	50,5	05/03/2009	0	192,1
	17951	78,440026	21,559974	0,002718	77,715017	78,639302	75,175739	0,013302	0,012869	0,013587	50,5	05/03/2009	0	192,1
	17709	77,413009	22,586991	0,002765	76,685316	77,625330	78,755376	0,012698	0,012301	0,012962	50,5	05/03/2009	0	192,1
	17475	76,420169	23,579831	0,002807	75,690768	76,645229	82,215724	0,012163	0,011798	0,012409	50,5	05/03/2009	0	192,1
	17872	78,187068	21,812932	0,002732	77,460914	78,389653	76,053742	0,013149	0,012725	0,013429	56,5	05/03/2009	6	192,1
	20790	90,988665	9,011335	0,001894	90,402621	91,046705	31,418687	0,031828	0,029885	0,032966	105,5	05/03/2009	49	186,1
	20670	90,499124	9,500876	0,001940	89,902105	90,561801	33,124922	0,030189	0,028404	0,031237	105,5	05/03/2009	0	137,1
	20868	91,402041	8,597959	0,001855	90,825464	91,456278	29,976362	0,033360	0,031263	0,034583	116	05/03/2009	10,5	137,1
	21727	95,193656	4,806344	0,001416	94,735396	95,216793	16,756853	0,059677	0,054482	0,062666	153,8	05/03/2009	37,8	126,6
	21785	95,472872	4,527128	0,001376	95,026105	95,494057	15,783206	0,063358	0,057667	0,066633	159,1	05/03/2009	5,3	88,8
	21754	95,362090	4,637910	0,001392	94,910617	95,384047	16,169242	0,061846	0,056360	0,065002	162,4	05/03/2009	3,3	83,5
	21792	95,553802	4,446198	0,001365	95,110366	95,574435	15,500691	0,064513	0,058663	0,067880	168	05/03/2009	5,6	80,2
	21729	95,302632	4,697368	0,001401	94,848579	95,325011	16,376147	0,061064	0,055682	0,064161	168	05/03/2009	0	74,6

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Límite superior para P(X≤x) %	Prob. observada de		Límite inferior para T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada		Lluvia acumulada del evento					
	Orden	P(X≤x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial		Límite inferior para P(X≤x) %	excedencia convertida				T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	Fecha final del evento	R. lluvia diaria (mm)	Fecha final del evento	pluvio. (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)
05/03/2009	21665	95,046942	4,953058	0,001437	94,582510	95,071145	17,267337	0,057913	0,052948	0,060769	168	05/03/2009	0	74,6				
Pluviómetro:	21604	94,804283	5,195717	0,001470	94,330368	94,830256	18,113081	0,055209	0,050594	0,057865	168	05/03/2009	0	74,6				
141	21610	94,855588	5,144412	0,001464	94,383574	94,881187	17,934012	0,055760	0,051074	0,058457	170,7	05/03/2009	2,7	74,6				
ID del evento:	21546	94,599579	5,400421	0,001498	94,117856	94,627079	18,826267	0,053117	0,048767	0,055622	170,7	05/03/2009	0	71,9				
94	21479	94,330259	5,669741	0,001533	93,838712	94,359804	19,764901	0,050595	0,046558	0,052920	170,7	05/03/2009	0	71,9				
	21414	94,069584	5,930416	0,001565	93,568880	94,101149	20,673379	0,048371	0,044605	0,050542	170,7	05/03/2009	0	71,9				
	21360	93,857105	6,142895	0,001592	93,349170	93,890349	21,413823	0,046699	0,043132	0,048756	171,5	05/03/2009	0,8	71,9				
	21293	93,587377	6,412623	0,001624	93,070577	93,622788	22,353818	0,044735	0,041399	0,046661	171,5	05/03/2009	0	71,1				
	21230	93,335092	6,664908	0,001654	92,810284	93,372568	23,232985	0,043042	0,039900	0,044858	172,1	05/03/2009	0,6	71,1				
	21156	93,034301	6,965699	0,001688	92,500302	93,074283	24,281215	0,041184	0,038252	0,042881	172,7	05/03/2009	0,6	70,5				
	21080	92,724554	7,275446	0,001723	92,181463	92,767166	25,360639	0,039431	0,036692	0,041018	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	21008	92,432242	7,567758	0,001754	91,880893	92,477383	26,379260	0,037909	0,035334	0,039403	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	20933	92,126573	7,873427	0,001787	91,566913	92,174404	27,444416	0,036437	0,034019	0,037843	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	20854	91,803134	8,196866	0,001820	91,235024	91,853859	28,571489	0,035000	0,032731	0,036321	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	20780	91,501541	8,498459	0,001850	90,925846	91,555010	29,622388	0,033758	0,031617	0,035008	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	20702	91,182171	8,817829	0,001882	90,598748	91,238591	30,735226	0,032536	0,030517	0,033716	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	20629	90,884659	9,115341	0,001911	90,294299	90,943870	31,771846	0,031474	0,029560	0,032596	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	20557	90,591398	9,408602	0,001938	89,994438	90,653397	32,793629	0,030494	0,028674	0,031562	172,7	05/03/2009	0	69,9				
	20540	90,540421	9,459579	0,001943	89,942273	90,602915	32,970914	0,030330	0,028526	0,031389	174,1	05/03/2009	1,4	69,9				
	20464	90,229277	9,770723	0,001972	89,624422	90,294775	34,054987	0,029364	0,027652	0,030372	174,1	05/03/2009	0	68,5				
	20600	90,852959	9,147041	0,001914	90,261570	90,912500	31,880817	0,031367	0,029462	0,032483	181,4	05/03/2009	7,3	68,5				
	20530	90,568202	9,431798	0,001941	89,970420	90,630455	32,872910	0,030420	0,028607	0,031485	181,4	05/03/2009	0	61,2				
	20459	90,278881	9,721119	0,001968	89,674826	90,343925	33,880883	0,029515	0,027788	0,030531	181,4	05/03/2009	0	61,2				
	20389	89,993821	10,006179	0,001994	89,383792	90,061648	34,873983	0,028675	0,027027	0,029646	181,4	05/03/2009	0	61,2				
	20316	89,695364	10,304636	0,002020	89,079300	89,766141	35,913747	0,027844	0,026274	0,028772	181,4	05/03/2009	0	61,2				
	20595	90,951245	9,048755	0,001906	90,361697	91,009900	31,536369	0,031709	0,029770	0,032845	192,8	05/03/2009	11,4	61,2				
	20551	90,776978	9,223022	0,001923	90,183424	90,837283	32,143399	0,031111	0,029230	0,032213	193,8	05/03/2009	1	49,8				
	20490	90,527525	9,472475	0,001946	89,928409	90,590214	33,012445	0,030292	0,028490	0,031350	193,8	05/03/2009	0	48,8				
	20426	90,264705	9,735295	0,001971	89,659911	90,329933	33,928059	0,029474	0,027750	0,030488	193,8	05/03/2009	0	48,8				
	20362	90,001768	9,998232	0,001994	89,391470	90,069566	34,844060	0,028699	0,027048	0,029673	193,8	05/03/2009	0	48,8				
	20290	89,703347	10,296653	0,002021	89,087017	89,774092	35,883706	0,027868	0,026294	0,028798	193,8	05/03/2009	0	48,8				
	20298	89,758557	10,241443	0,002016	89,143246	89,828763	35,690944	0,028018	0,026430	0,028956	196,7	05/03/2009	2,9	48,8				
	20353	90,021673	9,978327	0,001993	89,411578	90,089298	34,773649	0,028757	0,027100	0,029734	200,1	05/03/2009	3,4	45,9				
	20275	89,696514	10,303486	0,002022	89,079846	89,767351	35,906441	0,027850	0,026277	0,028779	200,1	05/03/2009	0	42,5				
	20201	89,388911	10,611089	0,002049	88,766253	89,462825	36,978031	0,027043	0,025544	0,027931	200,1	05/03/2009	0	42,5				
	20127	89,081172	10,918828	0,002075	88,452739	89,158200	38,050074	0,026281	0,024851	0,027130	200,1	05/03/2009	0	42,5				

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %			Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)				
05/03/2009	20052	88,768870	11,231130	0,002101	88,134792	88,849094	39,137997	0,025551	0,024185	0,026363	200,1	05/03/2009	0	42,5
Pluviómetro:	19973	88,438718	11,561282	0,002128	87,798902	88,522359	40,288100	0,024821	0,023520	0,025598	200,1	05/03/2009	0	42,5
141	19894	88,108419	11,891581	0,002154	87,463089	88,195517	41,438689	0,024132	0,022890	0,024875	200,1	05/03/2009	0	42,5
ID del evento:	19814	87,773545	12,226455	0,002180	87,122846	87,864184	42,605202	0,023471	0,022285	0,024183	200,1	05/03/2009	0	42,5
94	19739	87,460676	12,539324	0,002204	86,805152	87,554659	43,695008	0,022886	0,021749	0,023570	200,1	05/03/2009	0	42,5
	19652	87,094487	12,905513	0,002232	86,433559	87,192422	44,970594	0,022237	0,021153	0,022891	200,1	05/03/2009	0	42,5
	19566	86,732568	13,267432	0,002259	86,066536	86,834451	46,231274	0,021630	0,020596	0,022256	200,1	05/03/2009	0	42,5
	19478	86,361621	13,638379	0,002285	85,690595	86,467591	47,523386	0,021042	0,020056	0,021642	200,1	05/03/2009	0	42,5
	19389	85,986075	14,013925	0,002312	85,310230	86,096223	48,831499	0,020479	0,019536	0,021053	200,1	05/03/2009	0	42,5
	19922	88,369411	11,630589	0,002135	87,727866	88,453847	40,526360	0,024675	0,023385	0,025445	215,7	05/03/2009	15,6	42,5
	20193	89,591375	10,408625	0,002034	88,971767	89,663360	36,268107	0,027572	0,026023	0,028488	229,5	05/03/2009	13,8	26,9
	20128	89,322801	10,677199	0,002057	88,698000	89,397487	37,203559	0,026879	0,025393	0,027760	229,5	05/03/2009	0	13,1
	20066	89,067424	10,932576	0,002079	88,437835	89,144703	38,093008	0,026252	0,024822	0,027100	229,5	05/03/2009	0	13,1
	19999	88,789735	11,210265	0,002102	88,155109	88,869861	39,060182	0,025602	0,024230	0,026418	229,5	05/03/2009	0	13,1
	19924	88,476398	11,523602	0,002128	87,836296	88,559768	40,151547	0,024906	0,023595	0,025687	229,5	05/03/2009	0	13,1
	20017	88,909123	11,090877	0,002093	88,276472	88,988043	38,643417	0,025878	0,024481	0,026708	237,3	05/03/2009	7,8	13,1
	20060	89,119908	10,880092	0,002076	88,490997	89,196687	37,908609	0,026379	0,024938	0,027235	242,6	05/03/2009	5,3	5,3
	19998	88,864202	11,135798	0,002097	88,230610	88,943599	38,799152	0,025774	0,024386	0,026599	242,6	05/03/2009	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada										Lluvia acumulada del evento				
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%		Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %		Límite superior para P(X<=x) %	Prob. observada de excedencia convertida	Límite superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)
			Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial		Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %			Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)				
20/12/1996	18845	89,584522	10,415478	0,002106	88,943022	89,659105	36,493338	0,027402	0,025812	0,028344	0,4	20/12/1996	0,4	555,9	
Pluviómetro:	20297	96,528273	3,471727	0,001262	96,113935	96,543175	12,163890	0,082211	0,073445	0,087293	26,4	20/12/1996	26	555,5	
102	20941	99,624167	0,375833	0,000422	99,481207	99,624707	1,316787	0,759424	0,550154	0,904406	83,4	20/12/1996	57	529,5	
ID del evento:	20909	99,505068	0,494932	0,000484	99,341279	99,505883	1,734046	0,576686	0,433294	0,672583	93,4	20/12/1996	10	472,5	
101	20904	99,514424	0,485576	0,000480	99,352141	99,515216	1,701243	0,587806	0,440565	0,686510	105,4	20/12/1996	12	462,5	
	20903	99,542835	0,457165	0,000466	99,385277	99,543559	1,601682	0,624344	0,464319	0,732425	122,9	20/12/1996	17,5	450,5	
	20871	99,423590	0,576410	0,000523	99,246961	99,424614	2,019433	0,495188	0,379040	0,571499	123,4	20/12/1996	0,5	433	
	20899	99,590183	0,409817	0,000441	99,440851	99,590798	1,435759	0,696496	0,510482	0,823915	154,9	20/12/1996	31,5	432,5	
	20878	99,523310	0,476690	0,000476	99,362389	99,524081	1,670022	0,598795	0,447670	0,700349	161,4	20/12/1996	6,5	401	
	20869	99,513614	0,486386	0,000480	99,351061	99,514409	1,703968	0,586865	0,439862	0,685411	170,9	20/12/1996	9,5	394,5	
	20836	99,389429	0,610571	0,000538	99,207614	99,390546	2,138998	0,467509	0,360237	0,537543	170,9	20/12/1996	0	385	
	20802	99,260390	0,739610	0,000592	99,060639	99,261879	2,591024	0,385948	0,303878	0,438454	170,9	20/12/1996	0	385	
	20766	99,121718	0,878282	0,000645	98,904465	99,123643	3,076782	0,325015	0,260562	0,365569	170,9	20/12/1996	0	385	
	20782	99,231247	0,768753	0,000604	99,027619	99,232824	2,693048	0,371326	0,293567	0,420886	183,9	20/12/1996	13	385	
	20749	99,106802	0,893198	0,000650	98,887687	99,108776	3,128954	0,319596	0,256638	0,359150	183,9	20/12/1996	0	372	
	20770	99,240289	0,759711	0,000600	99,037767	99,241839	2,661301	0,375756	0,296670	0,426223	195,4	20/12/1996	11,5	372	
	20790	99,369085	0,630915	0,000547	99,184137	99,370259	2,210092	0,452470	0,349899	0,519210	214,9	20/12/1996	19,5	360,5	
	20765	99,282811	0,717189	0,000583	99,085847	99,284234	2,512275	0,398046	0,312282	0,453099	214,9	20/12/1996	0	341	
	20738	99,186914	0,813086	0,000621	98,977463	99,188631	2,848159	0,351104	0,279186	0,396697	214,9	20/12/1996	0	341	
	20712	99,095737	0,904263	0,000655	98,875122	99,097750	3,167501	0,315706	0,253789	0,354570	214,9	20/12/1996	0	341	
	20681	98,980569	1,019431	0,000695	98,746694	98,982977	3,570871	0,280044	0,227786	0,312498	214,9	20/12/1996	0	341	
	20651	98,870111	1,129889	0,000731	98,624263	98,872920	3,957730	0,252670	0,207517	0,280473	214,9	20/12/1996	0	341	
	20617	98,740421	1,259579	0,000772	98,481314	98,743727	4,411940	0,226658	0,187987	0,250268	214,9	20/12/1996	0	341	
	20575	98,572318	1,427682	0,000821	98,297120	98,576304	5,000690	0,199972	0,167655	0,219525	214,9	20/12/1996	0	341	
	20535	98,413687	1,586313	0,000865	98,124255	98,418353	5,556245	0,179978	0,152207	0,196661	214,9	20/12/1996	0	341	
	20496	98,259744	1,740256	0,000905	97,957253	98,265101	6,095367	0,164059	0,139765	0,178570	214,9	20/12/1996	0	341	
	20461	98,124880	1,875120	0,000939	97,811480	98,130869	6,567648	0,152262	0,130457	0,165229	214,9	20/12/1996	0	341	
	20420	97,961142	2,038858	0,000979	97,635108	97,967927	7,141049	0,140035	0,120730	0,151465	214,9	20/12/1996	0	341	
	20377	97,787696	2,212304	0,001019	97,448922	97,795360	7,748434	0,129058	0,111920	0,139163	214,9	20/12/1996	0	341	
	20330	97,594931	2,405069	0,001062	97,242690	97,603611	8,423465	0,118716	0,103550	0,127624	214,9	20/12/1996	0	341	
	20285	97,411640	2,588360	0,001100	97,047192	97,421324	9,065294	0,110311	0,096696	0,118283	214,9	20/12/1996	0	341	
	20242	97,237834	2,762166	0,001136	96,862293	97,248502	9,673888	0,103371	0,090999	0,110598	214,9	20/12/1996	0	341	
	20201	97,073522	2,926478	0,001168	96,687887	97,085148	10,249216	0,097568	0,086208	0,104191	214,9	20/12/1996	0	341	
	20160	96,909100	3,090900	0,001200	96,513719	96,921710	10,824916	0,092379	0,081903	0,098476	214,9	20/12/1996	0	341	
	20123	96,763801	3,236199	0,001227	96,360075	96,777303	11,333626	0,088233	0,078447	0,093921	215,9	20/12/1996	1	341	
	20199	97,161961	2,838039	0,001152	96,781486	97,173074	9,939078	0,100613	0,088719	0,107554	230,9	20/12/1996	15	340	

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada de excedencia convertida				E. Lluvia acumulada en el evento		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	Weibull %		Desv. estándar binomial	Límite superior para P(X<=x) %		T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	Fecha final del evento	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)		
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		Límite inferior para P(X<=x). %	%							pluvio. (mm)	
20/12/1996	20257	97,473775	2,526225	0,001089	97,113020	97,483125	8,846953	0,113033	0,098909	0,121313	239,9	20/12/1996	9	325
Pluviómetro:	20272	97,578821	2,421179	0,001066	97,225014	97,587600	8,478964	0,117939	0,102902	0,126770	246,9	20/12/1996	7	316
102	20442	98,430277	1,569723	0,000863	98,141611	98,434881	5,497090	0,181914	0,153657	0,198908	275,9	20/12/1996	29	309
ID del evento:	20732	99,860315	0,139685	0,000259	99,772306	99,860438	0,489163	2,044308	1,254133	2,689224	477,9	20/12/1996	202	280
101	20721	99,840995	0,159005	0,000277	99,747107	99,841144	0,556814	1,795932	1,129185	2,326996	477,9	20/12/1996	0	78
	20710	99,821661	0,178339	0,000293	99,722241	99,821839	0,624509	1,601259	1,028112	2,048387	477,9	20/12/1996	0	78
	20699	99,802314	0,197686	0,000308	99,697654	99,802522	0,692247	1,444571	0,944516	1,827727	477,9	20/12/1996	0	78
	20688	99,782955	0,217045	0,000323	99,673302	99,783193	0,760030	1,315738	0,874126	1,648820	477,9	20/12/1996	0	78
	20676	99,758757	0,241243	0,000341	99,643176	99,759037	0,844751	1,183781	0,800336	1,468044	477,9	20/12/1996	0	78
	20663	99,729717	0,270283	0,000361	99,607410	99,730048	0,946428	1,056605	0,727432	1,296317	477,9	20/12/1996	0	78
	20650	99,700657	0,299343	0,000380	99,571977	99,701043	1,048170	0,954043	0,667222	1,159718	477,9	20/12/1996	0	78
	20636	99,666747	0,333253	0,000401	99,531021	99,667201	1,166891	0,856978	0,608962	1,032076	477,9	20/12/1996	0	78
	20622	99,632815	0,367185	0,000420	99,490395	99,633340	1,285688	0,777794	0,560423	0,929191	477,9	20/12/1996	0	78
	20610	99,608525	0,391475	0,000434	99,461499	99,609103	1,370717	0,729545	0,530358	0,867081	477,9	20/12/1996	0	78
	20597	99,579385	0,420615	0,000450	99,427026	99,580029	1,472730	0,679011	0,498456	0,802510	477,9	20/12/1996	0	78
	20582	99,540552	0,459448	0,000470	99,381381	99,541287	1,608675	0,621629	0,461684	0,729805	477,9	20/12/1996	0	78
	20569	99,511369	0,488631	0,000485	99,347265	99,512175	1,710832	0,584511	0,437559	0,683145	477,9	20/12/1996	0	78
	20557	99,487006	0,512994	0,000497	99,318894	99,487873	1,796110	0,556759	0,419339	0,648456	477,9	20/12/1996	0	78
	20544	99,457785	0,542215	0,000511	99,284998	99,458727	1,898393	0,526761	0,399465	0,611150	477,9	20/12/1996	0	78
	20532	99,433387	0,566613	0,000522	99,256790	99,434393	1,983788	0,504086	0,384309	0,583088	477,9	20/12/1996	0	78
	20519	99,404128	0,595872	0,000536	99,223078	99,405213	2,086199	0,479341	0,367638	0,552598	477,9	20/12/1996	0	78
	20507	99,379695	0,620305	0,000547	99,195008	99,380847	2,171710	0,460467	0,354823	0,529443	477,9	20/12/1996	0	78
	20495	99,355245	0,644755	0,000557	99,166991	99,356467	2,257277	0,443012	0,342894	0,508106	477,9	20/12/1996	0	78
	20481	99,321080	0,678920	0,000572	99,127970	99,322400	2,376855	0,420724	0,327555	0,480968	477,9	20/12/1996	0	78
	20467	99,286892	0,713108	0,000586	99,089048	99,288313	2,496510	0,400559	0,313564	0,456524	477,9	20/12/1996	0	78
	20453	99,252681	0,747319	0,000600	99,050217	99,254206	2,616244	0,382227	0,300748	0,434394	477,9	20/12/1996	0	78
	20439	99,218447	0,781553	0,000614	99,011469	99,220077	2,736055	0,365490	0,288964	0,414267	477,9	20/12/1996	0	78
	20426	99,189045	0,810955	0,000625	98,978268	99,190768	2,838946	0,352243	0,279578	0,398394	477,9	20/12/1996	0	78
	20411	99,149908	0,850092	0,000640	98,934195	99,151757	2,975913	0,336031	0,268021	0,379031	477,9	20/12/1996	0	78
	20396	99,110744	0,889256	0,000654	98,890212	99,112723	3,112970	0,321237	0,257402	0,361427	477,9	20/12/1996	0	78
	20381	99,071554	0,928446	0,000669	98,846310	99,073664	3,250117	0,307681	0,247610	0,345353	477,9	20/12/1996	0	78
	20367	99,037199	0,962801	0,000681	98,807906	99,039428	3,370331	0,296707	0,239637	0,332381	477,9	20/12/1996	0	78
	20434	99,396828	0,603172	0,000540	99,214322	99,397936	2,111401	0,473619	0,363601	0,545707	527,9	20/12/1996	50	78
	20485	99,678848	0,321152	0,000395	99,545086	99,679279	1,124178	0,889539	0,627981	1,075386	555,9	20/12/1996	28	28
	20473	99,654400	0,345600	0,000409	99,515668	99,654881	1,209738	0,826626	0,589846	0,993115	555,9	20/12/1996	0	0
	20459	99,620198	0,379802	0,000429	99,474812	99,620752	1,329442	0,752195	0,543968	0,896711	555,9	20/12/1996	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$. %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		(Weibull) % $P(X \leq x)$												Hacia adelante (mm)
20/12/1996	20447	99,595714	0,404286	0,000443	99,445745	99,596322	1,415125	0,706651	0,515448	0,838248	555,9	20/12/1996	0	0
Pluviómetro:	20434	99,566340	0,433660	0,000459	99,411061	99,567017	1,517920	0,658796	0,485099	0,777256	555,9	20/12/1996	0	0
102	20420	99,532073	0,467927	0,000476	99,370831	99,532831	1,637842	0,610559	0,454087	0,716249	555,9	20/12/1996	0	0
ID del evento:	20406	99,497781	0,502219	0,000494	99,330794	99,498624	1,757844	0,568879	0,426926	0,663932	555,9	20/12/1996	0	0
101	20392	99,463467	0,536533	0,000510	99,290929	99,464398	1,877923	0,532503	0,402929	0,618586	555,9	20/12/1996	0	0
	20379	99,434008	0,565992	0,000524	99,256845	99,435017	1,981004	0,504795	0,384455	0,584248	555,9	20/12/1996	0	0
	20366	99,404529	0,595471	0,000538	99,222861	99,405618	2,084152	0,479811	0,367648	0,553441	555,9	20/12/1996	0	0
	20352	99,370148	0,629852	0,000553	99,183374	99,371332	2,204457	0,453626	0,349875	0,521311	555,9	20/12/1996	0	0
	20336	99,325974	0,674026	0,000572	99,132857	99,327285	2,359030	0,423903	0,329498	0,485042	555,9	20/12/1996	0	0
	20321	99,286657	0,713343	0,000588	99,088071	99,288083	2,496603	0,400544	0,313320	0,456698	555,9	20/12/1996	0	0
	20306	99,247312	0,752688	0,000604	99,043409	99,248858	2,634268	0,379612	0,298696	0,431420	555,9	20/12/1996	0	0
	20291	99,207940	0,792060	0,000620	98,998862	99,209609	2,772022	0,360748	0,285409	0,408741	555,9	20/12/1996	0	0
	20275	99,163651	0,836349	0,000637	98,948913	99,165462	2,926984	0,341649	0,271850	0,385879	555,9	20/12/1996	0	0
	20257	99,109545	0,890455	0,000657	98,888114	99,111535	3,116292	0,320894	0,256988	0,361151	555,9	20/12/1996	0	0
	20239	99,055403	0,944597	0,000677	98,827487	99,057577	3,305725	0,302506	0,243704	0,339348	555,9	20/12/1996	0	0
	20223	99,011016	0,988984	0,000692	98,777923	99,013344	3,461015	0,288933	0,233823	0,323322	555,9	20/12/1996	0	0
	20207	98,966598	1,033402	0,000708	98,728448	98,969085	3,616407	0,276518	0,224728	0,308712	555,9	20/12/1996	0	0
	20190	98,917251	1,082749	0,000724	98,673621	98,919917	3,789046	0,263919	0,215442	0,293936	555,9	20/12/1996	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento
		Prob. De excedencia%	%											adelante (mm)
20/12/1996	23017	99,537277	0,462723	0,000446	99,386236	99,537979	1,614176	0,619511	0,467055	0,721091	40	20/12/1996	40	404
Pluviómetro:	23006	99,627577	0,372423	0,000401	99,491794	99,628084	1,299094	0,769767	0,564100	0,910618	66	20/12/1996	26	364
141	23009	99,679418	0,320582	0,000372	99,553316	99,679823	1,118241	0,894261	0,641806	1,070707	91	20/12/1996	25	338
ID del evento:	23023	99,778972	0,221028	0,000309	99,674088	99,779204	0,770967	1,297072	0,879653	1,605502	121	20/12/1996	30	313
102	23007	99,748537	0,251463	0,000330	99,636694	99,748819	0,877113	1,140104	0,789126	1,394284	131	20/12/1996	10	283
	22989	99,709403	0,290597	0,000355	99,589219	99,709753	1,013595	0,986588	0,697938	1,191197	143	20/12/1996	12	273
	22950	99,579121	0,420879	0,000426	99,434739	99,579731	1,467991	0,681203	0,507207	0,798540	143	20/12/1996	0	261
	22964	99,678792	0,321208	0,000373	99,552445	99,679199	1,120329	0,892595	0,640612	1,068711	155	20/12/1996	12	261
	22950	99,656954	0,343046	0,000385	99,526401	99,657404	1,196473	0,835790	0,605394	0,995376	164	20/12/1996	9	249
	22948	99,687228	0,312772	0,000368	99,562488	99,687620	1,090864	0,916705	0,655340	1,100080	181	20/12/1996	17	240
	22924	99,621920	0,378080	0,000405	99,484881	99,622440	1,318620	0,758369	0,556617	0,896330	181	20/12/1996	0	223
	22901	99,560908	0,439092	0,000436	99,413331	99,561559	1,531384	0,653004	0,488741	0,763224	181	20/12/1996	0	223
	22874	99,482451	0,517549	0,000473	99,322390	99,483284	1,804978	0,554023	0,423155	0,640140	181	20/12/1996	0	223
	22851	99,421337	0,578663	0,000500	99,252212	99,422321	2,018084	0,495520	0,383449	0,568353	181	20/12/1996	0	223
	22826	99,351469	0,648531	0,000530	99,172578	99,352637	2,261707	0,442144	0,346551	0,503522	181	20/12/1996	0	223
	22820	99,364278	0,635722	0,000524	99,187093	99,365411	2,216999	0,451060	0,352745	0,514321	192	20/12/1996	11	223
	22862	99,586183	0,413817	0,000424	99,442722	99,586779	1,443108	0,692949	0,514562	0,813563	222	20/12/1996	30	212
	22841	99,533728	0,466272	0,000450	99,381537	99,534441	1,626004	0,615004	0,463664	0,715844	222	20/12/1996	0	182
	22819	99,476873	0,523127	0,000476	99,315776	99,477721	1,824240	0,548174	0,419109	0,633023	222	20/12/1996	0	182
	22797	99,419974	0,580026	0,000501	99,250454	99,420963	2,022624	0,494407	0,382590	0,567077	222	20/12/1996	0	182
	22774	99,358667	0,641333	0,000527	99,180543	99,359816	2,236370	0,447153	0,349956	0,509650	222	20/12/1996	0	182
	22748	99,284218	0,715782	0,000557	99,096214	99,285573	2,495935	0,400652	0,317309	0,453648	222	20/12/1996	0	182
	22725	99,222809	0,777191	0,000580	99,027050	99,224343	2,710019	0,369001	0,294757	0,415837	222	20/12/1996	0	182
	22701	99,156984	0,843016	0,000604	98,953266	99,158716	2,939495	0,340194	0,273985	0,381649	222	20/12/1996	0	182
	22672	99,069259	0,930741	0,000635	98,855446	99,071268	3,245325	0,308136	0,250573	0,343861	222	20/12/1996	0	182
	22646	98,994579	1,005421	0,000660	98,772561	98,996834	3,505658	0,285253	0,233657	0,317068	222	20/12/1996	0	182
	22619	98,915468	1,084532	0,000685	98,685111	98,917993	3,781435	0,264450	0,218121	0,292843	222	20/12/1996	0	182
	22590	98,827544	1,172456	0,000712	98,588304	98,830382	4,087927	0,244623	0,203167	0,269877	222	20/12/1996	0	182
	22559	98,730798	1,269202	0,000741	98,482199	98,733994	4,425167	0,225980	0,188967	0,248396	222	20/12/1996	0	182
	22529	98,638354	1,361646	0,000767	98,381171	98,641904	4,747397	0,210642	0,177177	0,230809	222	20/12/1996	0	182
	22499	98,545837	1,454163	0,000792	98,280382	98,549754	5,069869	0,197244	0,166796	0,215513	222	20/12/1996	0	182
	22471	98,453382	1,546618	0,000817	98,179963	98,457678	5,392132	0,185455	0,157595	0,202106	222	20/12/1996	0	182
	22441	98,347796	1,652204	0,000844	98,065614	98,352536	5,760183	0,173606	0,148281	0,188680	222	20/12/1996	0	182
	22407	98,224619	1,775381	0,000874	97,932618	98,229896	6,189549	0,161563	0,138743	0,175089	222	20/12/1996	0	182
	22443	98,408314	1,591686	0,000829	98,131020	98,412799	5,549064	0,180211	0,153473	0,196162	234	20/12/1996	12	182
	22416	98,315789	1,684211	0,000852	98,030915	98,320670	5,871560	0,170313	0,145673	0,184963	234	20/12/1996	0	170

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %			Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento	
		Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Prob. De excedencia%										pluvio. (mm)	adelante (mm)
20/12/1996	22429	98,398701	1,601299	0,000831	98,120539	98,403228	5,582443	0,179133	0,152621	0,194945	245	20/12/1996	11	170	
Pluviómetro:	22433	98,442163	1,557837	0,000820	98,167583	98,446508	5,430865	0,184133	0,156541	0,200617	250	20/12/1996	5	159	
141	22478	98,665613	1,334387	0,000760	98,410589	98,669062	4,651826	0,214969	0,180477	0,235789	270	20/12/1996	20	154	
ID del evento:	22659	99,486301	0,513699	0,000474	99,326070	99,487129	1,790791	0,558412	0,425646	0,645951	368	20/12/1996	98	134	
102	22646	99,455424	0,544576	0,000488	99,290502	99,456327	1,898410	0,526757	0,404313	0,606956	368	20/12/1996	0	36	
	22633	99,424530	0,575470	0,000501	99,255051	99,425511	2,006083	0,498484	0,385077	0,572312	368	20/12/1996	0	36	
	22621	99,398014	0,601986	0,000513	99,224721	99,399063	2,098493	0,476532	0,370016	0,545537	368	20/12/1996	0	36	
	22606	99,358298	0,641702	0,000529	99,179464	99,359453	2,236914	0,447044	0,349612	0,509740	368	20/12/1996	0	36	
	22593	99,327354	0,672646	0,000542	99,144320	99,328594	2,344754	0,426484	0,335257	0,484902	368	20/12/1996	0	36	
	22581	99,300792	0,699208	0,000553	99,114229	99,302105	2,437319	0,410287	0,323871	0,465409	368	20/12/1996	0	36	
	22570	99,278614	0,721386	0,000561	99,089153	99,279990	2,514598	0,397678	0,314959	0,450279	368	20/12/1996	0	36	
	22559	99,256424	0,743576	0,000570	99,064111	99,257865	2,591916	0,385815	0,306535	0,436081	368	20/12/1996	0	36	
	22546	99,225420	0,774580	0,000582	99,029205	99,226952	2,699954	0,370377	0,295517	0,417655	368	20/12/1996	0	36	
	22534	99,198803	0,801197	0,000592	98,999298	99,200414	2,792702	0,358076	0,286689	0,403018	368	20/12/1996	0	36	
	22524	99,180978	0,819022	0,000598	98,979294	99,182643	2,854800	0,350287	0,281073	0,393772	368	20/12/1996	0	36	
	22514	99,163143	0,836857	0,000605	98,959304	99,164863	2,916930	0,342826	0,275677	0,384931	368	20/12/1996	0	36	
	22503	99,140893	0,859107	0,000613	98,934404	99,142683	2,994447	0,333952	0,269239	0,374433	368	20/12/1996	0	36	
	22493	99,123039	0,876961	0,000619	98,914444	99,124884	3,056643	0,327156	0,264292	0,366409	368	20/12/1996	0	36	
	22483	99,105175	0,894825	0,000625	98,894495	99,107077	3,118870	0,320629	0,259526	0,358715	368	20/12/1996	0	36	
	22472	99,082892	0,917108	0,000633	98,869649	99,084866	3,196497	0,312842	0,253824	0,349550	368	20/12/1996	0	36	
	22461	99,060598	0,939402	0,000641	98,844823	99,062644	3,274163	0,305422	0,248372	0,340831	368	20/12/1996	0	36	
	22450	99,038292	0,961708	0,000648	98,820015	99,040411	3,351868	0,298341	0,243153	0,332527	368	20/12/1996	0	36	
	22439	99,015974	0,984026	0,000656	98,795224	99,018168	3,429613	0,291578	0,238153	0,324608	368	20/12/1996	0	36	
	22428	98,993644	1,006356	0,000663	98,770449	98,995913	3,507397	0,285112	0,233357	0,317050	368	20/12/1996	0	36	
	22415	98,962472	1,037528	0,000673	98,735925	98,964848	3,615994	0,276549	0,226986	0,307058	368	20/12/1996	0	36	
	22402	98,931284	1,068716	0,000683	98,701435	98,933767	3,724647	0,268482	0,220960	0,297665	368	20/12/1996	0	36	
	22390	98,900128	1,099872	0,000693	98,667037	98,902720	3,833193	0,260879	0,215260	0,288830	368	20/12/1996	0	36	
	22377	98,864540	1,135460	0,000704	98,627809	98,867259	3,957182	0,252705	0,209108	0,279351	368	20/12/1996	0	36	
	22363	98,824517	1,175483	0,000717	98,583770	98,827381	4,096624	0,244103	0,202608	0,269398	368	20/12/1996	0	36	
	22347	98,775636	1,224364	0,000731	98,530090	98,778680	4,266934	0,234360	0,195211	0,258152	368	20/12/1996	0	36	
	22333	98,735576	1,264424	0,000743	98,486169	98,738770	4,406501	0,226937	0,189549	0,249606	368	20/12/1996	0	36	
	22318	98,691076	1,308924	0,000756	98,437462	98,694440	4,561537	0,219224	0,183642	0,240744	368	20/12/1996	0	36	
	22374	98,960591	1,039409	0,000675	98,733639	98,962975	3,622255	0,276071	0,226595	0,306527	404	20/12/1996	36	36	
	22362	98,929393	1,070607	0,000685	98,699143	98,931885	3,730940	0,268029	0,220588	0,297163	404	20/12/1996	0	0	
	22349	98,893756	1,106244	0,000696	98,659807	98,896373	3,855091	0,259397	0,214116	0,287133	404	20/12/1996	0	0	
	22337	98,862530	1,137470	0,000706	98,625387	98,865258	3,963871	0,252279	0,208757	0,278879	404	20/12/1996	0	0	

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)	
		$P(X \leq x)$	Prob. De excedencia%		Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %								
20/12/1996	22325	98,831290	1,168710	0,000715	98,591000	98,834131	4,072697	0,245538	0,203664	0,271078	404	20/12/1996	0	0
Pluviómetro:	22311	98,791180	1,208820	0,000727	98,546923	98,794168	4,212429	0,237393	0,197488	0,261670	404	20/12/1996	0	0
141	22298	98,755481	1,244519	0,000738	98,507751	98,758603	4,336786	0,230585	0,192306	0,253825	404	20/12/1996	0	0
ID del evento:	22284	98,715336	1,284664	0,000750	98,463768	98,718610	4,476634	0,223382	0,186802	0,245539	404	20/12/1996	0	0
102	22272	98,684036	1,315964	0,000759	98,429514	98,687430	4,585660	0,218071	0,182729	0,239441	404	20/12/1996	0	0
	22260	98,652721	1,347279	0,000768	98,395283	98,656237	4,694732	0,213005	0,178833	0,233633	404	20/12/1996	0	0
	22248	98,621393	1,378607	0,000776	98,361074	98,625032	4,803851	0,208166	0,175102	0,228095	404	20/12/1996	0	0
	22236	98,590051	1,409949	0,000785	98,326886	98,593814	4,913016	0,203541	0,171526	0,222808	404	20/12/1996	0	0
	22226	98,567564	1,432436	0,000791	98,302370	98,571418	4,991321	0,200348	0,169051	0,219163	404	20/12/1996	0	0
	22215	98,540632	1,459368	0,000799	98,273036	98,544595	5,085115	0,196652	0,166181	0,214949	404	20/12/1996	0	0
	22203	98,509251	1,490749	0,000807	98,238893	98,513342	5,194409	0,192515	0,162961	0,210236	404	20/12/1996	0	0
	22190	98,473418	1,526582	0,000817	98,199949	98,477657	5,319212	0,187998	0,159437	0,205098	404	20/12/1996	0	0
	22178	98,442008	1,557992	0,000825	98,165842	98,446379	5,428602	0,184209	0,156473	0,200794	404	20/12/1996	0	0
	22165	98,406145	1,593855	0,000834	98,126939	98,410667	5,553507	0,180066	0,153225	0,196094	404	20/12/1996	0	0
	22152	98,370265	1,629735	0,000844	98,088058	98,374941	5,678465	0,176104	0,150111	0,191604	404	20/12/1996	0	0
	22139	98,334370	1,665630	0,000853	98,049196	98,339200	5,803477	0,172311	0,147122	0,187311	404	20/12/1996	0	0
	22124	98,289573	1,710427	0,000864	98,000755	98,294599	5,959500	0,167799	0,143558	0,182213	404	20/12/1996	0	0
	22109	98,244756	1,755244	0,000875	97,952347	98,249981	6,115589	0,163517	0,140166	0,177380	404	20/12/1996	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %			Prob. observada de excedencia convertida				E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)		Fecha final del evento del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)	
		Prob. De excedencia %	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)				Límite superior para T (a)
12/11/1996	9258	99,377415	0,622585	0,000815	99,102044	99,379140	2,146841	0,465801	0,322956	0,569459	36	12/11/1996	36	202,1
Pluviómetro:	9309	99,978520	0,021480	0,000152	99,926893	99,978531	0,074067	13,501370	3,966887	29,730246	140	12/11/1996	104	166,1
392	9298	99,914034	0,085966	0,000304	99,810823	99,914123	0,296417	3,373630	1,533053	5,400557	140	12/11/1996	0	62,1
ID del evento:	9287	99,849479	0,150521	0,000402	99,713003	99,849684	0,518992	1,926810	1,010554	2,801633	140	12/11/1996	0	62,1
110	9273	99,752582	0,247418	0,000515	99,577816	99,753015	0,853064	1,172245	0,686987	1,587284	140	12/11/1996	0	62,1
	9258	99,644818	0,355182	0,000617	99,435706	99,645563	1,224583	0,816604	0,513993	1,057847	140	12/11/1996	0	62,1
	9245	99,558475	0,441525	0,000688	99,325568	99,559508	1,522226	0,656933	0,430069	0,830969	140	12/11/1996	0	62,1
	9229	99,439716	0,560284	0,000775	99,177747	99,441192	1,931610	0,517703	0,352764	0,639414	140	12/11/1996	0	62,1
	9212	99,310047	0,689953	0,000860	99,019831	99,312064	2,378577	0,420420	0,295938	0,509455	140	12/11/1996	0	62,1
	9195	99,180239	0,819761	0,000937	98,864434	99,182850	2,825998	0,353857	0,255448	0,422581	140	12/11/1996	0	62,1
	9174	99,007123	0,992877	0,001030	98,660383	99,010600	3,422689	0,292168	0,216545	0,343696	140	12/11/1996	0	62,1
	9154	98,844617	1,155383	0,001111	98,471396	98,848980	3,982766	0,251082	0,189778	0,292109	140	12/11/1996	0	62,1
	9133	98,671132	1,328868	0,001190	98,271816	98,676510	4,580655	0,218309	0,167867	0,251551	140	12/11/1996	0	62,1
	9115	98,529889	1,470111	0,001251	98,110675	98,536144	5,067374	0,197341	0,153554	0,225897	140	12/11/1996	0	62,1
	9089	98,301968	1,698032	0,001344	97,852870	98,309726	5,852824	0,170858	0,135121	0,193842	140	12/11/1996	0	62,1
	9065	98,095444	1,904556	0,001422	97,621188	98,104652	6,564480	0,152335	0,121964	0,171670	140	12/11/1996	0	62,1
	9040	97,877869	2,122131	0,001500	97,378786	97,888690	7,314181	0,136721	0,110689	0,153146	140	12/11/1996	0	62,1
	9015	97,660058	2,339942	0,001573	97,137595	97,672577	8,064648	0,123998	0,101365	0,138173	140	12/11/1996	0	62,1
	8993	97,474529	2,525471	0,001634	96,933147	97,488555	8,703817	0,114892	0,094611	0,127526	140	12/11/1996	0	62,1
	8969	97,267108	2,732892	0,001698	96,705577	97,282885	9,418390	0,106175	0,088078	0,117390	140	12/11/1996	0	62,1
	8945	97,059462	2,940538	0,001760	96,478695	97,077057	10,133695	0,098681	0,082405	0,108721	140	12/11/1996	0	62,1
	8919	96,829877	3,170123	0,001826	96,228840	96,849555	10,924559	0,091537	0,076948	0,100498	140	12/11/1996	0	62,1
	8894	96,610906	3,389094	0,001886	95,991396	96,632638	11,678802	0,085625	0,072392	0,093726	140	12/11/1996	0	62,1
	8869	96,391697	3,608303	0,001944	95,754467	96,415550	12,433819	0,080426	0,068354	0,087793	140	12/11/1996	0	62,1
	8840	96,128752	3,871248	0,002012	95,471232	96,155231	13,339493	0,074965	0,064081	0,081588	140	12/11/1996	0	62,1
	8809	95,843760	4,156240	0,002082	95,165311	95,873181	14,321076	0,069827	0,060028	0,075773	140	12/11/1996	0	62,1
	8776	95,536686	4,463314	0,002155	94,836807	95,569383	15,378687	0,065025	0,056211	0,070361	140	12/11/1996	0	62,1
	8738	95,174818	4,825182	0,002237	94,451053	95,211511	16,625026	0,060150	0,052305	0,064890	140	12/11/1996	0	62,1
	8694	94,747167	5,252833	0,002329	93,996889	94,788762	18,097932	0,055255	0,048349	0,059420	140	12/11/1996	0	62,1
	8680	94,646167	5,353833	0,002351	93,889716	94,688957	18,445348	0,054214	0,047503	0,058261	143,1	12/11/1996	3,1	62,1
	8856	96,617936	3,382064	0,001888	95,997652	96,639649	11,651735	0,085824	0,072523	0,093970	174,6	12/11/1996	31,5	59
	8832	96,408689	3,591311	0,001944	95,771407	96,432428	12,372244	0,080826	0,068645	0,088265	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8810	96,221057	3,778943	0,001993	95,569069	96,246663	13,018246	0,076815	0,065512	0,083702	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8785	96,000437	3,999563	0,002048	95,331809	96,028293	13,777847	0,072580	0,062185	0,078900	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8760	95,779576	4,220424	0,002102	95,094917	95,809745	14,538231	0,068784	0,059183	0,074609	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8729	95,492834	4,507166	0,002170	94,788281	95,526089	15,525501	0,064410	0,055703	0,069682	174,6	12/11/1996	0	27,5

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada					Prob. observada de excedencia		Límite superior para $P(X \leq x)$			E. Lluvia acumulada	Fecha final del evento	R. lluvia diaria	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante
	Orden	P($X \leq x$)	Prob. De excedencia %	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	pluvio. (mm)	pluvio. (mm)	(mm)	(mm)
12/11/1996	8700	95,227671	4,772329	0,002230	94,505509	95,263862	16,438384	0,060833	0,052838	0,065667	174,6	12/11/1996	0	27,5
Pluviómetro:	8671	94,962217	5,037783	0,002289	94,223140	95,001425	17,352212	0,057630	0,050257	0,062081	174,6	12/11/1996	0	27,5
392	8642	94,696472	5,303528	0,002346	93,941126	94,738775	18,266984	0,054744	0,047919	0,058860	174,6	12/11/1996	0	27,5
ID del evento:	8613	94,430435	5,569565	0,002401	93,659425	94,475910	19,182702	0,052130	0,045791	0,055951	174,6	12/11/1996	0	27,5
110	8582	94,142168	5,857832	0,002460	93,354858	94,191157	20,174930	0,049566	0,043694	0,053105	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8553	93,875535	6,124465	0,002512	93,073705	93,927847	21,092585	0,047410	0,041922	0,050716	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8525	93,619591	6,380409	0,002561	92,804299	93,675156	21,973371	0,045510	0,040353	0,048615	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8496	93,352379	6,647621	0,002611	92,523522	93,411402	22,892909	0,043682	0,038839	0,046599	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8466	93,073879	6,926121	0,002662	92,231389	93,136573	23,851260	0,041927	0,037380	0,044666	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8436	92,795072	7,204928	0,002712	91,939416	92,861508	24,810606	0,040305	0,036027	0,042884	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8403	92,482941	7,517059	0,002766	91,613114	92,553641	25,884643	0,038633	0,034626	0,041050	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8368	92,148442	7,851558	0,002823	91,264048	92,223797	27,035633	0,036988	0,033244	0,039249	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8336	91,846628	8,153372	0,002873	90,949574	91,926261	28,074005	0,035620	0,032090	0,037754	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8303	91,533458	8,466542	0,002923	90,623758	91,617602	29,151414	0,034304	0,030975	0,036317	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8270	91,219943	8,780057	0,002972	90,298054	91,308676	30,229945	0,033080	0,029937	0,034984	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8238	90,917117	9,082883	0,003019	89,983873	91,010351	31,271601	0,031978	0,028998	0,033785	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8208	90,636042	9,363958	0,003062	89,692599	90,733513	32,238309	0,031019	0,028180	0,032743	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8177	90,343608	9,656392	0,003105	89,389916	90,445544	33,244060	0,030081	0,027377	0,031725	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8147	90,061906	9,938094	0,003146	89,098658	90,168198	34,212804	0,029229	0,026646	0,030802	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8117	89,779892	10,220108	0,003186	88,807388	89,890597	35,182558	0,028423	0,025954	0,029929	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8088	89,508632	10,491368	0,003224	88,527498	89,623632	36,115228	0,027689	0,025321	0,029136	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8061	89,259218	10,740782	0,003258	88,270363	89,378210	36,972640	0,027047	0,024767	0,028442	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8034	89,009528	10,990472	0,003292	88,013164	89,132554	37,830948	0,026433	0,024236	0,027780	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8006	88,748476	11,251524	0,003327	87,744501	88,875760	38,728309	0,025821	0,023706	0,027119	174,6	12/11/1996	0	27,5
	7979	88,498225	11,501775	0,003360	87,487157	88,629630	39,588432	0,025260	0,023219	0,026514	174,6	12/11/1996	0	27,5
	7953	88,258795	11,741205	0,003391	87,241118	88,394178	40,411260	0,024746	0,022772	0,025961	174,6	12/11/1996	0	27,5
	8117	90,128803	9,871197	0,003143	89,165601	90,234296	33,973929	0,029434	0,026818	0,031028	191,3	12/11/1996	16,7	27,5
	8148	90,523275	9,476725	0,003087	89,573049	90,622753	32,615232	0,030661	0,027866	0,032359	197,4	12/11/1996	6,1	10,8
	8123	90,295687	9,704313	0,003121	89,337476	90,398668	33,397443	0,029942	0,027252	0,031580	197,4	12/11/1996	0	4,7
	8100	90,090090	9,909910	0,003151	89,124819	90,196270	34,103922	0,029322	0,026720	0,030907	197,4	12/11/1996	0	4,7
	8076	89,873136	10,126864	0,003183	88,900608	89,982720	34,849439	0,028695	0,026181	0,030228	197,4	12/11/1996	0	4,7
	8049	89,622536	10,377464	0,003218	88,641891	89,736086	35,710687	0,028003	0,025585	0,029479	197,4	12/11/1996	0	4,7
	8023	89,382799	10,617201	0,003252	88,394592	89,500181	36,534503	0,027371	0,025041	0,028797	197,4	12/11/1996	0	4,7
	7997	89,142793	10,857207	0,003285	88,147225	89,264049	37,359185	0,026767	0,024519	0,028144	197,4	12/11/1996	0	4,7
	7970	88,891367	11,108633	0,003319	87,888315	89,016717	38,223110	0,026162	0,023996	0,027491	197,4	12/11/1996	0	4,7
	7940	88,606182	11,393818	0,003357	87,594939	88,736218	39,203135	0,025508	0,023429	0,026786	197,4	12/11/1996	0	4,7

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %			Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)				
12/11/1996	7911	88,331845	11,668155	0,003393	87,312964	88,466433	40,145774	0,024909	0,022909	0,026140	197,4	12/11/1996	0	4,7
Pluviómetro:	7893	88,180092	11,819908	0,003413	87,156963	88,317235	40,666596	0,024590	0,022631	0,025797	198,6	12/11/1996	1,2	4,7
392	7892	88,218198	11,781802	0,003409	87,195772	88,354746	40,534190	0,024671	0,022701	0,025884	202,1	12/11/1996	3,5	3,5
ID del evento:	7864	87,954368	12,045632	0,003443	86,924904	88,095356	41,440544	0,024131	0,022231	0,025303	202,1	12/11/1996	0	0
110	7837	87,701432	12,298568	0,003474	86,665411	87,846716	42,309356	0,023635	0,021799	0,024771	202,1	12/11/1996	0	0
	7812	87,470608	12,529392	0,003503	86,428743	87,619846	43,102047	0,023201	0,021420	0,024304	202,1	12/11/1996	0	0
	7786	87,228322	12,771678	0,003533	86,180506	87,381739	43,934115	0,022761	0,021036	0,023832	202,1	12/11/1996	0	0
	7758	86,963345	13,036655	0,003565	85,909240	87,121366	44,844179	0,022299	0,020631	0,023336	202,1	12/11/1996	0	0
	7735	86,754150	13,245850	0,003590	85,695156	86,915840	45,562308	0,021948	0,020323	0,022959	202,1	12/11/1996	0	0
	7712	86,544720	13,455280	0,003615	85,480951	86,710106	46,281197	0,021607	0,020024	0,022594	202,1	12/11/1996	0	0
	7690	86,346283	13,653717	0,003639	85,278083	86,515195	46,962226	0,021294	0,019749	0,022258	202,1	12/11/1996	0	0
	7666	86,125154	13,874846	0,003664	85,052171	86,298013	47,721258	0,020955	0,019451	0,021896	202,1	12/11/1996	0	0
	7642	85,903777	14,096223	0,003690	84,826132	86,080611	48,481093	0,020627	0,019162	0,021544	202,1	12/11/1996	0	0
	7618	85,682150	14,317850	0,003715	84,599963	85,862989	49,241734	0,020308	0,018881	0,021204	202,1	12/11/1996	0	0
	7591	85,426514	14,573486	0,003743	84,339285	85,611991	50,119287	0,019952	0,018567	0,020824	202,1	12/11/1996	0	0
	7563	85,159329	14,840671	0,003773	84,067015	85,349686	51,036495	0,019594	0,018251	0,020441	202,1	12/11/1996	0	0
	7536	84,903110	15,096890	0,003800	83,806066	85,098178	51,915932	0,019262	0,017957	0,020086	202,1	12/11/1996	0	0
	7508	84,635329	15,364671	0,003829	83,533520	84,835351	52,835068	0,018927	0,017660	0,019729	202,1	12/11/1996	0	0

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada			Desv. estándar binomial	Prob. observada de excedencia			E. Lluvia acumulada			Lluvia acumulada del evento				
	Orden	(Weibull) %			Prob. De excedencia %	Límite inferior para P(X<=x) %	Límite superior para P(X<=x) %	excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	%												
12/11/1996	16125	98,605760	1,394240	0,000917	98,298352	98,610107	4,299220	0,232600	0,190580	0,258605	38	12/11/1996	38	381,5	
Pluviómetro:	16300	99,975466	0,024534	0,000123	99,933773	99,975476	0,075616	13,224658	4,899062	24,464582	200	12/11/1996	162	343,5	
153	16242	99,920025	0,079975	0,000222	99,844697	99,920085	0,246378	4,058799	2,090130	5,971796	200	12/11/1996	0	181,5	
ID del evento:	16181	99,845736	0,154264	0,000308	99,741076	99,845898	0,475781	2,101808	1,252233	2,815894	200	12/11/1996	0	181,5	
114	16120	99,770997	0,229003	0,000376	99,643430	99,771290	0,705959	1,416512	0,909738	1,811956	200	12/11/1996	0	181,5	
	16050	99,639930	0,360070	0,000472	99,480043	99,640508	1,109539	0,901275	0,624132	1,102103	200	12/11/1996	0	181,5	
	15973	99,464475	0,535525	0,000576	99,269703	99,465523	1,649501	0,606244	0,444558	0,717084	200	12/11/1996	0	181,5	
	15900	99,312929	0,687071	0,000653	99,092481	99,314455	2,115273	0,472752	0,357915	0,549119	200	12/11/1996	0	181,5	
	15819	99,110331	0,889669	0,000743	98,859862	99,112580	2,737837	0,365252	0,285012	0,417128	200	12/11/1996	0	181,5	
	15731	98,862494	1,137506	0,000841	98,579905	98,865745	3,498835	0,285809	0,228935	0,321719	200	12/11/1996	0	181,5	
	15640	98,594213	1,405787	0,000935	98,280858	98,598681	4,321935	0,231378	0,189204	0,257533	200	12/11/1996	0	181,5	
	15553	98,349564	1,650436	0,001013	98,010774	98,355249	5,071603	0,197176	0,163595	0,217753	200	12/11/1996	0	181,5	
	15462	98,078021	1,921979	0,001094	97,713370	98,085167	5,903122	0,169402	0,142387	0,185787	200	12/11/1996	0	181,5	
	15360	97,734793	2,265207	0,001187	97,340381	97,743934	6,954614	0,143789	0,122466	0,156598	200	12/11/1996	0	181,5	
	15254	97,363886	2,636114	0,001280	96,940166	97,375358	8,089348	0,123619	0,106501	0,133823	200	12/11/1996	0	181,5	
	15148	96,990652	3,009348	0,001367	96,539824	97,004640	9,230066	0,108342	0,094226	0,116709	200	12/11/1996	0	181,5	
	15048	96,653607	3,346393	0,001441	96,179934	96,670006	10,259225	0,097473	0,085387	0,104611	200	12/11/1996	0	181,5	
	14947	96,307990	3,692010	0,001514	95,812343	96,326991	11,332087	0,088245	0,077800	0,094395	200	12/11/1996	0	181,5	
	14844	95,947256	4,052744	0,001585	95,430058	95,969102	12,433042	0,080431	0,071328	0,085780	200	12/11/1996	0	181,5	
	14741	95,584230	4,415770	0,001654	95,046573	95,609069	13,539874	0,073856	0,065839	0,078560	200	12/11/1996	0	181,5	
	14637	95,212385	4,787615	0,001722	94,654926	95,240416	14,672565	0,068154	0,061046	0,072322	200	12/11/1996	0	181,5	
	14533	94,838162	5,161838	0,001787	94,261816	94,869532	15,811336	0,063246	0,056893	0,066969	200	12/11/1996	0	181,5	
	14433	94,487725	5,512275	0,001847	93,894484	94,522334	16,876064	0,059256	0,053498	0,062630	200	12/11/1996	0	181,5	
	14333	94,135032	5,864968	0,001904	93,525551	94,173005	17,946537	0,055721	0,050476	0,058797	200	12/11/1996	0	181,5	
	14232	93,773473	6,226527	0,001961	93,148094	93,814998	19,042953	0,052513	0,047720	0,055325	200	12/11/1996	0	181,5	
	14131	93,409572	6,590428	0,002017	92,768884	93,454775	20,179948	0,049554	0,045164	0,052133	200	12/11/1996	0	181,5	
	14030	93,043305	6,956695	0,002072	92,387860	93,092312	21,290314	0,046970	0,042925	0,049348	200	12/11/1996	0	181,5	
	13927	92,661344	7,338656	0,002127	91,991197	92,714419	22,447449	0,044548	0,040821	0,046744	200	12/11/1996	0	181,5	
	13824	92,276884	7,723116	0,002181	91,592565	92,334158	23,610925	0,042353	0,038906	0,044387	200	12/11/1996	0	181,5	
	13798	92,405572	7,594428	0,002168	91,724443	92,461551	23,205135	0,043094	0,039547	0,045185	206	12/11/1996	6	181,5	
	14271	95,887926	4,112074	0,001628	95,357256	95,910683	12,557904	0,079631	0,070529	0,084990	270	12/11/1996	64	175,5	
	14264	96,125076	3,874924	0,001584	95,607257	96,145950	11,827942	0,084546	0,074579	0,090422	282	12/11/1996	12	111,5	
	14189	95,884579	4,115421	0,001633	95,352198	95,907429	12,556346	0,079641	0,070519	0,085013	282	12/11/1996	0	99,5	
	14115	95,649522	4,350478	0,001679	95,103403	95,674362	13,267467	0,075372	0,066966	0,080318	282	12/11/1996	0	99,5	
	14038	95,386288	4,613712	0,001729	94,825449	95,413415	14,063954	0,071104	0,063397	0,075634	282	12/11/1996	0	99,5	
	13956	95,087552	4,912448	0,001784	94,510773	95,117350	14,967865	0,066810	0,059790	0,070935	282	12/11/1996	0	99,5	

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x) %		Prob. observada de excedencia convertida		Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)	
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		Límite superior para P(X<=x) %	excedencia	T para P(X>x) (a)	R. lluvia diaria (mm)					pluvio. (mm)	
12/11/1996	13872	94,767045	5,232955	0,001841	94,173966	94,799794	15,937411	0,062745	0,056358	0,066497	282	12/11/1996	0	99,5
Pluviómetro:	13790	94,458525	5,541475	0,001894	93,850380	94,494202	16,869573	0,059278	0,053416	0,062722	282	12/11/1996	0	99,5
153	13710	94,162088	5,837912	0,001943	93,539994	94,200657	17,766134	0,056287	0,050866	0,059472	282	12/11/1996	0	99,5
ID del evento:	13632	93,877832	6,122168	0,001990	93,242804	93,919245	18,622876	0,053697	0,048651	0,056664	282	12/11/1996	0	99,5
114	13553	93,585140	6,414860	0,002036	92,937277	93,629548	19,505580	0,051267	0,046565	0,054034	282	12/11/1996	0	99,5
	13474	93,290868	6,709132	0,002082	92,630543	93,338356	20,391179	0,049041	0,044647	0,051628	282	12/11/1996	0	99,5
	13397	93,008886	6,991114	0,002125	92,336975	93,059391	21,388129	0,046755	0,042655	0,049171	282	12/11/1996	0	99,5
	13322	92,739297	7,260703	0,002165	92,056603	92,792746	22,203138	0,045039	0,041168	0,047322	282	12/11/1996	0	99,5
	13247	92,468240	7,531760	0,002205	91,775023	92,524704	23,104247	0,043282	0,039634	0,045436	282	12/11/1996	0	99,5
	13168	92,161254	7,838746	0,002249	91,456635	92,221185	24,298621	0,041155	0,037760	0,043162	282	12/11/1996	0	99,5
	13094	91,887719	8,112281	0,002287	91,173150	91,950805	25,136423	0,039783	0,036562	0,041690	282	12/11/1996	0	99,5
	13018	91,598649	8,401351	0,002327	90,873921	91,665120	26,021615	0,038430	0,035378	0,040239	282	12/11/1996	0	99,5
	12934	91,251587	8,748413	0,002373	90,515256	91,322180	27,135919	0,036852	0,033991	0,038551	282	12/11/1996	0	99,5
	12855	90,938031	9,061969	0,002415	90,191478	91,012425	28,359617	0,035261	0,032578	0,036859	282	12/11/1996	0	99,5
	12776	90,622783	9,377217	0,002455	89,866284	90,701062	29,334914	0,034089	0,031544	0,035606	282	12/11/1996	0	99,5
	12694	90,284495	9,715505	0,002498	89,517744	90,367005	30,381451	0,032915	0,030507	0,034353	282	12/11/1996	0	99,5
	12616	89,972900	10,027100	0,002537	89,196930	90,059378	31,343676	0,031904	0,029613	0,033276	282	12/11/1996	0	99,5
	12539	89,666762	10,333238	0,002574	88,881989	89,757200	32,653851	0,030624	0,028463	0,031921	282	12/11/1996	0	99,5
	12459	89,337444	10,662556	0,002614	88,543572	89,432194	33,682202	0,029689	0,027632	0,030926	282	12/11/1996	0	99,5
	12379	89,006327	10,993673	0,002653	88,203606	89,105476	34,849819	0,028695	0,026742	0,029872	282	12/11/1996	0	99,5
	12296	88,651766	11,348234	0,002693	87,839962	88,755685	36,308538	0,027542	0,025703	0,028653	282	12/11/1996	0	99,5
	12212	88,281645	11,718355	0,002735	87,460773	88,390606	37,480362	0,026681	0,024934	0,027739	282	12/11/1996	0	99,5
	12123	87,873297	12,126703	0,002779	87,042921	87,987890	38,773573	0,025791	0,024138	0,026796	282	12/11/1996	0	99,5
	12034	87,462752	12,537248	0,002823	86,623220	87,583093	40,152095	0,024905	0,023342	0,025859	282	12/11/1996	0	99,5
	11948	87,065510	12,934490	0,002865	86,217475	87,191495	41,410994	0,024148	0,022662	0,025057	282	12/11/1996	0	99,5
	11862	86,666180	13,333820	0,002906	85,809946	86,797913	42,760624	0,023386	0,021975	0,024252	282	12/11/1996	0	99,5
	11914	87,250092	12,749908	0,002854	86,403349	87,373827	40,876431	0,024464	0,022940	0,025395	291,5	12/11/1996	9,5	99,5
	11951	87,720200	12,279800	0,002812	86,881536	87,837603	39,358363	0,025408	0,023783	0,026397	301	12/11/1996	9,5	90
	11872	87,339072	12,660928	0,002852	86,492073	87,461855	40,650036	0,024600	0,023058	0,025542	301	12/11/1996	0	80,5
	11789	86,926707	13,073293	0,002895	86,071137	87,055380	41,962456	0,023831	0,022367	0,024728	301	12/11/1996	0	80,5
	11796	87,177592	12,822408	0,002874	86,325626	87,302903	41,145799	0,024304	0,022790	0,025230	304	12/11/1996	3	80,5
	11718	86,800000	13,200000	0,002913	85,940205	86,930752	42,345703	0,023615	0,022171	0,024501	304	12/11/1996	0	77,5
	11643	86,442943	13,557057	0,002950	85,575972	86,578912	43,479027	0,023000	0,021617	0,023850	304	12/11/1996	0	77,5
	11568	86,084239	13,915761	0,002986	85,210329	86,225509	44,616943	0,022413	0,021089	0,023231	304	12/11/1996	0	77,5
	11487	85,679123	14,320877	0,003025	84,797817	85,826429	45,996324	0,021741	0,020480	0,022522	304	12/11/1996	0	77,5
	11406	85,272129	14,727871	0,003064	84,383721	85,425572	47,290365	0,021146	0,019943	0,021894	304	12/11/1996	0	77,5

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %		Límite superior para $P(X \leq x)$ %		Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para superior para T (a)		E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		$P(X \leq x)$	Prob. De excedencia%		$P(X \leq x)$	%	%	T (a)			T (a)					
12/11/1996	11330	84,900712	15,099288	0,003099	84,006004	85,059832	48,568646	0,020589	0,019438	0,021308	304	12/11/1996	0	77,5		
Pluviómetro:	11263	84,595163	15,404837	0,003129	83,695276	84,759033	49,639613	0,020145	0,019033	0,020841	305,5	12/11/1996	1,5	77,5		
153	11376	85,643303	14,356697	0,003043	84,757343	85,791820	46,249502	0,021622	0,020365	0,022401	321,5	12/11/1996	16	76		
ID del evento:	11300	85,270148	14,729852	0,003079	84,377563	85,424336	47,438578	0,021080	0,019875	0,021829	321,5	12/11/1996	0	60		
114	11224	84,888822	15,111178	0,003115	83,989797	85,048858	48,653679	0,020553	0,019399	0,021274	321,5	12/11/1996	0	60		
	11151	84,528502	15,471498	0,003149	83,623580	84,694133	49,800455	0,020080	0,018971	0,020775	321,5	12/11/1996	0	60		
	11073	84,122161	15,877839	0,003186	83,211033	84,294134	51,197987	0,019532	0,018472	0,020198	321,5	12/11/1996	0	60		
	10991	83,683569	16,316431	0,003224	82,766146	83,862446	52,598682	0,019012	0,018000	0,019651	321,5	12/11/1996	0	60		
	10912	83,265929	16,734071	0,003261	82,342765	83,451459	54,492818	0,018351	0,017392	0,018959	321,5	12/11/1996	0	60		
	10835	82,861731	17,138269	0,003296	81,933251	83,053769	55,795703	0,017923	0,017001	0,018508	321,5	12/11/1996	0	60		
	10763	82,494060	17,505940	0,003327	81,560877	82,692089	56,979017	0,017550	0,016662	0,018117	321,5	12/11/1996	0	60		
	10691	82,118442	17,881558	0,003359	81,180728	82,322633	58,188044	0,017186	0,016329	0,017734	321,5	12/11/1996	0	60		
	10621	81,756601	18,243399	0,003389	80,814686	81,966782	59,351630	0,016849	0,016022	0,017381	321,5	12/11/1996	0	60		
	10553	81,408625	18,591375	0,003417	80,462814	81,624620	60,469513	0,016537	0,015737	0,017054	321,5	12/11/1996	0	60		
	10486	81,066873	18,933127	0,003445	80,117386	81,288625	61,566568	0,016243	0,015467	0,016745	321,5	12/11/1996	0	60		
	10416	80,700395	19,299605	0,003474	79,747224	80,928347	63,276150	0,015804	0,015060	0,016287	321,5	12/11/1996	0	60		
	10991	85,340477	14,659523	0,003117	84,436104	85,495827	48,052437	0,020811	0,019601	0,021563	381,5	12/11/1996	60	60		
	10935	85,090654	14,909346	0,003142	84,181622	85,249933	48,860476	0,020466	0,019290	0,021200	381,5	12/11/1996	0	0		

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada			Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento	
		(Weibull) %	Prob. De excedencia %	Desv. estándar binomial										Hacia adelante (mm)	
		$P(X \leq x)$	%	%											
01/01/1997	20105	99,029652	0,970348	0,000688	98,798003	99,031922	3,542118	0,282317	0,227909	0,316346	28,3	01/01/1997	28,3	732,6	
Pluviómetro:	19973	98,394010	1,605990	0,000882	98,098836	98,398827	5,862443	0,170577	0,144094	0,186509	36,5	01/01/1997	8,2	704,3	
225	19935	98,221324	1,778676	0,000928	97,911482	98,226935	6,492806	0,154017	0,131167	0,167674	46,5	01/01/1997	10	696,1	
ID del evento:	20073	98,915882	1,084118	0,000727	98,671396	98,918562	3,957420	0,252690	0,206191	0,281495	69,7	01/01/1997	23,2	686,1	
153	20071	98,920651	1,079349	0,000725	98,676667	98,923313	3,940014	0,253806	0,207012	0,282805	79,7	01/01/1997	10	662,9	
	19977	98,471928	1,528072	0,000861	98,183577	98,476402	5,578013	0,179275	0,150816	0,196453	79,7	01/01/1997	0	652,9	
	19878	97,998422	2,001578	0,000983	97,670759	98,005115	7,306479	0,136865	0,117612	0,148296	79,9	01/01/1997	0,2	652,9	
	19801	97,633253	2,366747	0,001067	97,278915	97,641842	8,639479	0,115748	0,100675	0,124622	82	01/01/1997	2,1	652,7	
	19800	97,642766	2,357234	0,001065	97,289063	97,651304	8,604754	0,116215	0,101052	0,125144	88,5	01/01/1997	6,5	650,6	
	19807	97,691739	2,308261	0,001055	97,341440	97,700015	8,425985	0,118680	0,103043	0,127899	95,6	01/01/1997	7,1	644,1	
	19845	97,893646	2,106354	0,001009	97,557956	97,900869	7,688949	0,130057	0,112179	0,140643	106,5	01/01/1997	10,9	637	
	19917	98,263358	1,736642	0,000918	97,956797	98,268776	6,339369	0,157744	0,134077	0,171913	119,5	01/01/1997	13	626,1	
	20140	99,378269	0,621731	0,000552	99,191698	99,379436	2,269542	0,440618	0,338915	0,507142	168,1	01/01/1997	48,6	613,1	
	20172	99,550906	0,449094	0,000470	99,391914	99,551623	1,639356	0,609995	0,450505	0,718460	191,2	01/01/1997	23,1	564,5	
	20198	99,693978	0,306022	0,000388	99,562441	99,694382	1,117090	0,895183	0,626077	1,088162	227,5	01/01/1997	36,3	541,4	
	20212	99,777855	0,222145	0,000331	99,665634	99,778104	0,810911	1,233181	0,819299	1,545356	238,2	01/01/1997	10,7	505,1	
	20206	99,763010	0,236990	0,000342	99,647118	99,763285	0,865100	1,155936	0,776309	1,439243	247,1	01/01/1997	8,9	494,4	
	20199	99,743223	0,256777	0,000356	99,622616	99,743533	0,937330	1,066860	0,725907	1,318053	259	01/01/1997	11,9	485,5	
	20191	99,718491	0,281509	0,000372	99,592247	99,718847	1,027610	0,973131	0,671842	1,191949	259,2	01/01/1997	0,2	473,6	
	20185	99,703631	0,296369	0,000382	99,574117	99,704016	1,081855	0,924338	0,643242	1,126906	269,4	01/01/1997	10,2	473,4	
	20210	99,841913	0,158087	0,000279	99,747119	99,842063	0,577075	1,732877	1,083298	2,253243	280,8	01/01/1997	11,4	463,2	
	20208	99,846830	0,153170	0,000275	99,753509	99,846974	0,559124	1,788511	1,111380	2,334190	291,7	01/01/1997	10,9	451,8	
	20200	99,822099	0,177901	0,000296	99,721555	99,822278	0,649402	1,539878	0,983841	1,975800	291,7	01/01/1997	0	440,9	
	20191	99,792418	0,207582	0,000320	99,683851	99,792644	0,757748	1,319700	0,866507	1,665527	291,7	01/01/1997	0	440,9	
	20186	99,782501	0,217499	0,000328	99,671379	99,782743	0,793949	1,259527	0,833621	1,581981	298,1	01/01/1997	6,4	440,9	
	20178	99,757750	0,242250	0,000346	99,640509	99,758034	0,884302	1,130836	0,762038	1,405141	298,1	01/01/1997	0	434,5	
	20176	99,762658	0,237342	0,000342	99,646595	99,762934	0,866383	1,154224	0,775160	1,437111	299,4	01/01/1997	1,3	434,5	
	20174	99,767568	0,232432	0,000339	99,652695	99,767836	0,848459	1,178607	0,788775	1,470534	308,5	01/01/1997	9,1	433,2	
	20183	99,826887	0,173113	0,000292	99,727654	99,827059	0,631925	1,582466	1,005872	2,036809	330,1	01/01/1997	21,6	424,1	
	20177	99,812021	0,187979	0,000305	99,708630	99,812215	0,686192	1,457318	0,940198	1,858844	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20230	99,792818	0,207182	0,000319	99,684458	99,793043	0,756290	1,322244	0,868175	1,668738	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20224	99,768142	0,231858	0,000338	99,653550	99,768408	0,846366	1,181521	0,790723	1,474171	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20217	99,738530	0,261470	0,000359	99,616892	99,738849	0,954460	1,047713	0,715061	1,292053	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20209	99,703981	0,296019	0,000382	99,574621	99,704366	1,080574	0,925434	0,644003	1,128242	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20199	99,659562	0,340438	0,000409	99,520924	99,660035	1,242722	0,804685	0,571821	0,969092	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20192	99,629940	0,370060	0,000427	99,485458	99,630477	1,350851	0,740274	0,532406	0,885324	330,1	01/01/1997	0	402,5	

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x) %		Límite superior para P(X<=x) %	Prob. observada de excedencia convertida		Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvió. (mm)	Fecha final del evento pluvió. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvió. Hacia adelante (mm)
		P(X<=x)	Prob. De excedencia%		P(X<=x) %	%		T para P(X>x) (a)	excedencia						
01/01/1997	20184	99,595381	0,404619	0,000446	99,444378	99,595995	1,477004	0,677046	0,493043	0,803897	330,1	01/01/1997	0	402,5	
Pluviómetro:	20177	99,565754	0,434246	0,000462	99,409385	99,566436	1,585155	0,630853	0,463831	0,744931	330,1	01/01/1997	0	402,5	
225	20170	99,536123	0,463877	0,000477	99,374576	99,536876	1,693318	0,590557	0,438016	0,693868	330,1	01/01/1997	0	402,5	
ID del evento:	20162	99,501555	0,498445	0,000495	99,334179	99,502393	1,819505	0,549600	0,411440	0,642338	330,1	01/01/1997	0	402,5	
153	20153	99,462047	0,537953	0,000514	99,288264	99,462987	1,963722	0,509237	0,384898	0,591935	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20139	99,397858	0,602142	0,000544	99,214173	99,398971	2,198035	0,454952	0,348608	0,524764	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20124	99,328727	0,671273	0,000574	99,134981	99,330036	2,450390	0,408098	0,316693	0,467390	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20106	99,244780	0,755220	0,000608	99,039532	99,246342	2,756825	0,362736	0,285221	0,412402	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20095	99,195380	0,804620	0,000628	98,983678	99,197097	2,937154	0,340466	0,269546	0,385618	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20083	99,141038	0,858962	0,000648	98,922478	99,142931	3,135522	0,318926	0,254237	0,359852	330,1	01/01/1997	0	402,5	
	20091	99,185427	0,814573	0,000632	98,972441	99,187176	2,973487	0,336306	0,266598	0,380633	337,6	01/01/1997	7,5	402,5	
	20095	99,210072	0,789928	0,000622	99,000250	99,211742	2,883523	0,346798	0,274014	0,393223	348,2	01/01/1997	10,6	395	
	20090	99,190283	0,809717	0,000630	98,977908	99,192017	2,955757	0,338323	0,268024	0,383053	353,8	01/01/1997	5,6	384,4	
	20089	99,190243	0,809757	0,000630	98,977858	99,191977	2,955903	0,338306	0,268011	0,383034	361,9	01/01/1997	8,1	378,8	
	20139	99,442030	0,557970	0,000523	99,265054	99,443023	2,036790	0,490969	0,372742	0,569268	392,9	01/01/1997	31	370,7	
	20240	99,945682	0,054318	0,000164	99,890042	99,945712	0,198281	5,043337	2,491363	7,627759	480,5	01/01/1997	87,6	339,7	
	20236	99,930864	0,069136	0,000185	99,868105	99,930908	0,252371	3,962427	2,076996	5,762154	482,1	01/01/1997	1,6	252,1	
	20230	99,906168	0,093832	0,000215	99,833079	99,906237	0,342520	2,919539	1,641172	4,057672	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	20223	99,876531	0,123469	0,000247	99,792725	99,876635	0,450706	2,218740	1,321656	2,972664	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	20217	99,851830	0,148170	0,000270	99,760055	99,851966	0,540874	1,848858	1,141702	2,422289	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	20211	99,827126	0,172874	0,000292	99,728030	99,827298	0,631051	1,584658	1,007264	2,039630	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	20204	99,797481	0,202519	0,000316	99,690269	99,797698	0,739268	1,352690	0,884463	1,711467	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	20198	99,772772	0,227228	0,000335	99,659247	99,773031	0,829463	1,205599	0,803943	1,507447	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	20193	99,753001	0,246999	0,000349	99,634673	99,753294	0,901635	1,109096	0,749863	1,375418	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	20188	99,733228	0,266772	0,000363	99,610288	99,733557	0,973814	1,026890	0,702944	1,264140	482,1	01/01/1997	0	250,5	
	23973	99,580460	0,419540	0,000417	99,439414	99,581054	1,529478	0,653818	0,489314	0,764185	673	01/01/1997	190,9	250,5	
	23968	99,567963	0,432037	0,000423	99,424852	99,568584	1,575038	0,634905	0,476925	0,740516	673	01/01/1997	0	59,6	
	23963	99,555463	0,444537	0,000429	99,410318	99,556111	1,620607	0,617053	0,465171	0,718239	673	01/01/1997	0	59,6	
	23958	99,542962	0,457038	0,000435	99,395812	99,543637	1,666183	0,600174	0,454002	0,697235	673	01/01/1997	0	59,6	
	23954	99,534613	0,465387	0,000439	99,386138	99,535307	1,696618	0,589408	0,446847	0,683869	673	01/01/1997	0	59,6	
	23949	99,522108	0,477892	0,000445	99,371673	99,522830	1,742207	0,573985	0,436560	0,664760	673	01/01/1997	0	59,6	
	23944	99,509600	0,490400	0,000450	99,357232	99,510351	1,787805	0,559345	0,426752	0,646668	673	01/01/1997	0	59,6	
	23939	99,497091	0,502909	0,000456	99,342814	99,497870	1,833409	0,545432	0,417390	0,629515	673	01/01/1997	0	59,6	
	23934	99,484579	0,515421	0,000462	99,328418	99,485388	1,879022	0,532192	0,408443	0,613231	673	01/01/1997	0	59,6	
	23929	99,472065	0,527935	0,000467	99,314043	99,472904	1,924642	0,519577	0,399883	0,597750	673	01/01/1997	0	59,6	
	23923	99,455392	0,544608	0,000475	99,294928	99,456271	1,985425	0,503670	0,389042	0,578278	673	01/01/1997	0	59,6	

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada (Weibull) %		Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de excedencia convertida	T para $P(X > x)$ (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento pluvio. Hacia adelante (mm)
		Prob. De excedencia%	P(X<=x)											
01/01/1997	23915	99,430401	0,569599	0,000485	99,266351	99,431341	2,076533	0,481572	0,373888	0,551318	673	01/01/1997	0	59,6
Pluviómetro:	23909	99,413721	0,586279	0,000492	99,247322	99,414703	2,137340	0,467871	0,364436	0,534659	673	01/01/1997	0	59,6
225	23902	99,392881	0,607119	0,000501	99,223596	99,393915	2,213316	0,451811	0,353299	0,515186	673	01/01/1997	0	59,6
ID del evento:	23896	99,376196	0,623804	0,000508	99,204636	99,377273	2,274143	0,439726	0,344877	0,500573	673	01/01/1997	0	59,6
153	23890	99,359508	0,640492	0,000514	99,185705	99,360628	2,334981	0,428269	0,336860	0,486751	673	01/01/1997	0	59,6
	23885	99,346976	0,653024	0,000519	99,171508	99,348130	2,380666	0,420051	0,331087	0,476856	673	01/01/1997	0	59,6
	23880	99,334443	0,665557	0,000524	99,157324	99,335629	2,426358	0,412140	0,325487	0,467347	673	01/01/1997	0	59,6
	23878	99,334387	0,665613	0,000524	99,157254	99,335574	2,426559	0,412106	0,325487	0,467308	678,4	01/01/1997	5,4	59,6
	23881	99,355134	0,644866	0,000516	99,180722	99,356266	2,350925	0,425365	0,334811	0,483261	718,4	01/01/1997	40	54,2
	23891	99,405010	0,594990	0,000496	99,237345	99,406013	2,169098	0,461021	0,359669	0,526367	732,6	01/01/1997	14,2	14,2
	23885	99,388316	0,611684	0,000503	99,218351	99,389362	2,229957	0,448439	0,350929	0,511125	732,6	01/01/1997	0	0
	23880	99,375780	0,624220	0,000508	99,204108	99,376859	2,275656	0,439434	0,344649	0,500240	732,6	01/01/1997	0	0
	23875	99,363243	0,636757	0,000513	99,189881	99,364354	2,321362	0,430782	0,338596	0,489799	732,6	01/01/1997	0	0
	23870	99,350703	0,649297	0,000518	99,175668	99,351847	2,367075	0,422462	0,332758	0,479777	732,6	01/01/1997	0	0
	23865	99,338162	0,661838	0,000523	99,161470	99,339339	2,412797	0,414457	0,327124	0,470149	732,6	01/01/1997	0	0
	23860	99,325618	0,674382	0,000528	99,147287	99,326829	2,458526	0,406748	0,321683	0,460893	732,6	01/01/1997	0	0
	23855	99,313072	0,686928	0,000533	99,133116	99,314317	2,504262	0,399319	0,316425	0,451986	732,6	01/01/1997	0	0
	23849	99,296361	0,703639	0,000539	99,114268	99,297651	2,565185	0,389835	0,309691	0,440635	732,6	01/01/1997	0	0

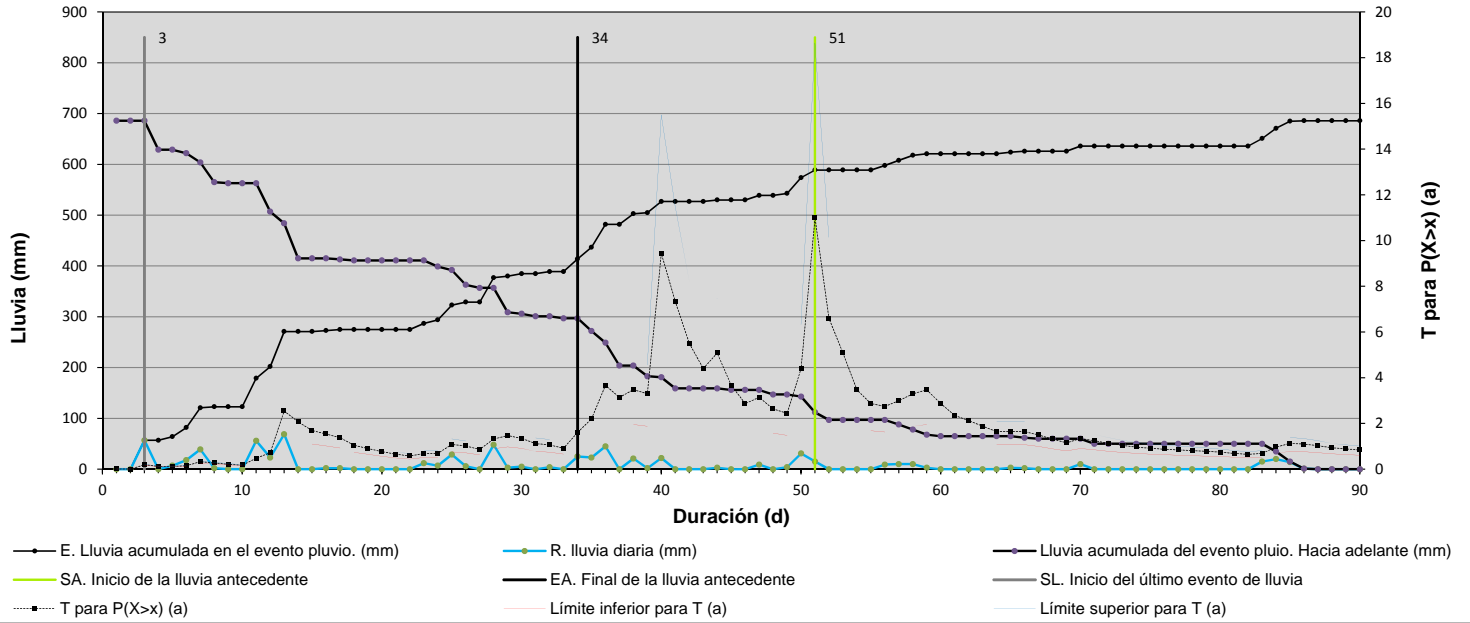
Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada de excedencia				E. Lluvia acumulada en el evento		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	Prob. De excedencia% P(X<=x)	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	Fecha final del evento pluvio. (mm)	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)		
										pluvio. (mm)				
08/01/1997	16897	83,228253	16,771747	0,002622	82,486234	83,377782	61,222906	0,016334	0,015642	0,016768	0,3	08/01/1997	0,3	851,6
Pluviómetro:	18823	92,728706	7,271294	0,001823	92,154088	92,773764	26,542839	0,037675	0,034916	0,039280	13,1	08/01/1997	12,8	851,3
225	18127	89,313165	10,686835	0,002169	88,654625	89,391963	39,010791	0,025634	0,024146	0,026518	13,1	08/01/1997	0	838,5
ID del evento:	19525	96,215444	3,784556	0,001340	95,777225	96,232681	13,814992	0,072385	0,064873	0,076741	38,6	08/01/1997	25,5	838,5
155	19366	95,446033	4,553967	0,001464	94,971047	95,468695	16,623620	0,060155	0,054474	0,063442	41,2	08/01/1997	2,6	813
	19125	94,272194	5,727806	0,001632	93,749256	94,303967	20,908553	0,047827	0,043826	0,050143	41,2	08/01/1997	0	810,4
	19948	98,343522	1,656478	0,000896	98,043865	98,348569	6,046741	0,165378	0,140044	0,180589	85,9	08/01/1997	44,7	810,4
	20111	99,161777	0,838223	0,000640	98,945932	99,163602	3,059816	0,326817	0,259894	0,369251	114,2	08/01/1997	28,3	765,7
	20099	99,117270	0,882730	0,000657	98,895902	99,119241	3,222283	0,310339	0,248117	0,349598	122,4	08/01/1997	8,2	737,4
	20114	99,205919	0,794081	0,000623	98,995663	99,207602	2,898683	0,344984	0,272763	0,391022	132,4	08/01/1997	10	729,2
	20140	99,348856	0,651144	0,000565	99,158035	99,350106	2,376912	0,420714	0,325365	0,482764	155,6	08/01/1997	23,2	719,2
	20156	99,442498	0,557502	0,000523	99,265669	99,443490	2,035082	0,491381	0,373055	0,569746	165,6	08/01/1997	10	696
	20130	99,328925	0,671075	0,000574	99,135236	99,330234	2,449664	0,408219	0,316787	0,467528	165,6	08/01/1997	0	686
	20099	99,190643	0,809357	0,000629	98,978361	99,192375	2,954444	0,338473	0,268143	0,383224	165,8	08/01/1997	0,2	686
	20082	99,121422	0,878578	0,000656	98,900463	99,123380	3,207128	0,311805	0,249146	0,351362	167,9	08/01/1997	2,1	685,8
	20079	99,121291	0,878709	0,000656	98,900300	99,123250	3,207603	0,311759	0,249109	0,351310	174,4	08/01/1997	6,5	683,7
	20071	99,096475	0,903525	0,000665	98,872452	99,098517	3,298193	0,303196	0,242957	0,341127	181,5	08/01/1997	7,1	677,2
	20079	99,150659	0,849341	0,000645	98,933264	99,152521	3,100400	0,322539	0,256807	0,364171	192,4	08/01/1997	10,9	670,1
	20100	99,269064	0,730936	0,000599	99,067013	99,270551	2,668181	0,374787	0,293622	0,426969	205,4	08/01/1997	13	659,2
	20178	99,669054	0,330946	0,000404	99,532266	99,669508	1,208072	0,827765	0,585686	0,999402	254	08/01/1997	48,6	646,2
	20206	99,822152	0,177848	0,000296	99,721638	99,822331	0,649209	1,540335	0,984133	1,976386	277,1	08/01/1997	23,1	597,6
	20219	99,901181	0,098819	0,000221	99,826162	99,901255	0,360725	2,772192	1,575865	3,825495	313,4	08/01/1997	36,3	574,5
	20220	99,920933	0,079067	0,000198	99,853804	99,920986	0,288623	3,464726	1,873825	4,936689	324,1	08/01/1997	10,7	538,2
	20216	99,915979	0,084021	0,000204	99,846779	99,916037	0,306708	3,260435	1,787909	4,604215	333	08/01/1997	8,9	527,5
	20217	99,935739	0,064261	0,000178	99,875198	99,935778	0,234576	4,263014	2,195048	6,272408	344,9	08/01/1997	11,9	518,6
	20209	99,911010	0,088990	0,000210	99,839788	99,911073	0,324845	3,078387	1,709894	4,311359	345,1	08/01/1997	0,2	506,7
	20207	99,915941	0,084059	0,000204	99,846711	99,916000	0,306844	3,258985	1,787114	4,602167	355,3	08/01/1997	10,2	506,5
	20207	99,930765	0,069235	0,000185	99,867916	99,930809	0,252733	3,956751	2,074022	5,753900	366,7	08/01/1997	11,4	496,3
	20205	99,935701	0,064299	0,000178	99,875124	99,935740	0,234715	4,260485	2,193747	6,268686	377,6	08/01/1997	10,9	484,9
	20200	99,925798	0,074202	0,000192	99,860728	99,925846	0,270865	3,691872	1,966983	5,311814	377,6	08/01/1997	0	474
	20254	99,911208	0,088792	0,000209	99,840143	99,911271	0,324124	3,085236	1,713696	4,320952	377,6	08/01/1997	0	474
	20255	99,921070	0,078930	0,000197	99,854056	99,921122	0,288125	3,470719	1,877064	4,945229	384	08/01/1997	6,4	474
	20250	99,901332	0,098668	0,000221	99,826428	99,901406	0,360174	2,776438	1,578278	3,831355	384	08/01/1997	0	467,6
	20246	99,886526	0,113474	0,000236	99,806214	99,886617	0,414220	2,414175	1,413650	3,269474	385,3	08/01/1997	1,3	467,6
	20246	99,891455	0,108545	0,000231	99,812898	99,891540	0,396230	2,523786	1,464150	3,438036	394,4	08/01/1997	9,1	466,3
	20261	99,970395	0,029605	0,000121	99,929320	99,970407	0,108068	9,253425	3,875842	15,674714	416	08/01/1997	21,6	457,2

Fecha del movimiento de ladera:	Prob. de no excedencia observada				Prob. observada				E. Lluvia		Lluvia acumulada del evento			
	Orden	P(X<=x)	Prob. De excedencia%	Desv. estándar binomial	Límite inferior para P(X<=x). %	Límite superior para P(X<=x) %	excedencia convertida	T para P(X>x) (a)	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	pluvio. Hacia adelante (mm)
08/01/1997	20257	99,955591	0,044409	0,000148	99,905292	99,955613	0,162110	6,168645	2,892538	9,663521	416	08/01/1997	0	435,6
Pluviómetro:	20252	99,935850	0,064150	0,000178	99,875414	99,935889	0,234171	4,270390	2,198845	6,283262	416	08/01/1997	0	435,6
225	20247	99,916107	0,083893	0,000203	99,847013	99,916165	0,306238	3,265431	1,790647	4,611271	416	08/01/1997	0	435,6
ID del evento:	20241	99,891428	0,108572	0,000231	99,812852	99,891513	0,396328	2,523163	1,463789	3,437187	416	08/01/1997	0	435,6
155	20233	99,856875	0,143125	0,000266	99,766703	99,857004	0,522458	1,914029	1,174233	2,517836	416	08/01/1997	0	435,6
	20227	99,832190	0,167810	0,000288	99,734584	99,832354	0,612567	1,632474	1,032138	2,108030	416	08/01/1997	0	435,6
	20221	99,807502	0,192498	0,000308	99,703000	99,807704	0,702685	1,423112	0,922375	1,810145	416	08/01/1997	0	435,6
	20215	99,782813	0,217187	0,000327	99,671849	99,783054	0,792812	1,261333	0,834815	1,584249	416	08/01/1997	0	435,6
	20207	99,748248	0,251752	0,000352	99,628839	99,748549	0,918987	1,088155	0,738077	1,346867	416	08/01/1997	0	435,6
	20201	99,723552	0,276448	0,000369	99,598467	99,723899	1,009134	0,990949	0,682250	1,215759	416	08/01/1997	0	435,6
	20196	99,703791	0,296209	0,000382	99,574348	99,704176	1,081268	0,924840	0,643591	1,127518	416	08/01/1997	0	435,6
	20191	99,684029	0,315971	0,000394	99,550373	99,684452	1,153409	0,866995	0,609274	1,050945	416	08/01/1997	0	435,6
	20180	99,634640	0,365360	0,000424	99,491022	99,635167	1,333695	0,749796	0,538226	0,897705	416	08/01/1997	0	435,6
	20172	99,600059	0,399941	0,000444	99,449872	99,600662	1,459928	0,684965	0,497967	0,814092	416	08/01/1997	0	435,6
	20165	99,570413	0,429587	0,000460	99,414825	99,571084	1,568148	0,637695	0,468143	0,753674	416	08/01/1997	0	435,6
	20157	99,535825	0,464175	0,000478	99,374175	99,536579	1,694405	0,590178	0,437735	0,693423	416	08/01/1997	0	435,6
	20149	99,501235	0,498765	0,000495	99,333753	99,502074	1,820674	0,549247	0,411177	0,641926	416	08/01/1997	0	435,6
	20164	99,580226	0,419774	0,000454	99,426391	99,580875	1,532326	0,652603	0,477583	0,772687	423,5	08/01/1997	7,5	435,6
	20168	99,604899	0,395101	0,000441	99,455595	99,605491	1,442260	0,693356	0,503201	0,824882	434,1	08/01/1997	10,6	428,1
	20165	99,595002	0,404998	0,000446	99,443857	99,595616	1,478390	0,676412	0,492581	0,803143	439,7	08/01/1997	5,6	417,5
	20188	99,713524	0,286476	0,000376	99,586175	99,713890	1,045742	0,956259	0,661983	1,169415	447,8	08/01/1997	8,1	411,9
	20202	99,787602	0,212398	0,000324	99,677822	99,787836	0,775330	1,289774	0,850294	1,623798	478,8	08/01/1997	31	403,8
	20235	99,955542	0,044458	0,000148	99,905189	99,955565	0,162286	6,161948	2,889399	9,653029	566,4	08/01/1997	87,6	372,8
	20233	99,950600	0,049400	0,000156	99,897525	99,950626	0,180327	5,545479	2,673288	8,525995	568	08/01/1997	1,6	285,2
	20230	99,940717	0,059283	0,000171	99,882582	99,940752	0,216403	4,621005	2,333078	6,888136	568	08/01/1997	0	283,6
	24044	99,875384	0,124616	0,000227	99,798172	99,875481	0,454300	2,201187	1,359089	2,883972	792	08/01/1997	224	283,6
	24039	99,862911	0,137089	0,000238	99,781938	99,863022	0,499772	2,000913	1,257914	2,592654	792	08/01/1997	0	59,6
	24033	99,846282	0,153718	0,000253	99,760556	99,846414	0,560397	1,784450	1,145582	2,282792	792	08/01/1997	0	59,6
	24027	99,829649	0,170351	0,000266	99,739424	99,829803	0,621032	1,610224	1,052678	2,037375	792	08/01/1997	0	59,6
	24020	99,808859	0,191141	0,000282	99,713312	99,809042	0,696825	1,435080	0,956799	1,794449	792	08/01/1997	0	59,6
	24014	99,792221	0,207779	0,000294	99,692623	99,792428	0,757481	1,320164	0,892398	1,637230	792	08/01/1997	0	59,6
	24008	99,775580	0,224420	0,000305	99,672092	99,775813	0,818148	1,222273	0,836523	1,504723	792	08/01/1997	0	59,6
	24002	99,758936	0,241064	0,000316	99,651702	99,759195	0,878824	1,137884	0,787551	1,391582	792	08/01/1997	0	59,6
	23997	99,746446	0,253554	0,000324	99,636485	99,746726	0,924358	1,081832	0,754584	1,317013	792	08/01/1997	0	59,6
	23993	99,738111	0,261889	0,000330	99,626366	99,738404	0,954744	1,047402	0,734150	1,271445	792	08/01/1997	0	59,6
	23989	99,729775	0,270225	0,000335	99,616275	99,730082	0,985135	1,015090	0,714842	1,228845	792	08/01/1997	0	59,6

Fecha del movimiento de ladera:	Orden	Prob. de no excedencia observada	Desv. estándar binomial	Límite inferior para $P(X \leq x)$ %	Límite superior para $P(X \leq x)$ %	Prob. observada de	Límite inferior para T (a)	Límite superior para T (a)	E. Lluvia acumulada en el evento pluvio. (mm)	Fecha final del evento pluvio.	R. lluvia diaria (mm)	Lluvia acumulada del evento		
		(Weibull) %				Prob. De excedencia%						de excedencia convertida	Hacia adelante (mm)	
08/01/1997	23985	99,721437	0,278563	0,000340	99,606209	99,721759	1,015531	0,984707	0,696570	1,188938	792	08/01/1997	0	59,6
Pluviómetro:	23981	99,713098	0,286902	0,000345	99,596168	99,713434	1,045932	0,956085	0,679250	1,151477	792	08/01/1997	0	59,6
225	23976	99,700599	0,299401	0,000352	99,581166	99,700957	1,091498	0,916172	0,654921	1,099453	792	08/01/1997	0	59,6
ID del evento:	23971	99,688098	0,311902	0,000360	99,566215	99,688479	1,137072	0,879452	0,632349	1,051822	792	08/01/1997	0	59,6
155	23966	99,675595	0,324405	0,000367	99,551312	99,675999	1,182653	0,845557	0,611344	1,008055	792	08/01/1997	0	59,6
	23961	99,663090	0,336910	0,000374	99,536452	99,663518	1,228241	0,814172	0,591747	0,967704	792	08/01/1997	0	59,6
	23955	99,646423	0,353577	0,000383	99,516718	99,646883	1,289002	0,775794	0,567584	0,918593	792	08/01/1997	0	59,6
	23950	99,633913	0,366087	0,000390	99,501953	99,634398	1,334608	0,749284	0,550758	0,884824	792	08/01/1997	0	59,6
	23946	99,625562	0,374438	0,000394	99,492116	99,626063	1,365053	0,732572	0,540091	0,863603	792	08/01/1997	0	59,6
	23942	99,617209	0,382791	0,000398	99,482295	99,617727	1,395503	0,716587	0,529844	0,843353	792	08/01/1997	0	59,6
	23938	99,608855	0,391145	0,000403	99,472488	99,609390	1,425959	0,701282	0,519994	0,824008	792	08/01/1997	0	59,6
	23934	99,600499	0,399501	0,000407	99,462695	99,601052	1,456420	0,686615	0,510517	0,805511	792	08/01/1997	0	59,6
	23928	99,583819	0,416181	0,000415	99,443197	99,584407	1,517230	0,659096	0,492640	0,770911	792	08/01/1997	0	59,6
	23923	99,571298	0,428702	0,000422	99,428597	99,571912	1,562877	0,639846	0,480052	0,746796	792	08/01/1997	0	59,6
	23925	99,587912	0,412088	0,000413	99,447963	99,588491	1,502307	0,665643	0,496893	0,779140	797,4	08/01/1997	5,4	59,6
	23958	99,733578	0,266422	0,000333	99,620798	99,733879	0,971269	1,029580	0,723370	1,248079	837,4	08/01/1997	40	54,2
	23967	99,779351	0,220649	0,000303	99,676640	99,779578	0,804399	1,243164	0,848292	1,533144	851,6	08/01/1997	14,2	14,2
	23963	99,771005	0,228995	0,000308	99,666379	99,771245	0,834823	1,197858	0,822201	1,472132	851,6	08/01/1997	0	0

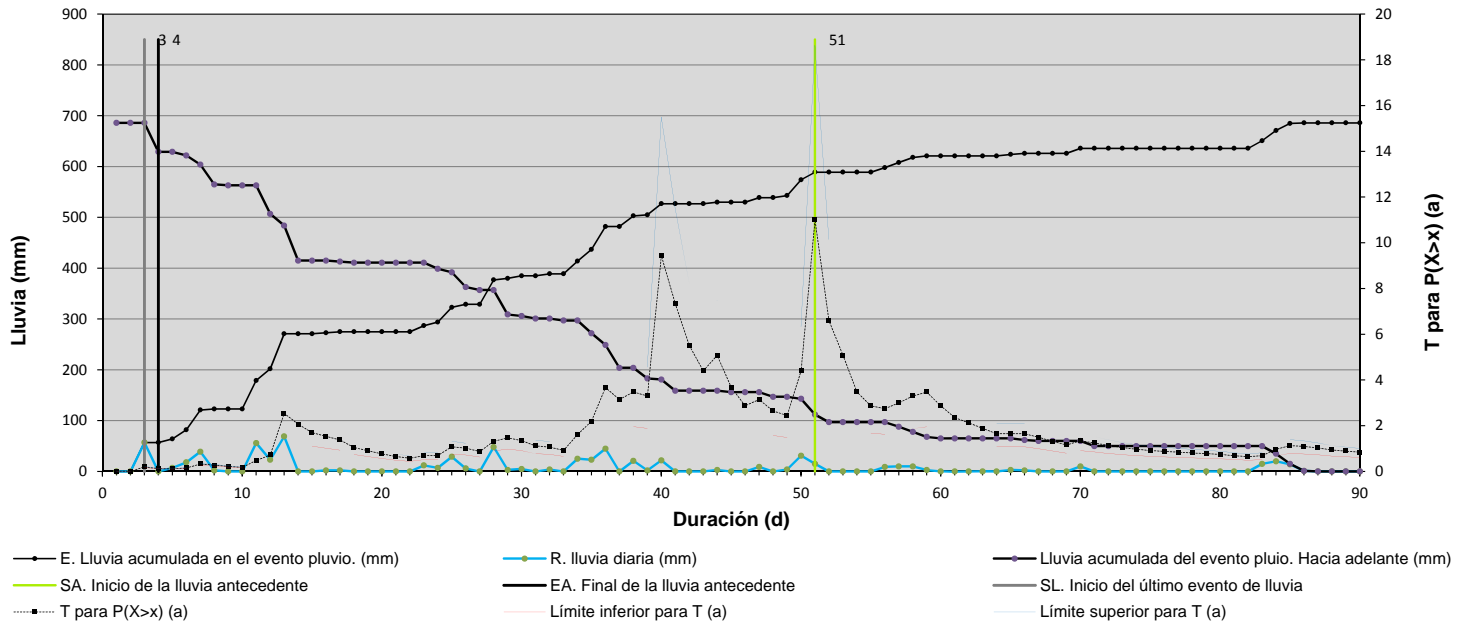
D. GRÁFICOS CON LAS CURVAS DE LAS VARAIBLES PLUVIOMÉTRICAS
Y PERIODO DE RETORNO CON LOS MARCADORES QUE LIMITAN LA
LLUVIA ANTECEDENTE Y LA DE LA ÚLTIMA TORMENTA MÁS
CERCANA A CADA EVENTO DE MOVIMIENTO DE LADERA DATADO

ID evento: 31. Pluviómetro 183. Fecha: 03/02/1996



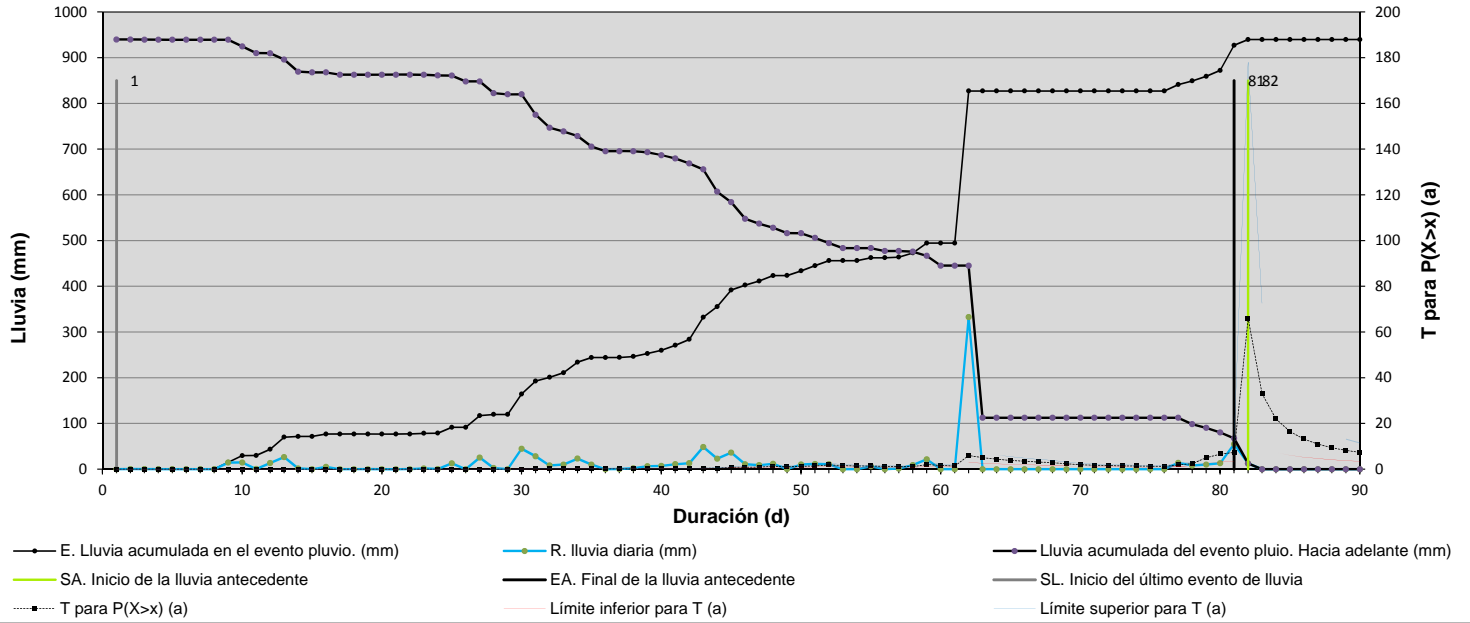
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 31. Pluviómetro 183. Fecha: 03/02/1996



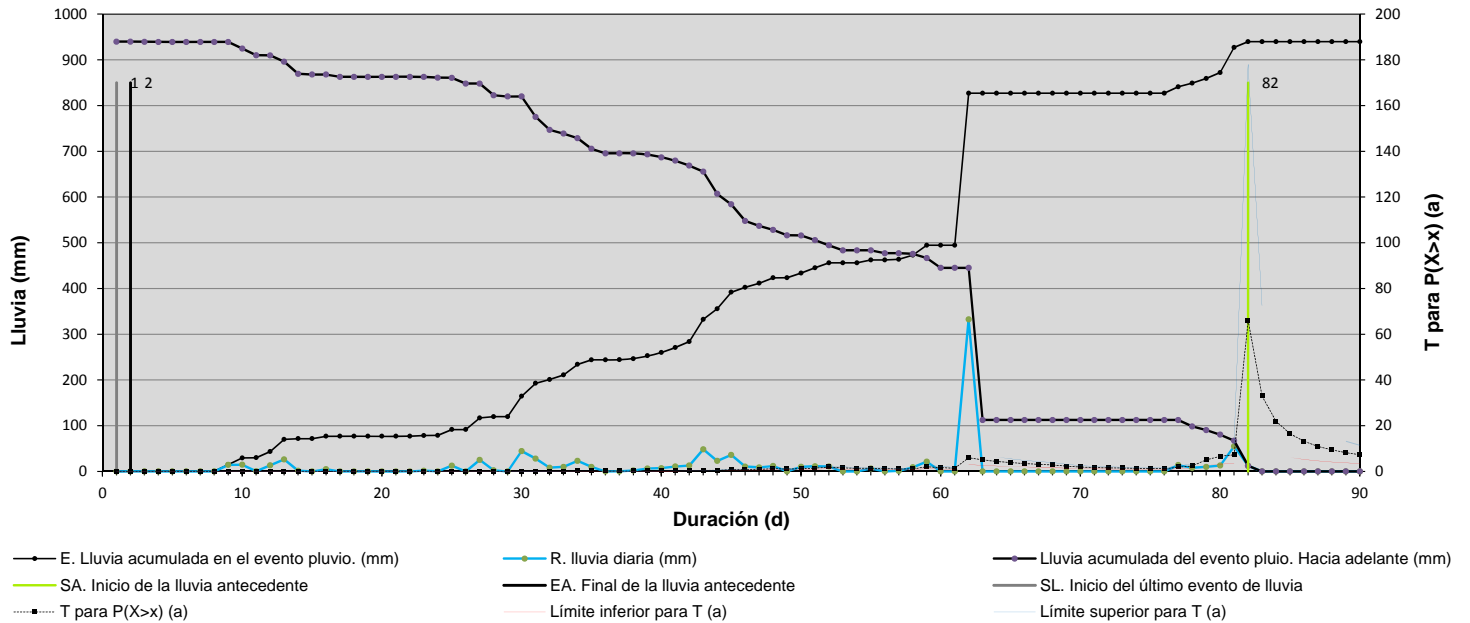
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 39. Pluviómetro 225. Fecha: 31/01/1997



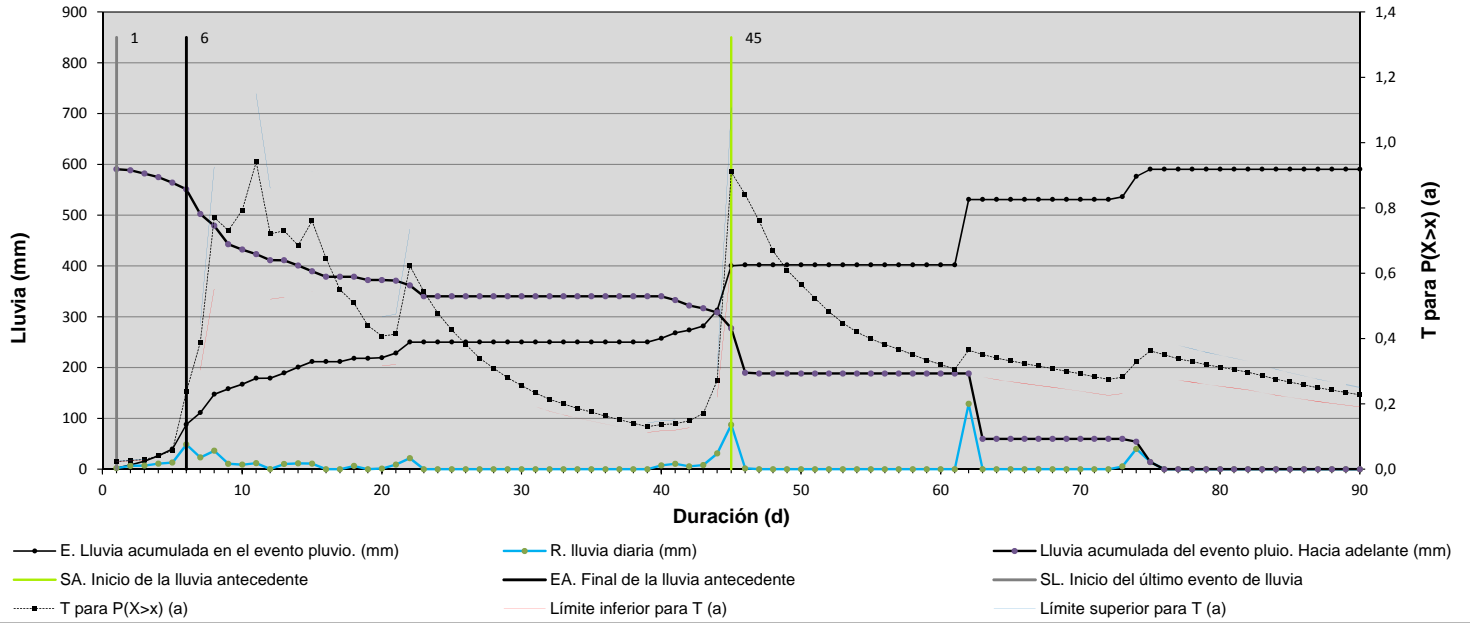
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 39. Pluviómetro 225. Fecha: 31/01/1997



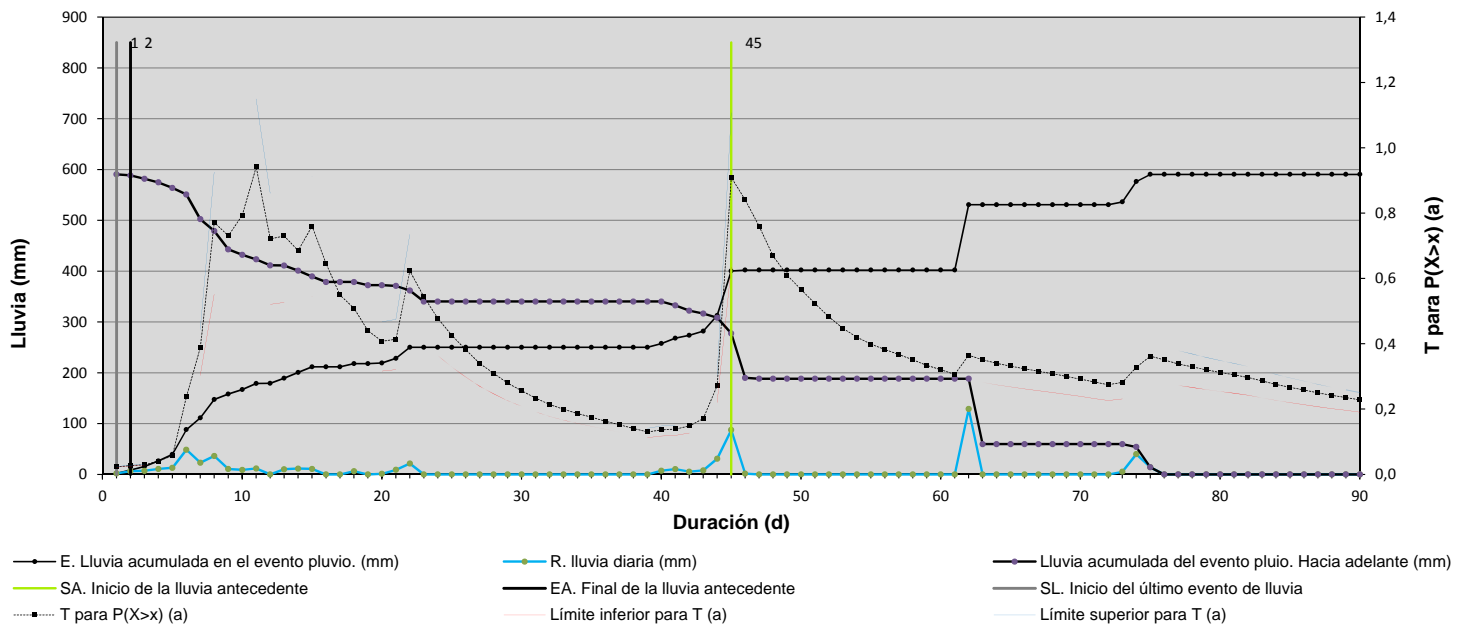
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 42. Pluviómetro 225. Fecha: 25/12/1996



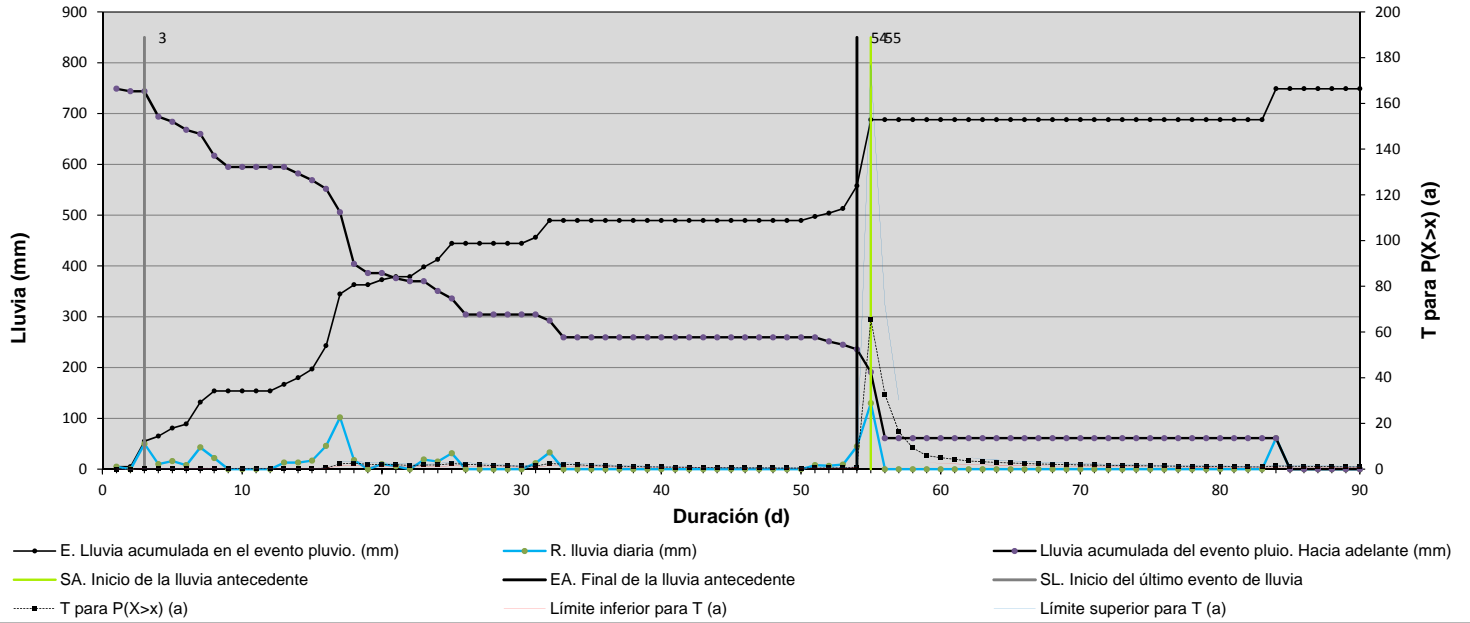
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 42. Pluviómetro 225. Fecha: 25/12/1996



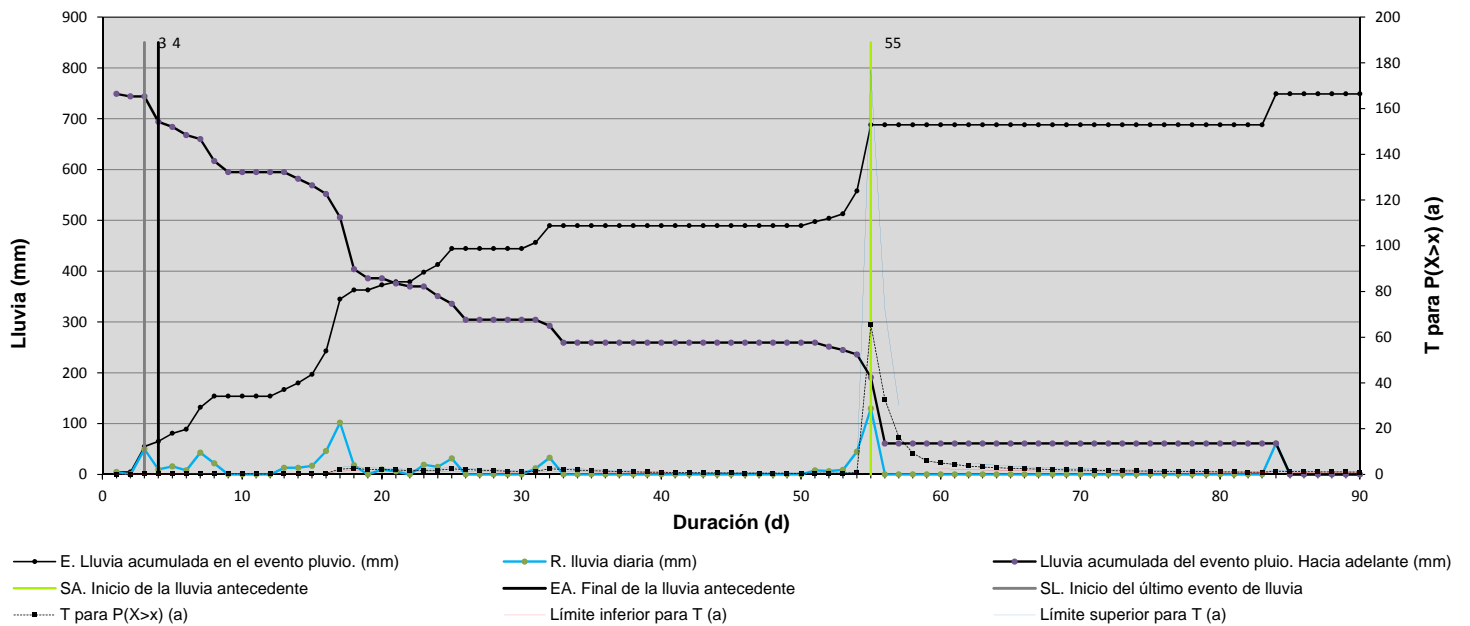
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 44. Pluviómetro 100. Fecha: 04/01/1997



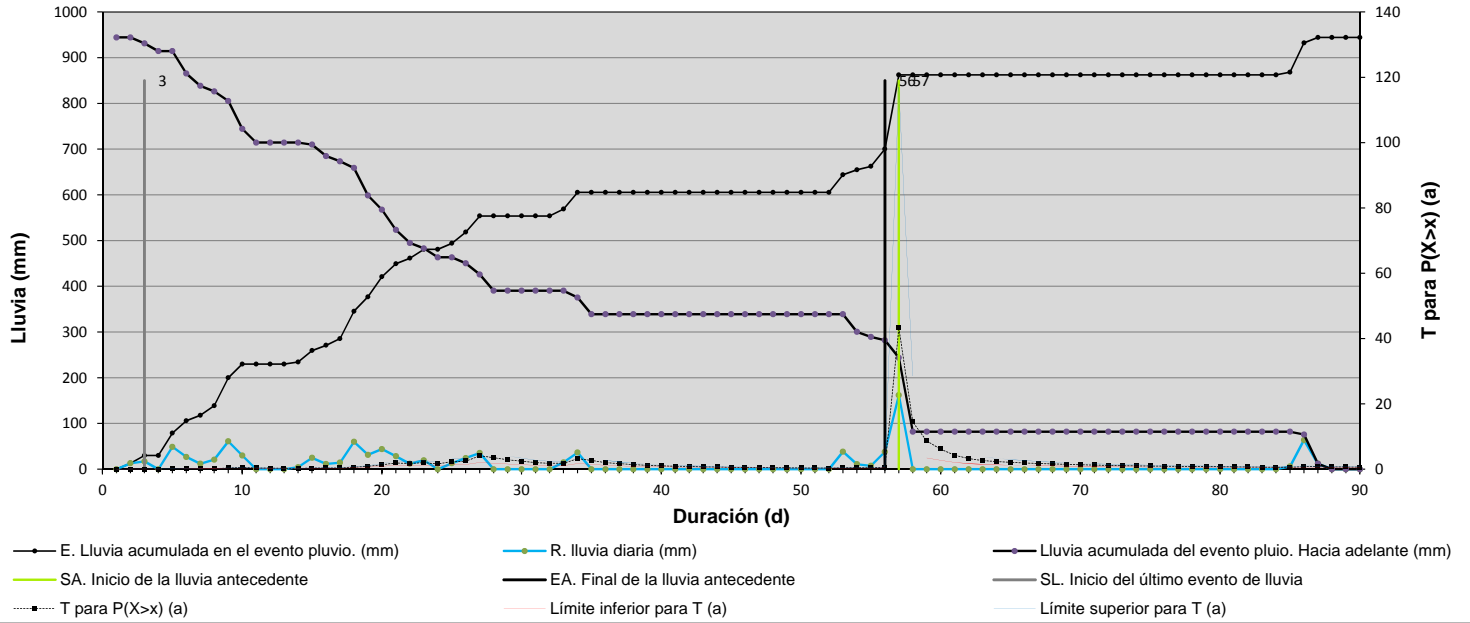
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 44. Pluviómetro 100. Fecha: 04/01/1997



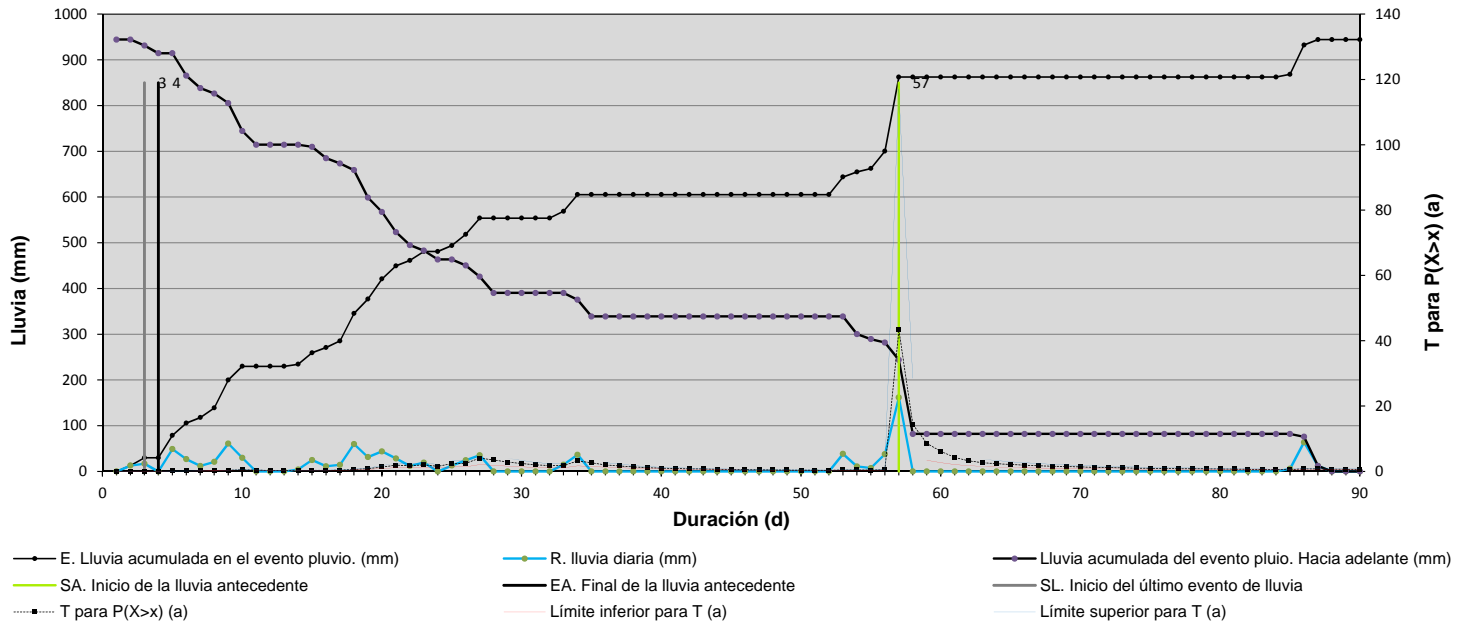
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 45. Pluviómetro 153. Fecha: 06/01/1997



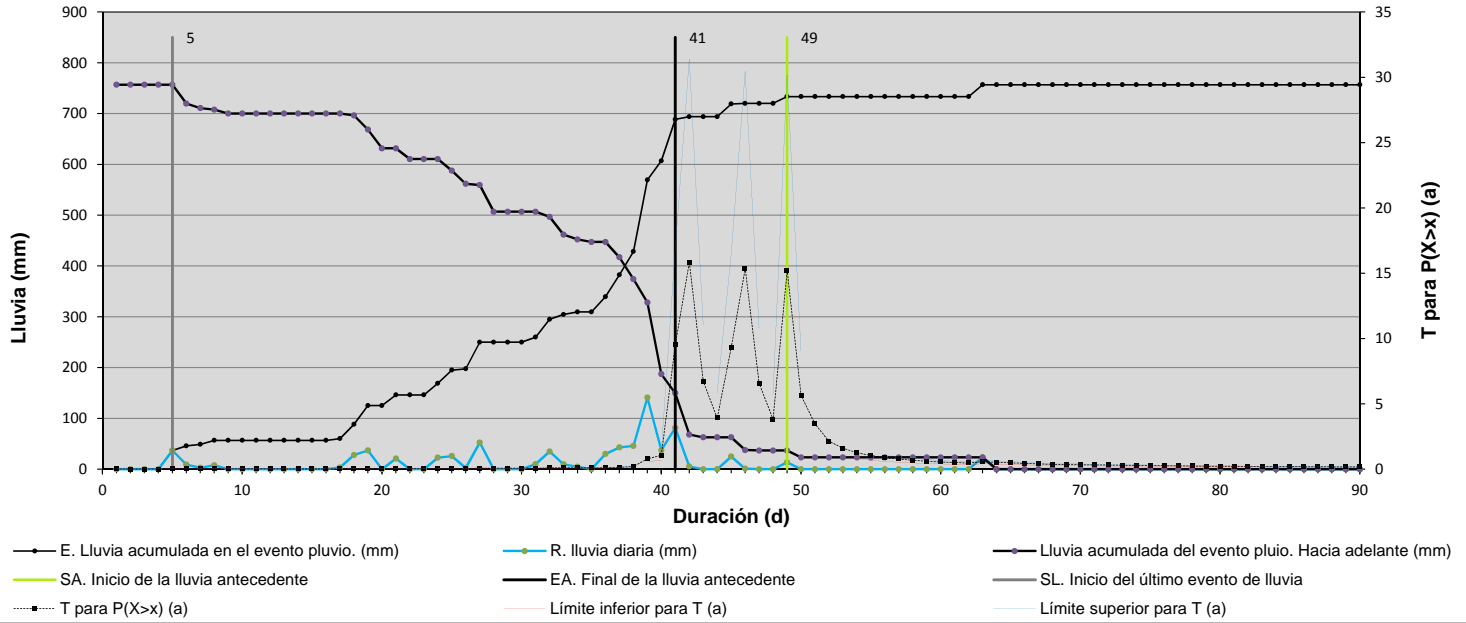
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 45. Pluviómetro 153. Fecha: 06/01/1997



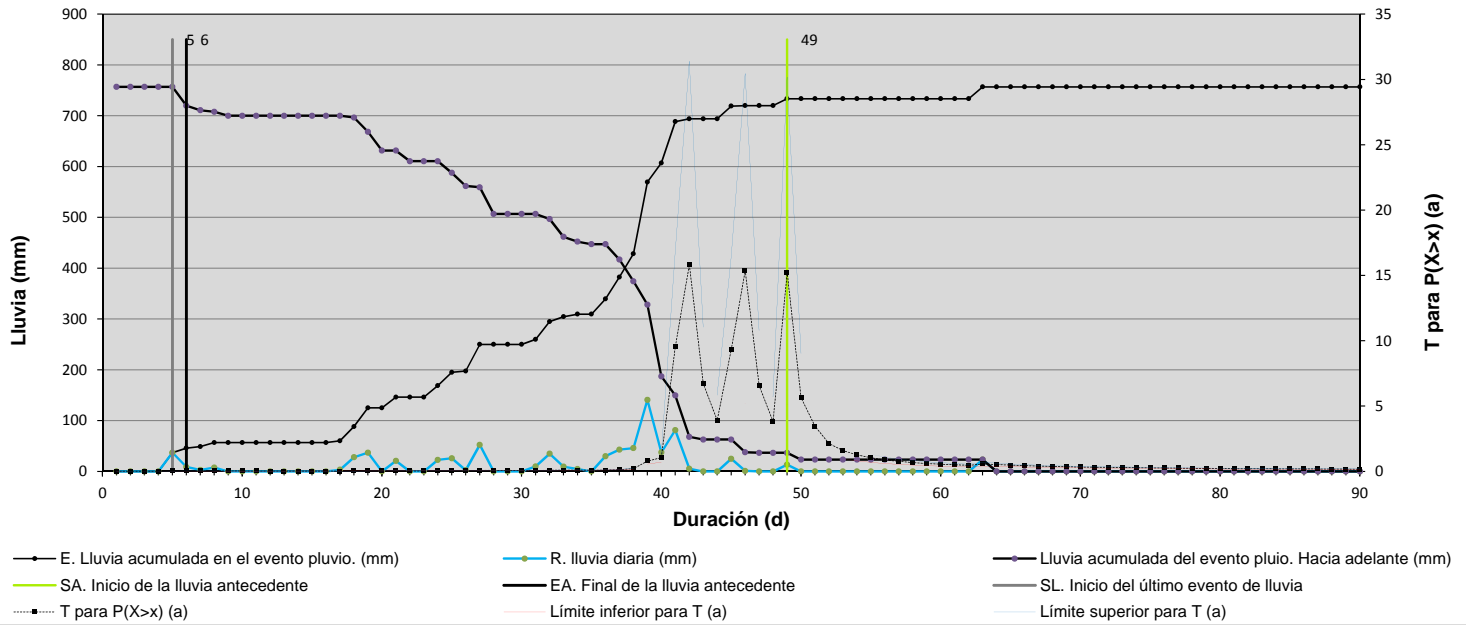
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 45. Pluviómetro 153. Fecha: 30/01/2010



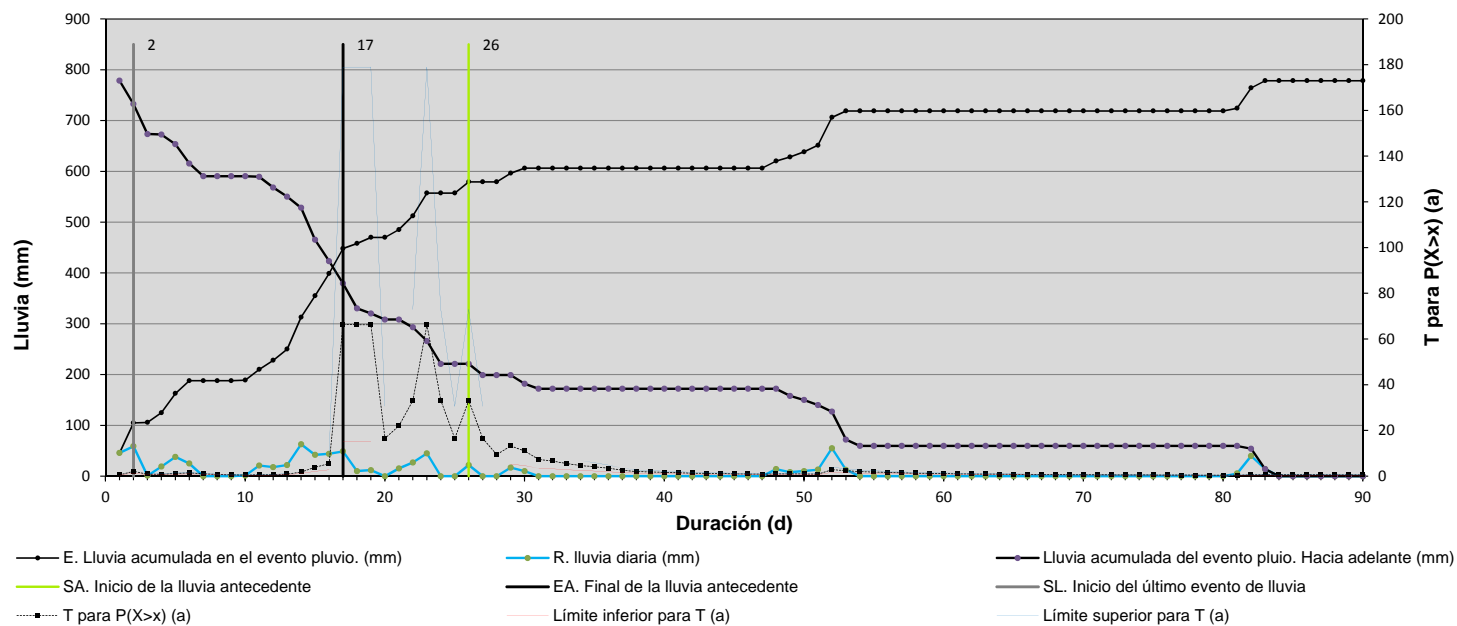
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 45. Pluviómetro 153. Fecha: 30/01/2010



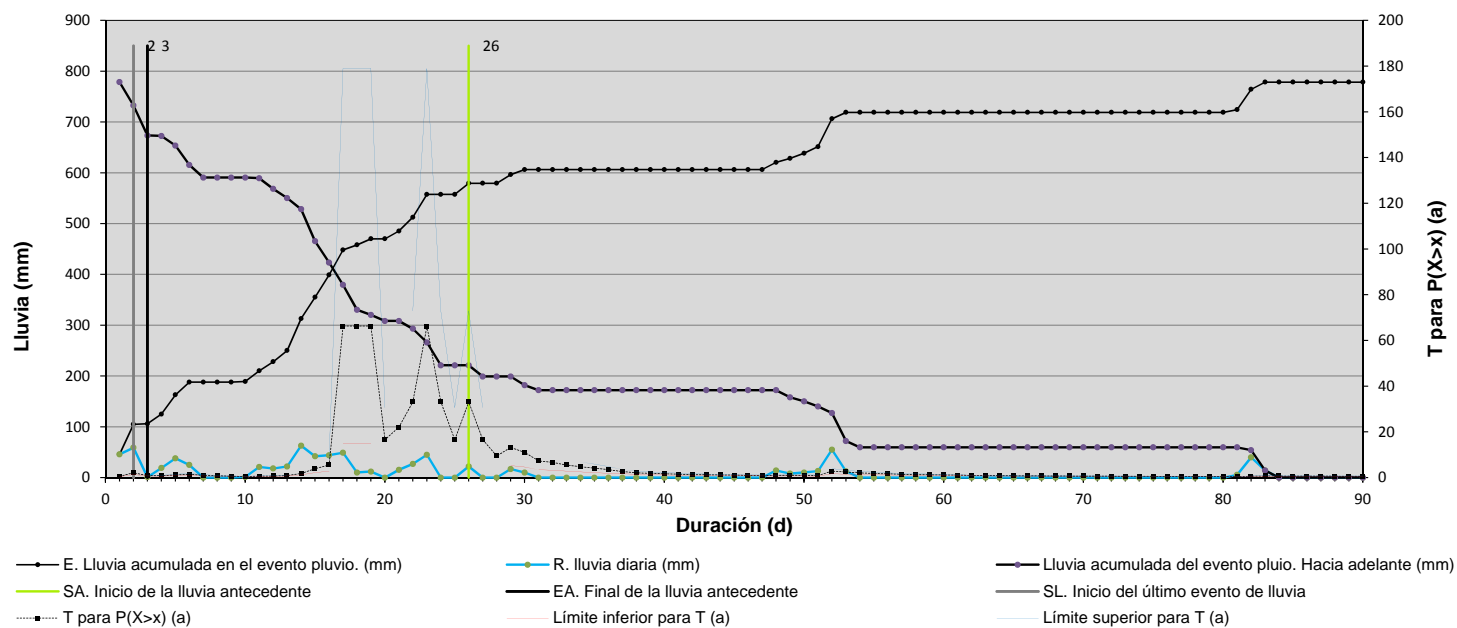
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 49. Pluviómetro 8. Fecha: 02/01/1997



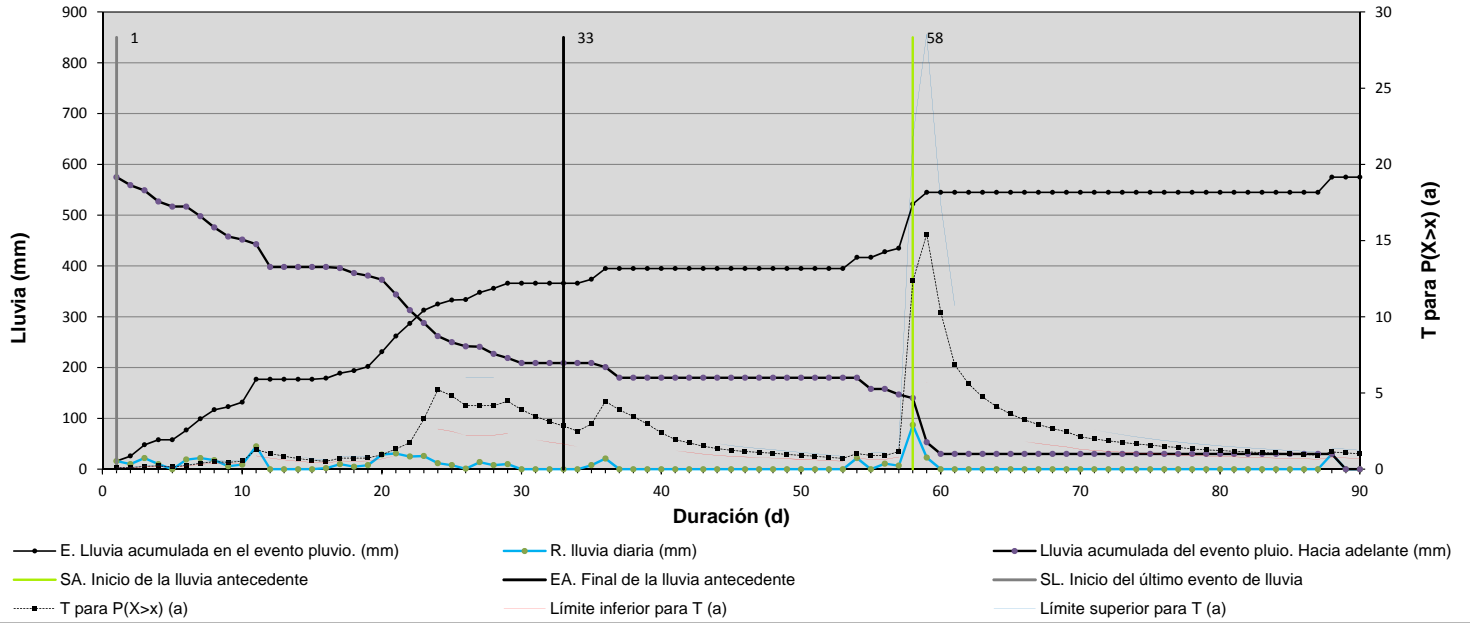
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 49. Pluviómetro 8. Fecha: 02/01/1997



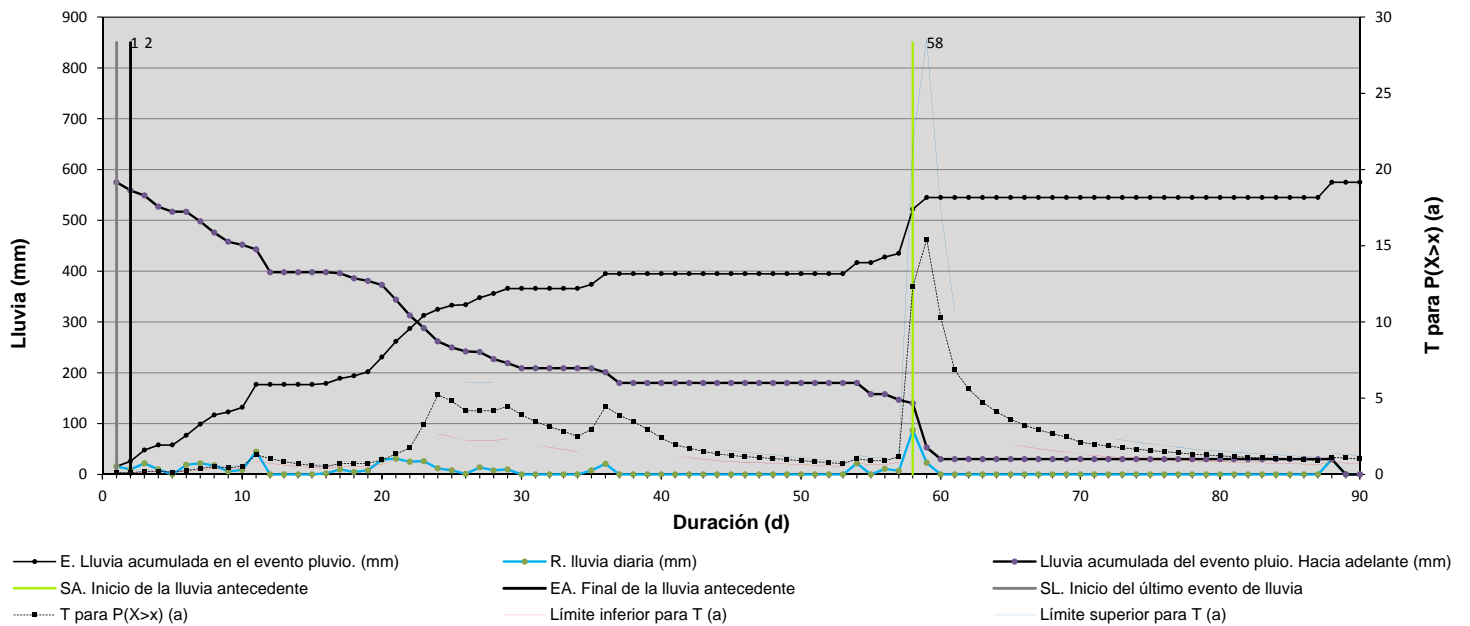
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 50. Pluviómetro 22. Fecha: 08/01/1997



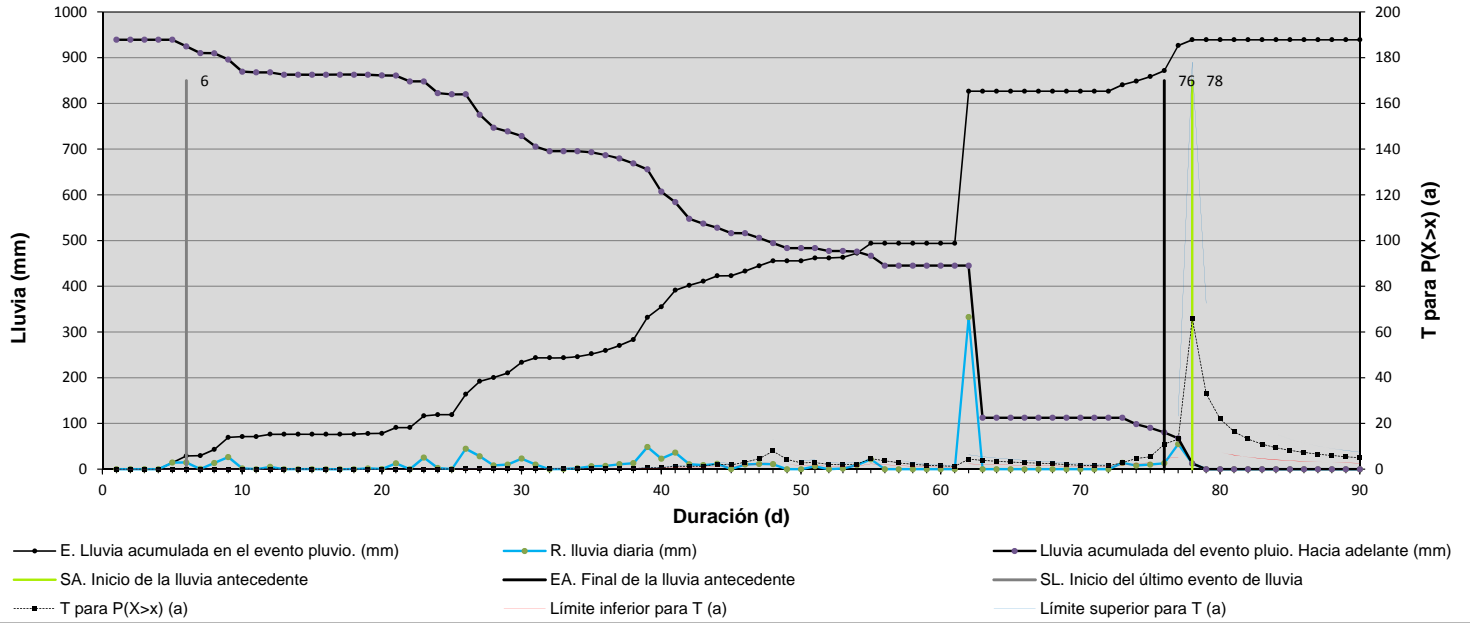
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 50. Pluviómetro 22. Fecha: 08/01/1997



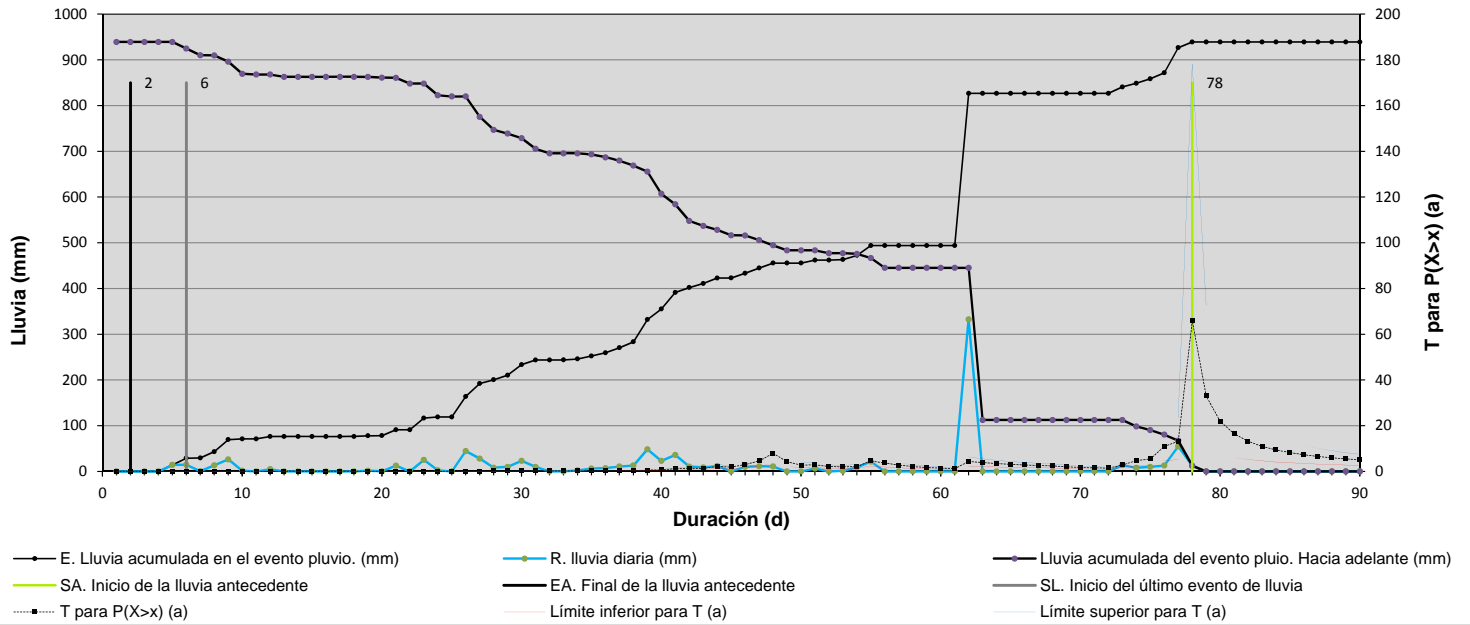
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 60. Pluviómetro 225. Fecha: 27/01/1997



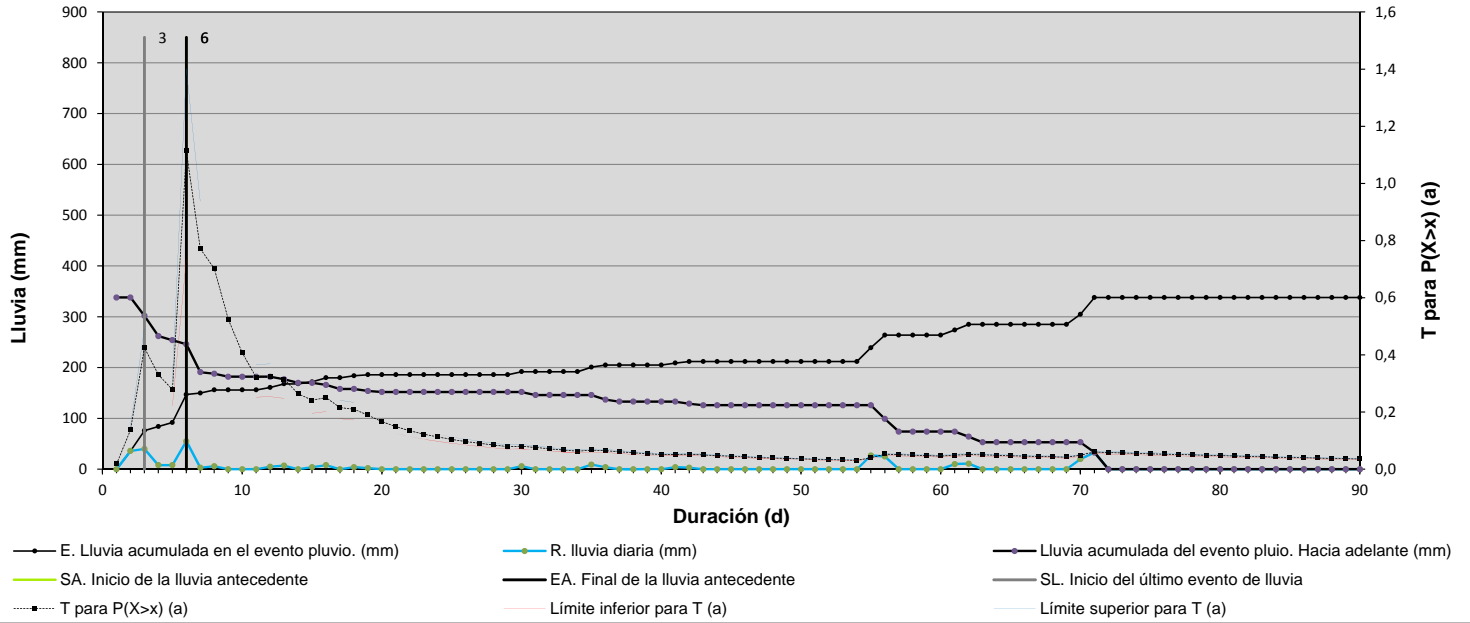
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 60. Pluviómetro 225. Fecha: 27/01/1997



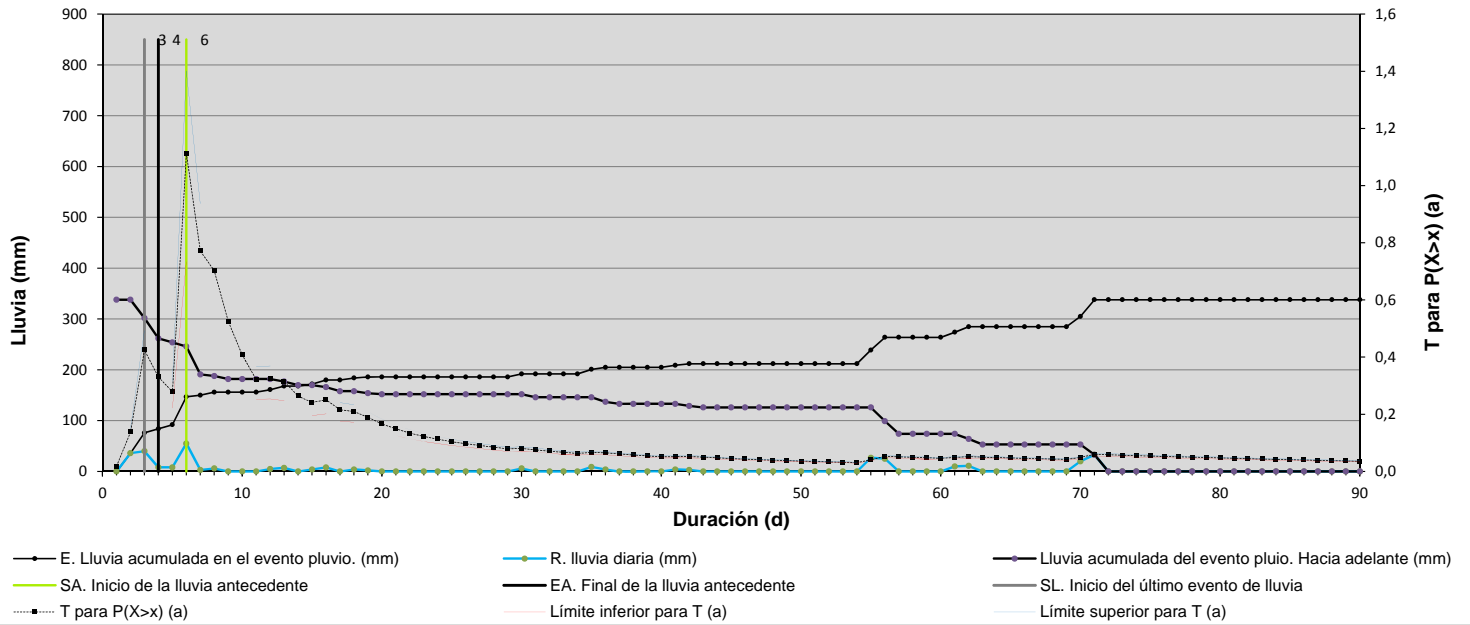
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 72. Pluviómetro 220. Fecha: 06/02/2009



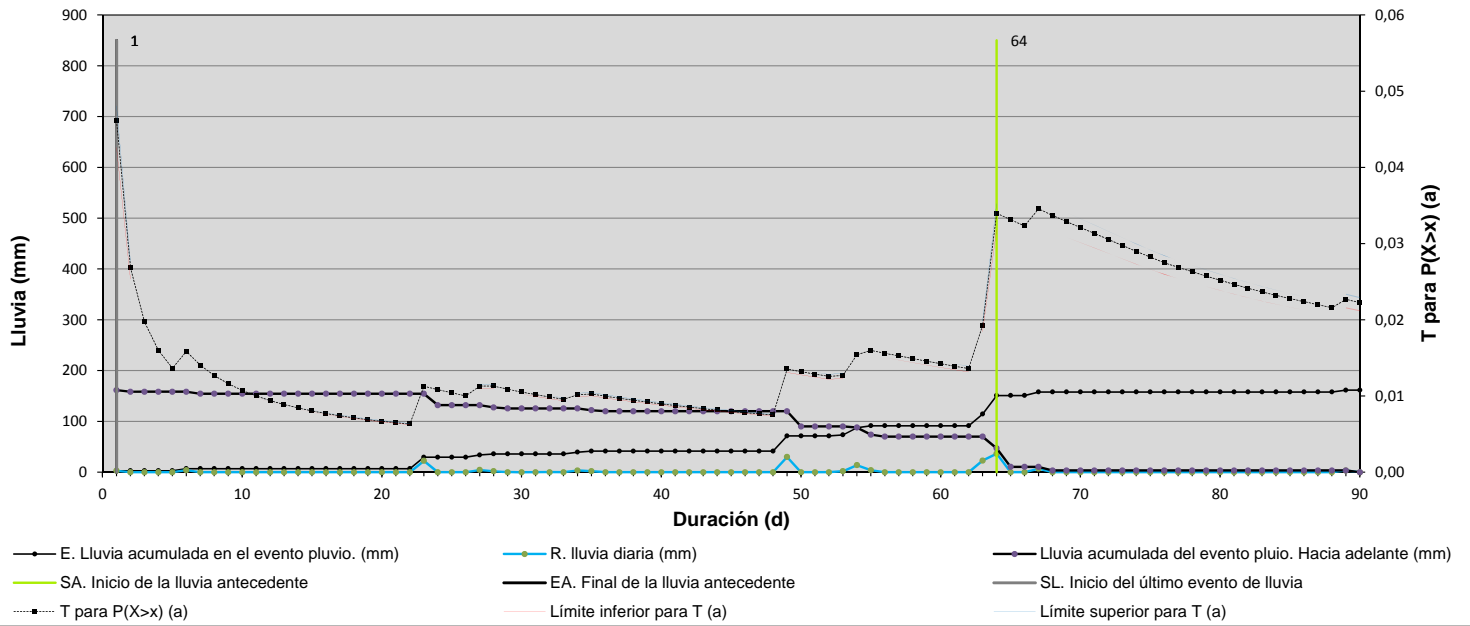
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 72. Pluviómetro 220. Fecha: 06/02/2009



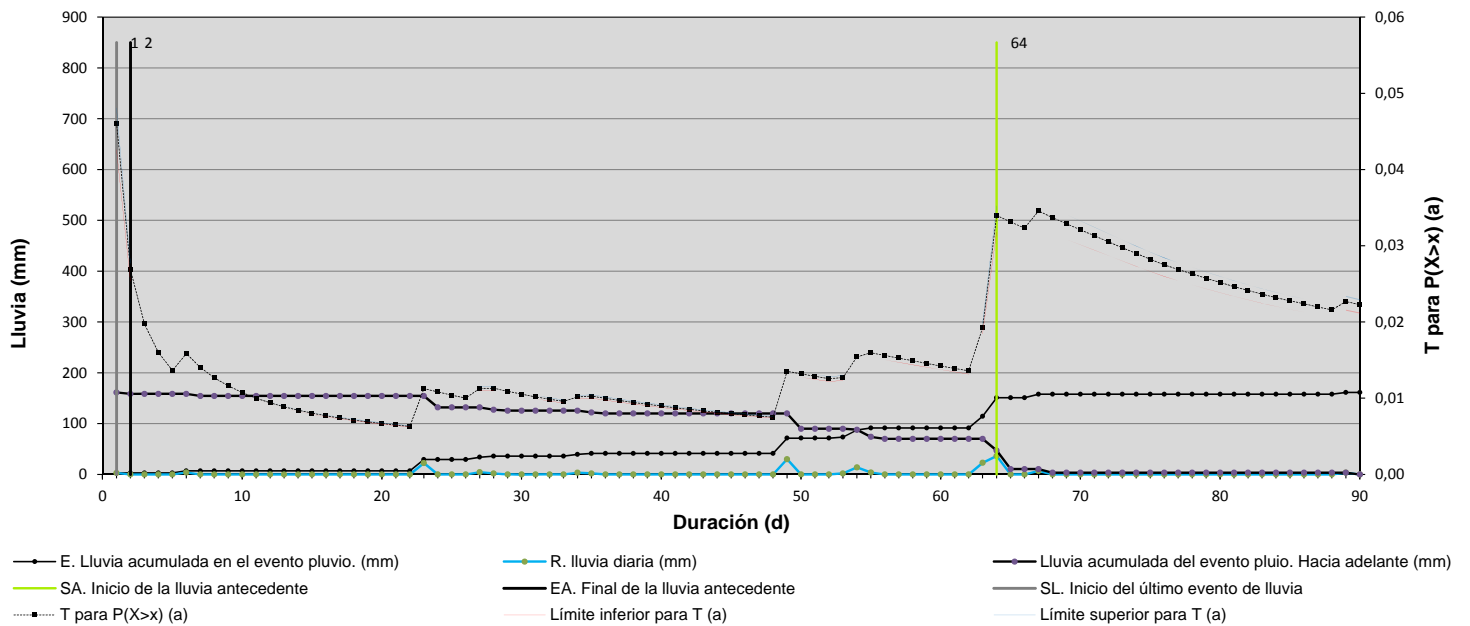
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 74. Pluviómetro 154. Fecha: 30/01/2009



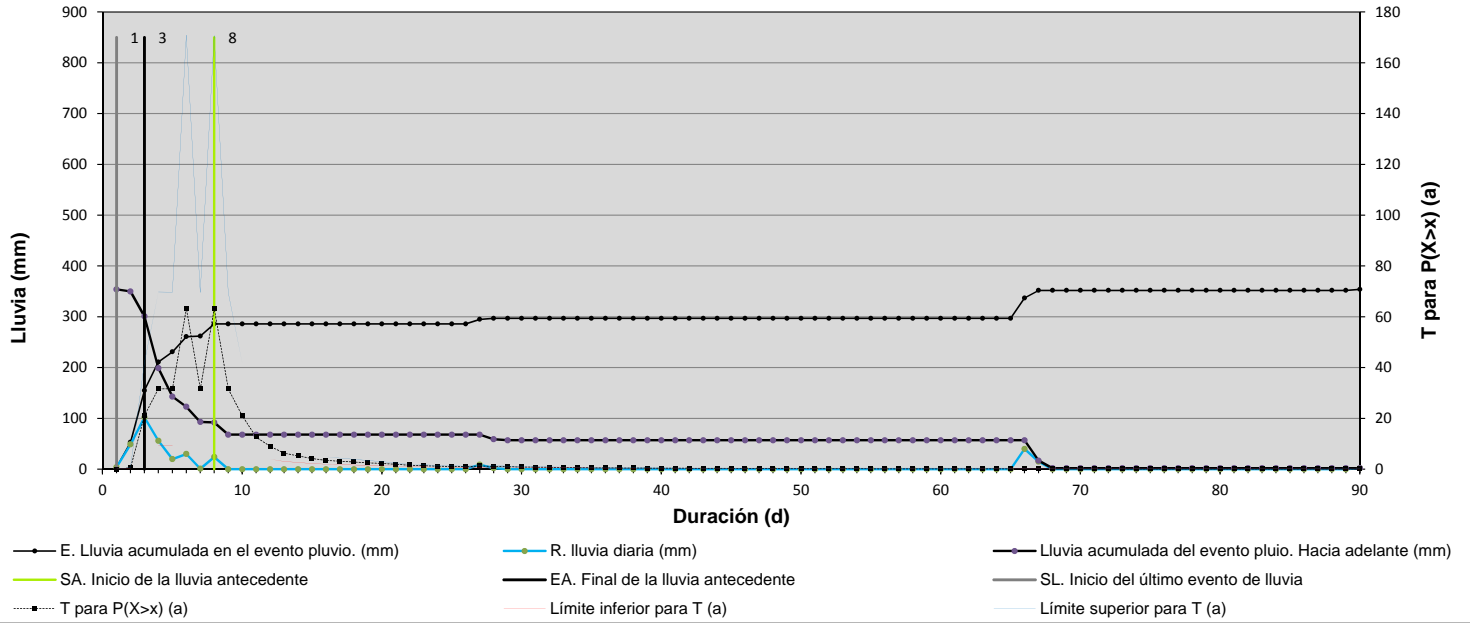
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 74. Pluviómetro 154. Fecha: 30/01/2009



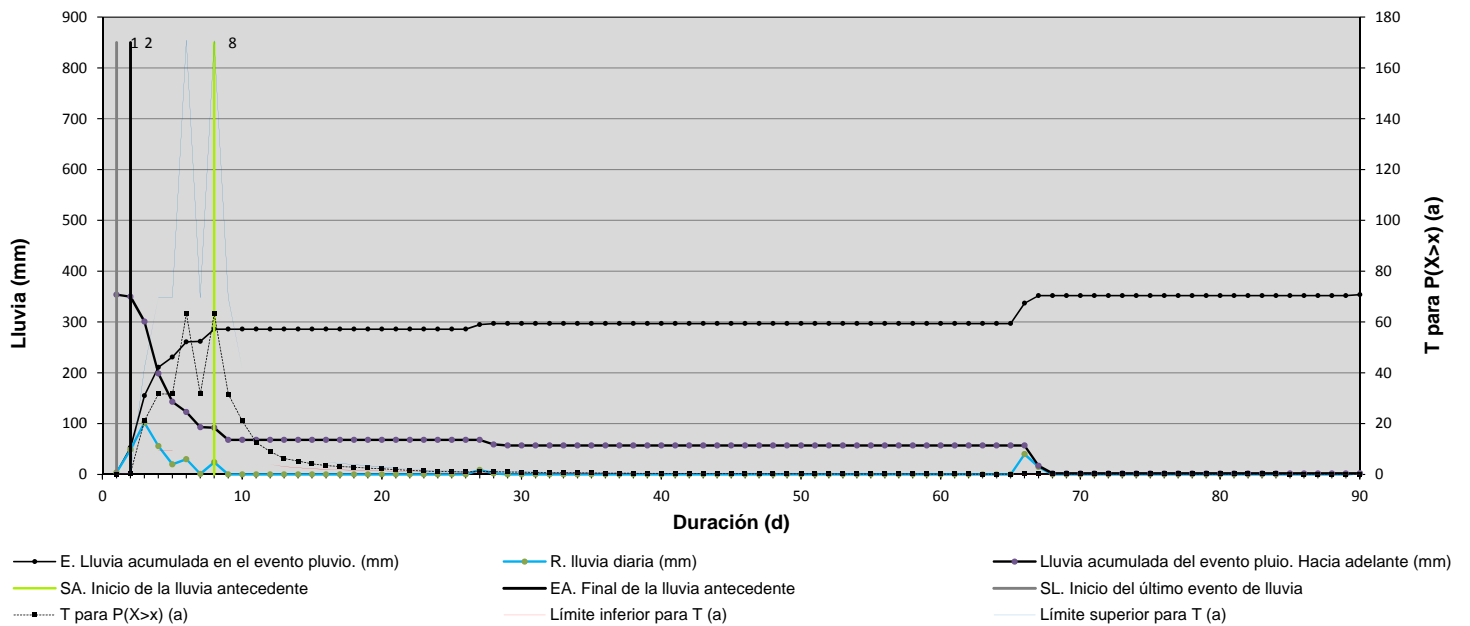
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 78. Pluviómetro 22. Fecha: 26/12/2009



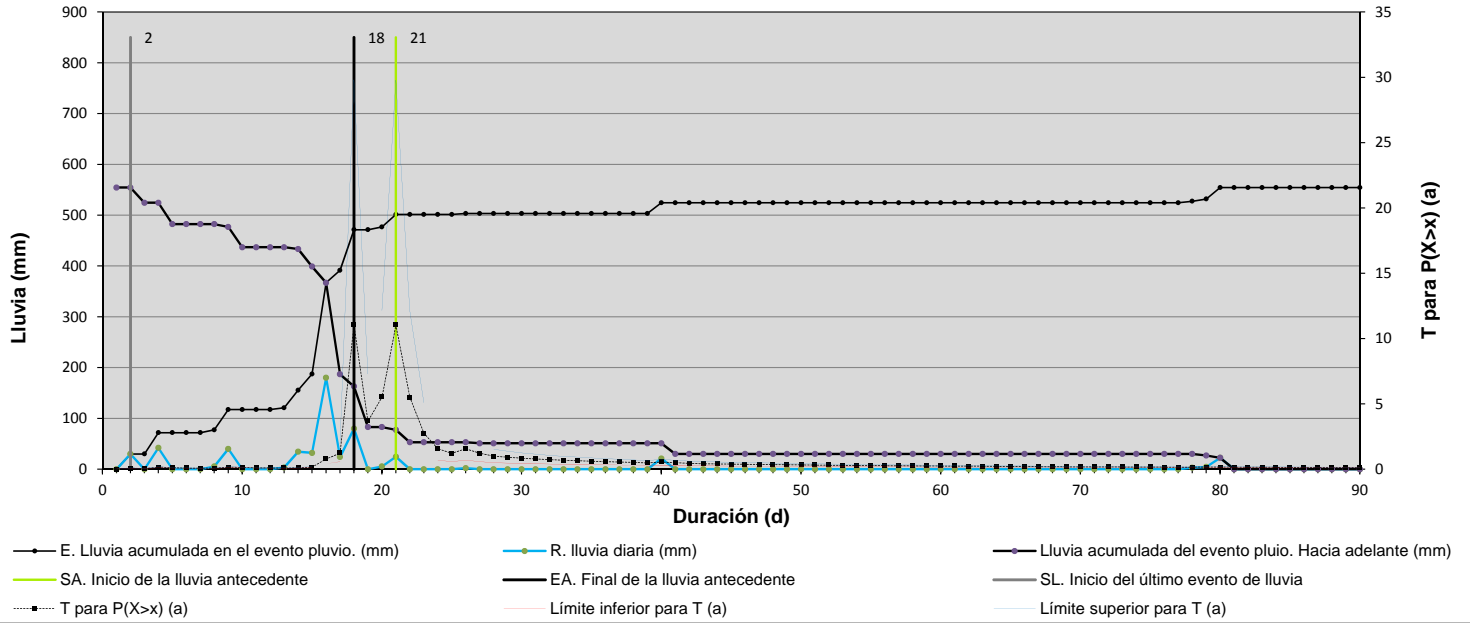
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 78. Pluviómetro 22. Fecha: 26/12/2009



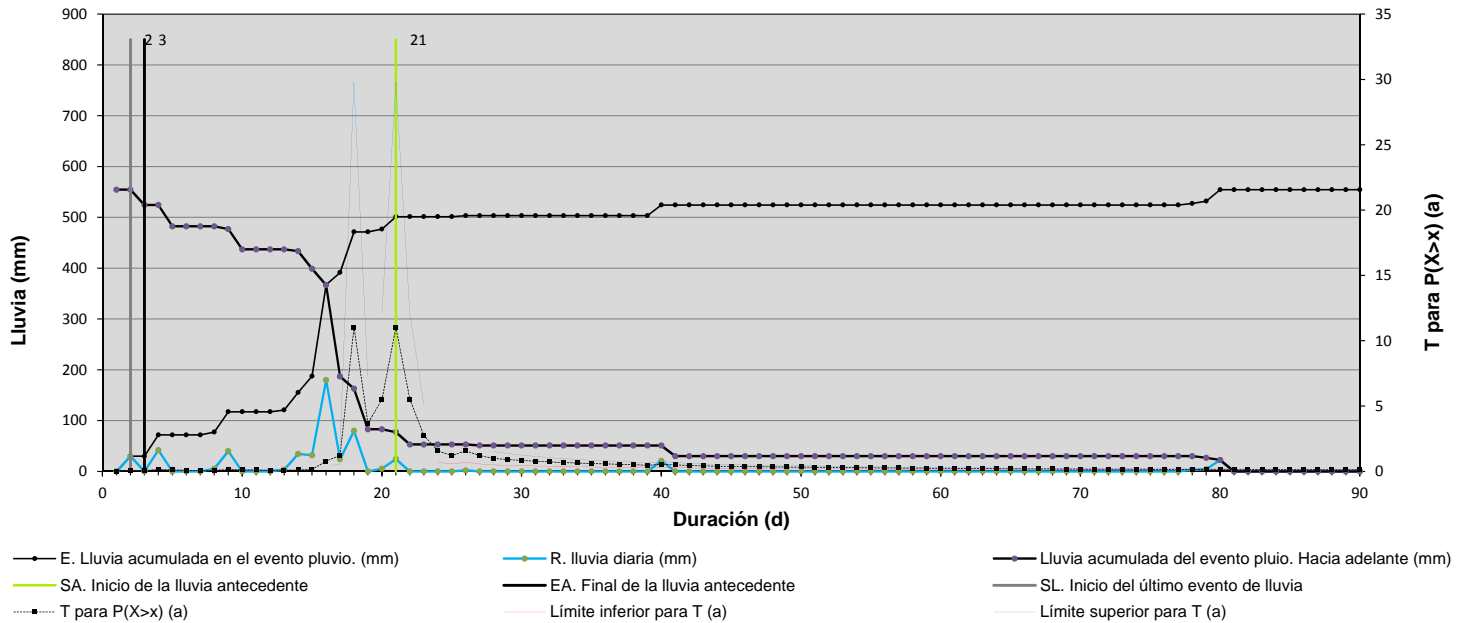
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 89. Pluviómetro 447. Fecha: 07/01/2010



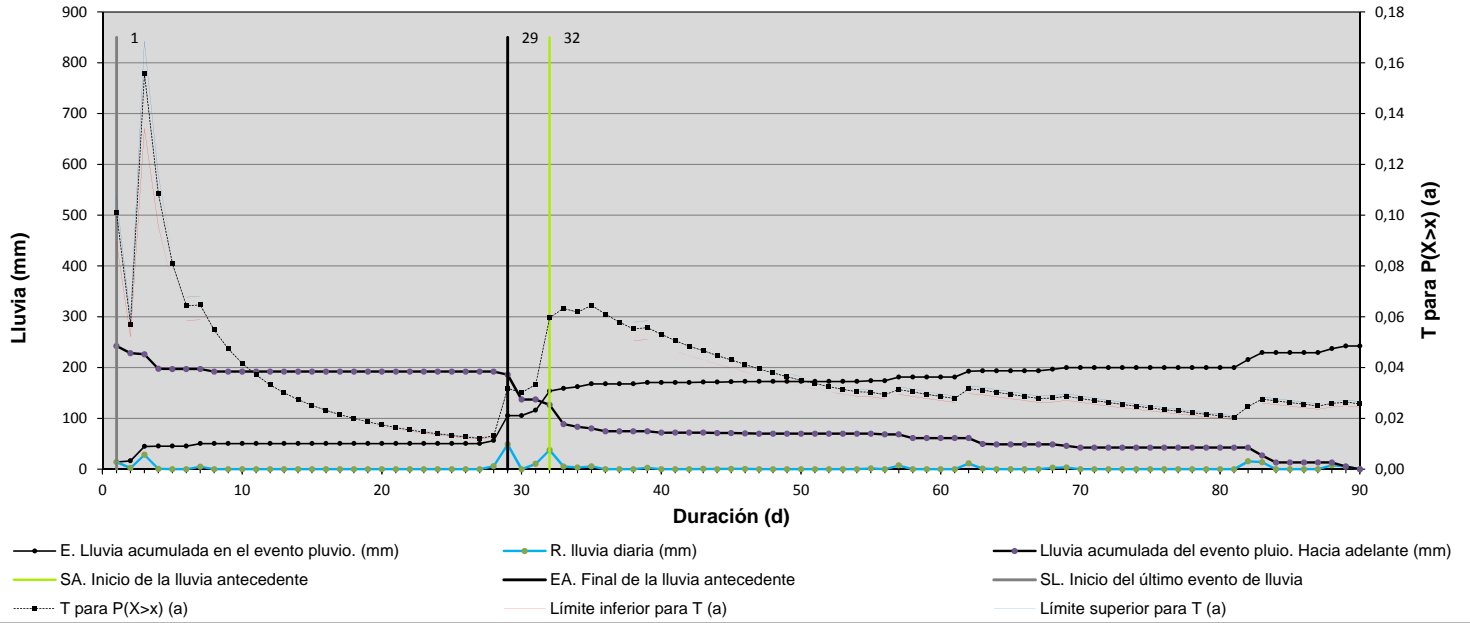
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{DG1}

ID evento: 89. Pluviómetro 447. Fecha: 07/01/2010



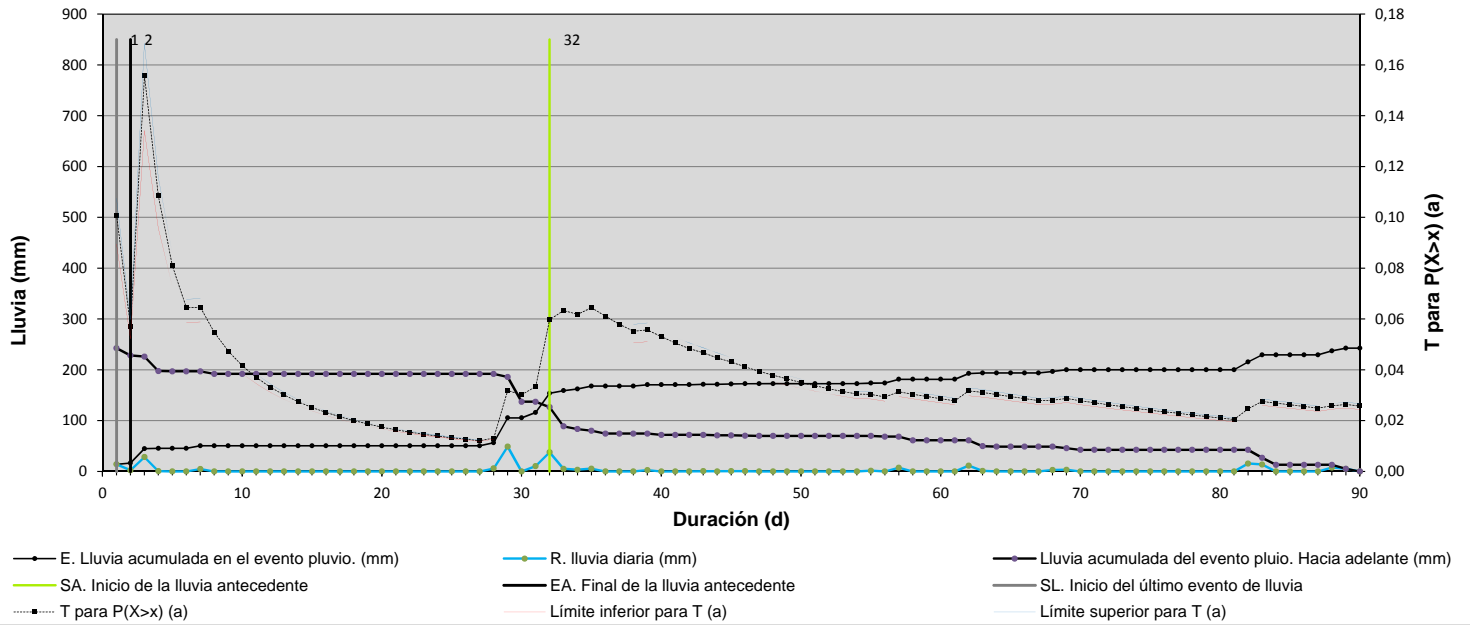
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{DG2}

ID evento: 94. Pluviómetro 141. Fecha: 05/03/2009



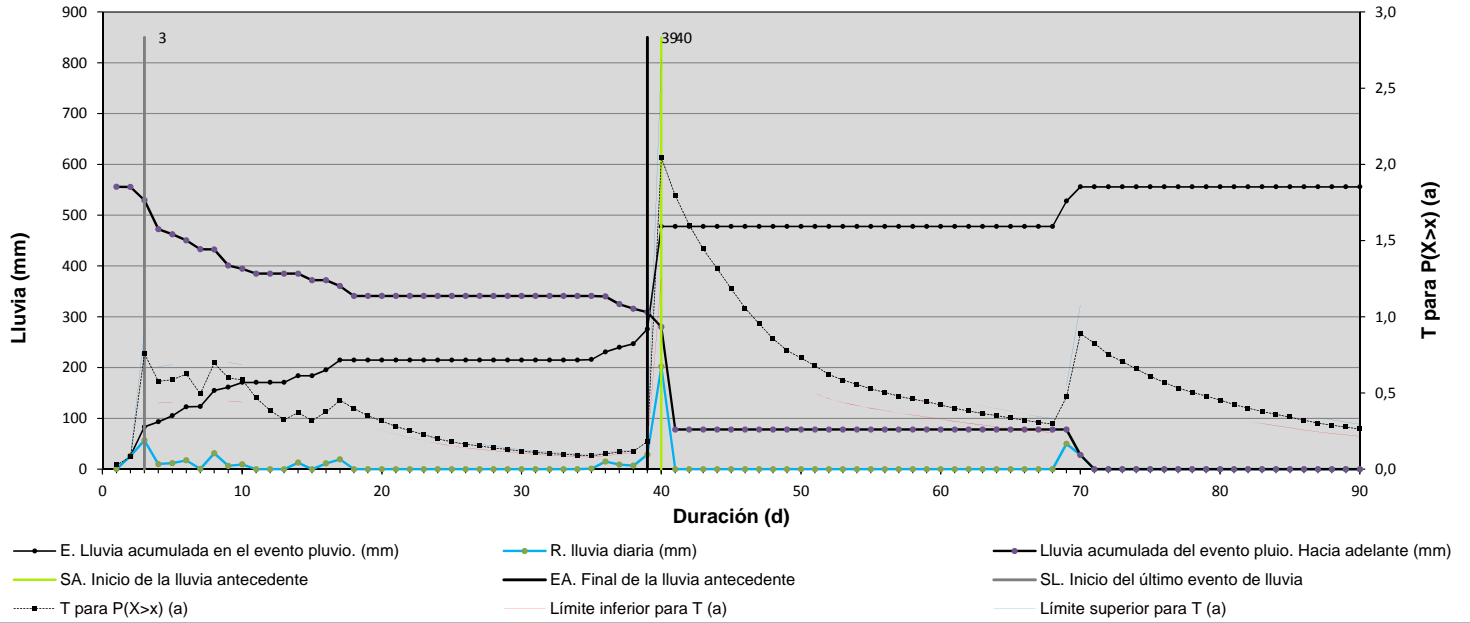
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 94. Pluviómetro 141. Fecha: 05/03/2009



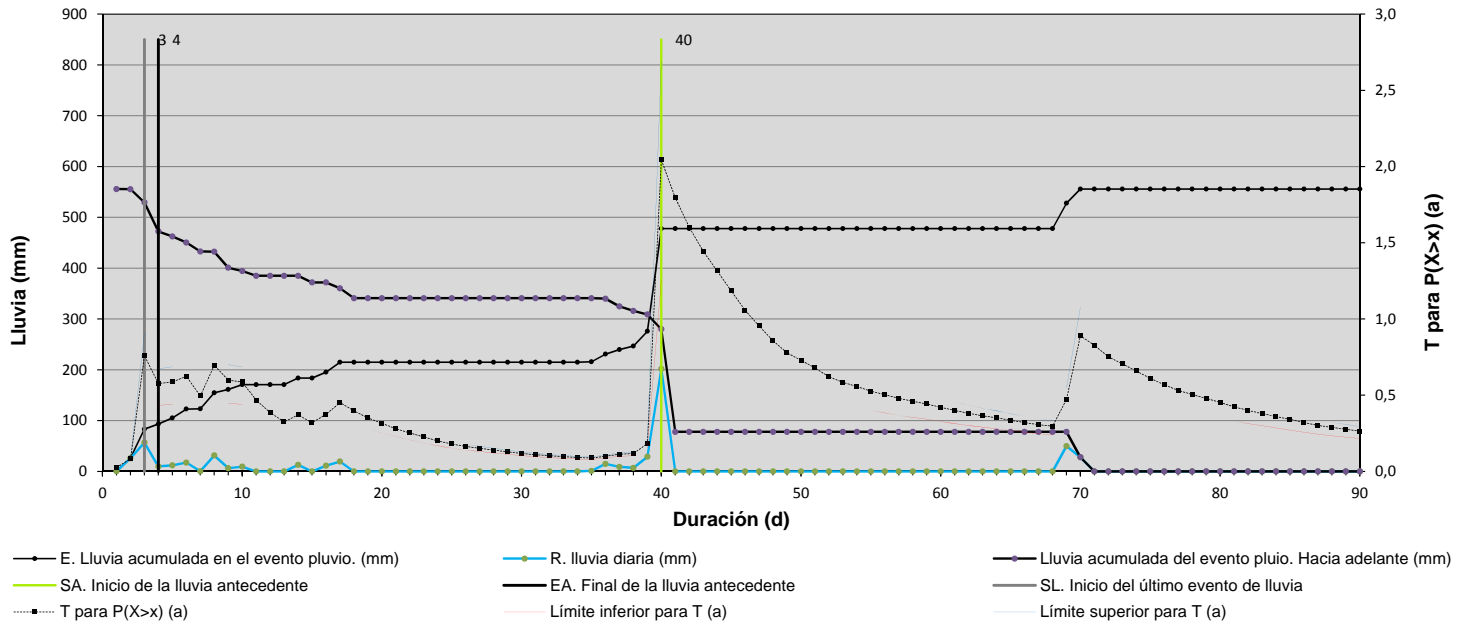
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 101. Pluviómetro 102. Fecha: 20/12/1996



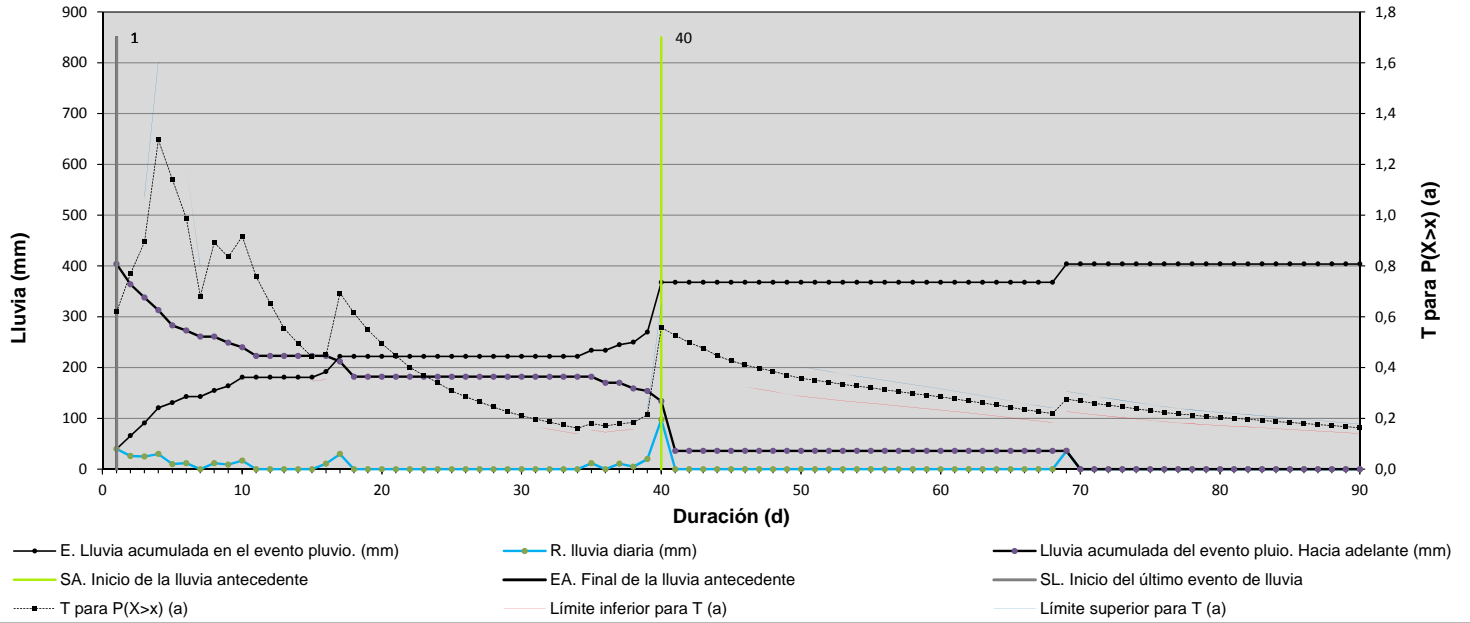
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 101. Pluviómetro 102. Fecha: 20/12/1996



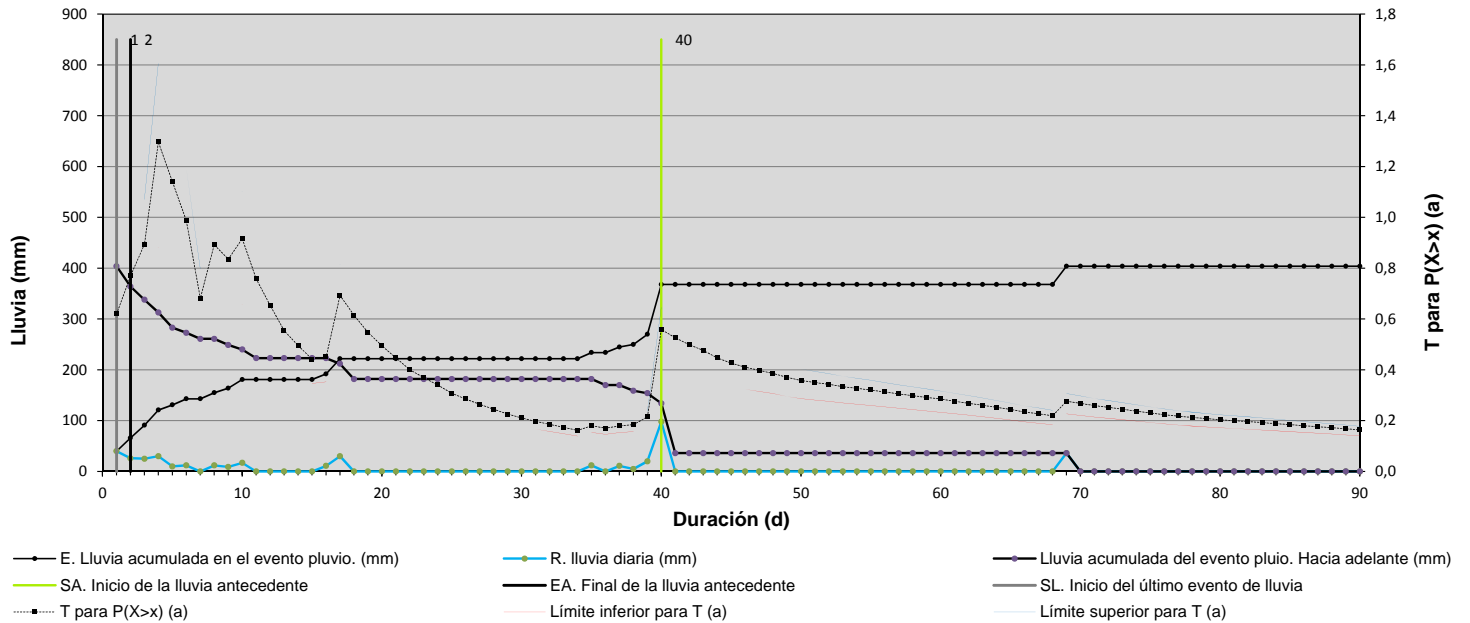
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 102. Pluviómetro 141. Fecha: 20/12/1996



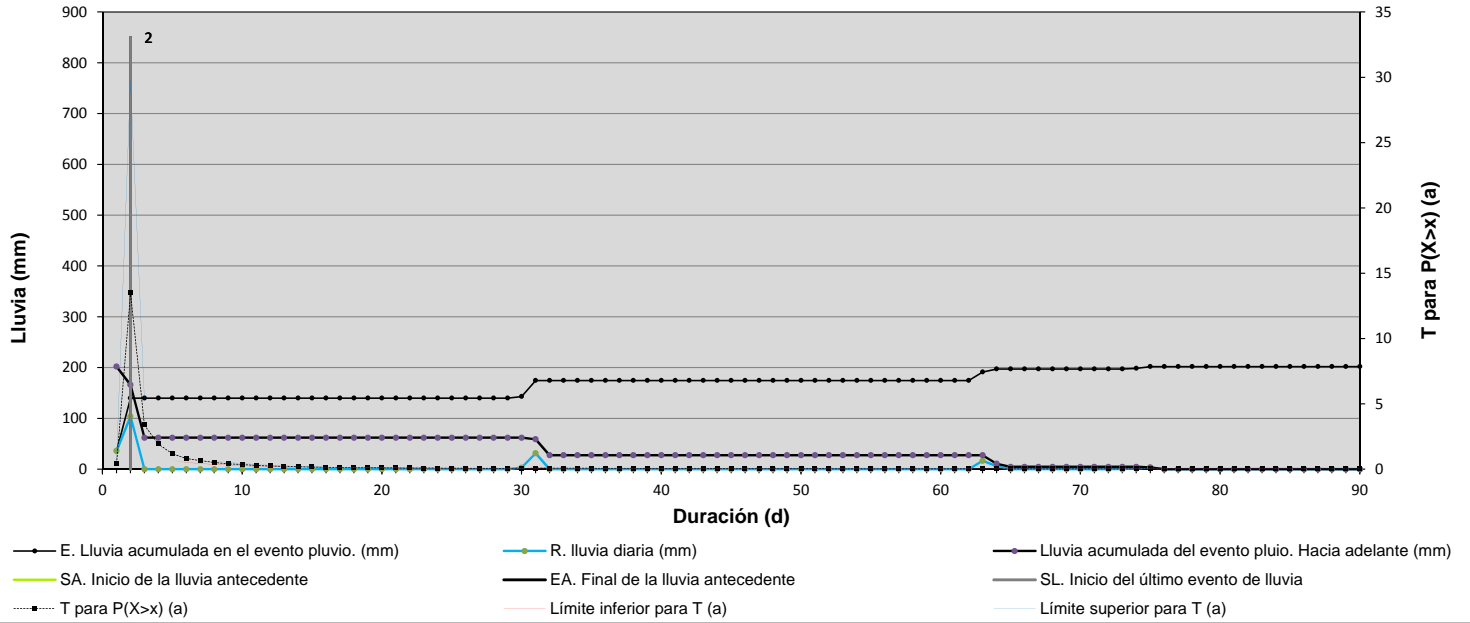
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 102. Pluviómetro 141. Fecha: 20/12/1996



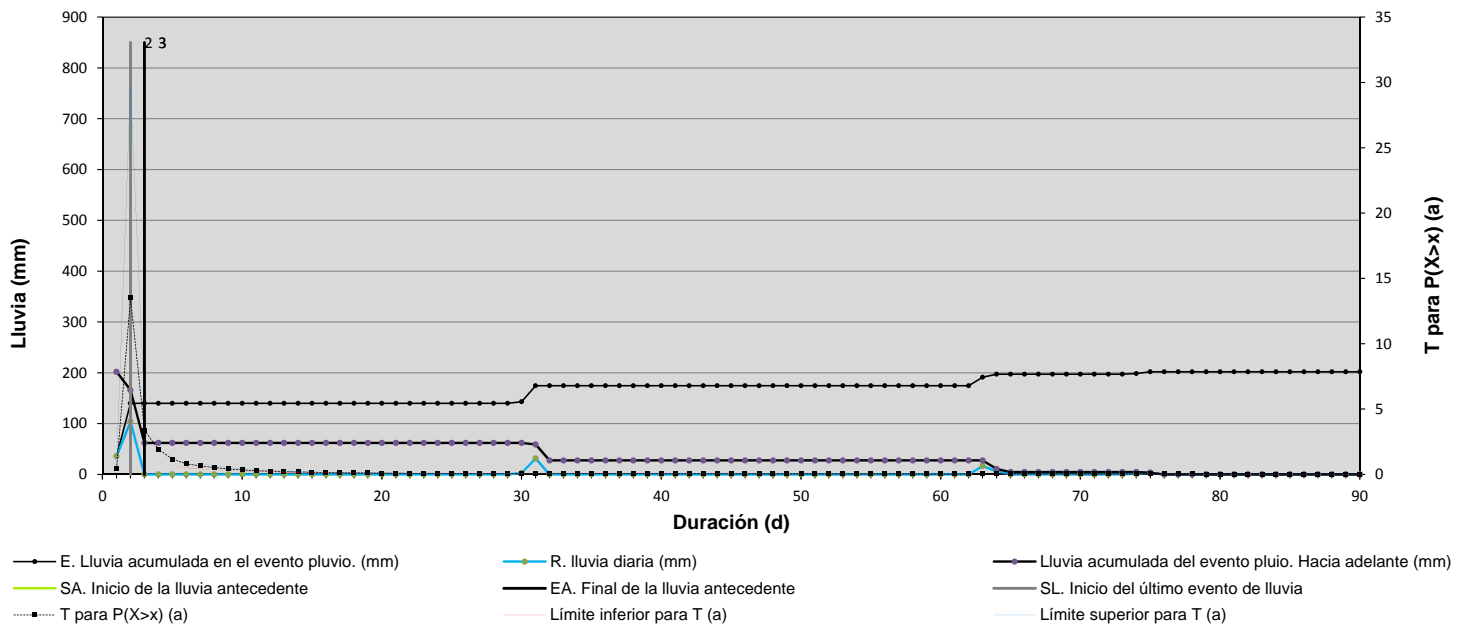
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 110. Pluviómetro 392. Fecha: 12/11/1996



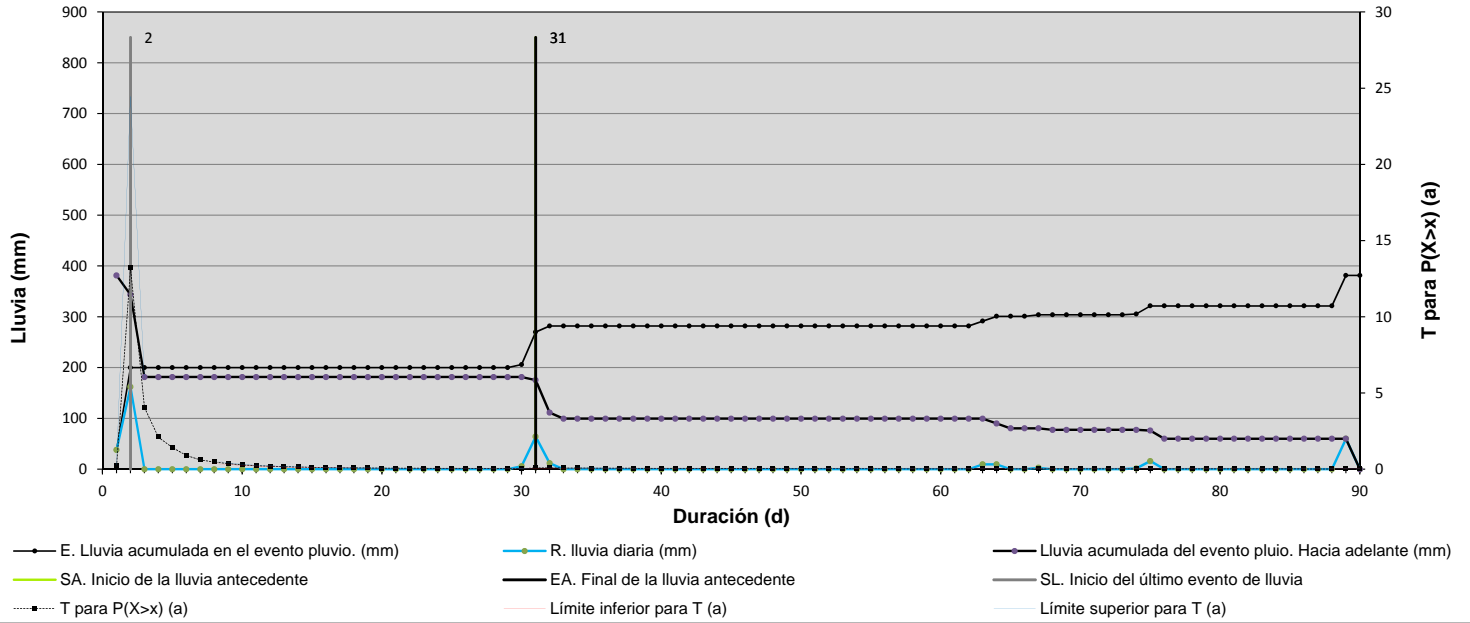
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 110. Pluviómetro 392. Fecha: 12/11/1996



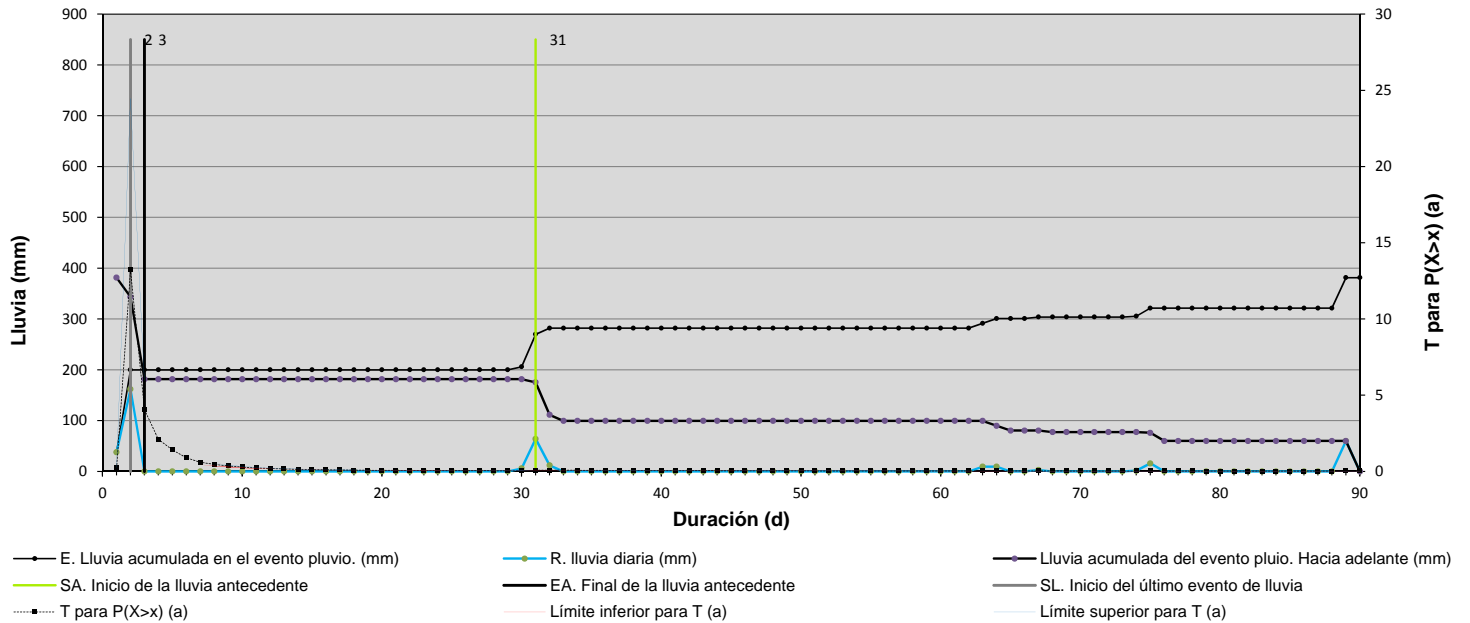
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

ID evento: 114. Pluviómetro 153. Fecha: 12/11/1996



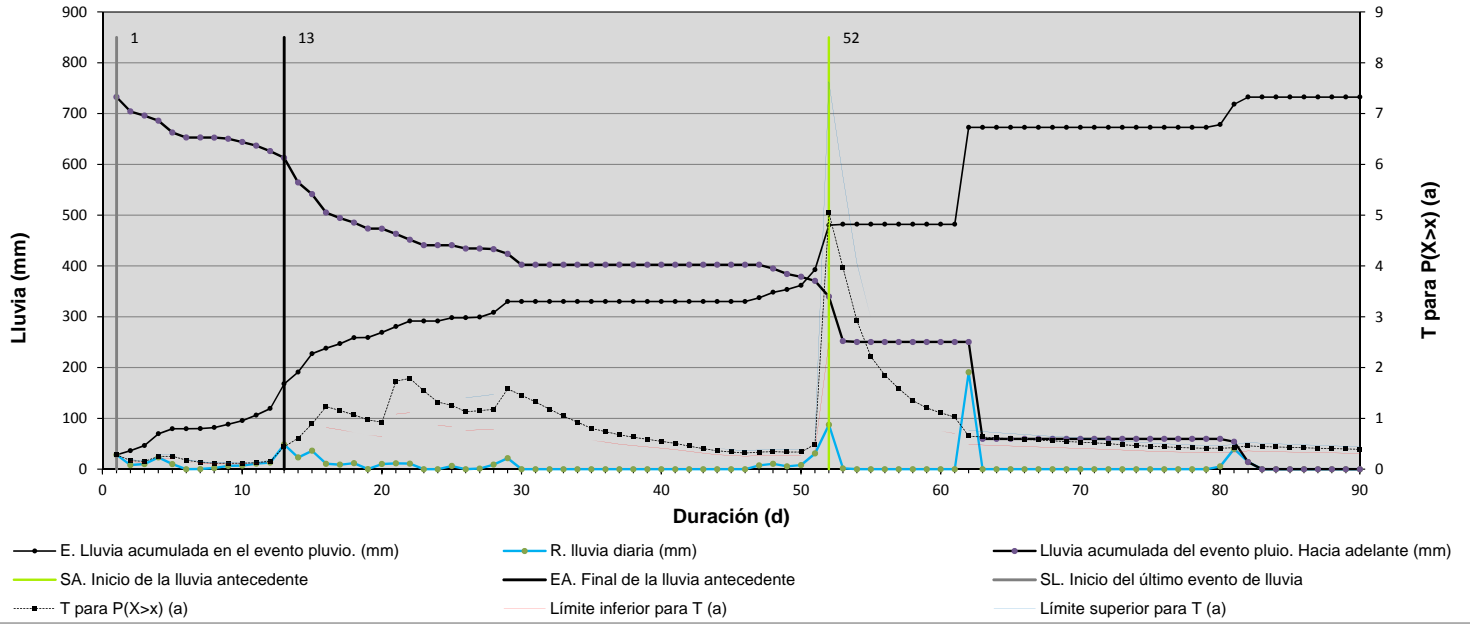
Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG1}

ID evento: 114. Pluviómetro 153. Fecha: 12/11/1996

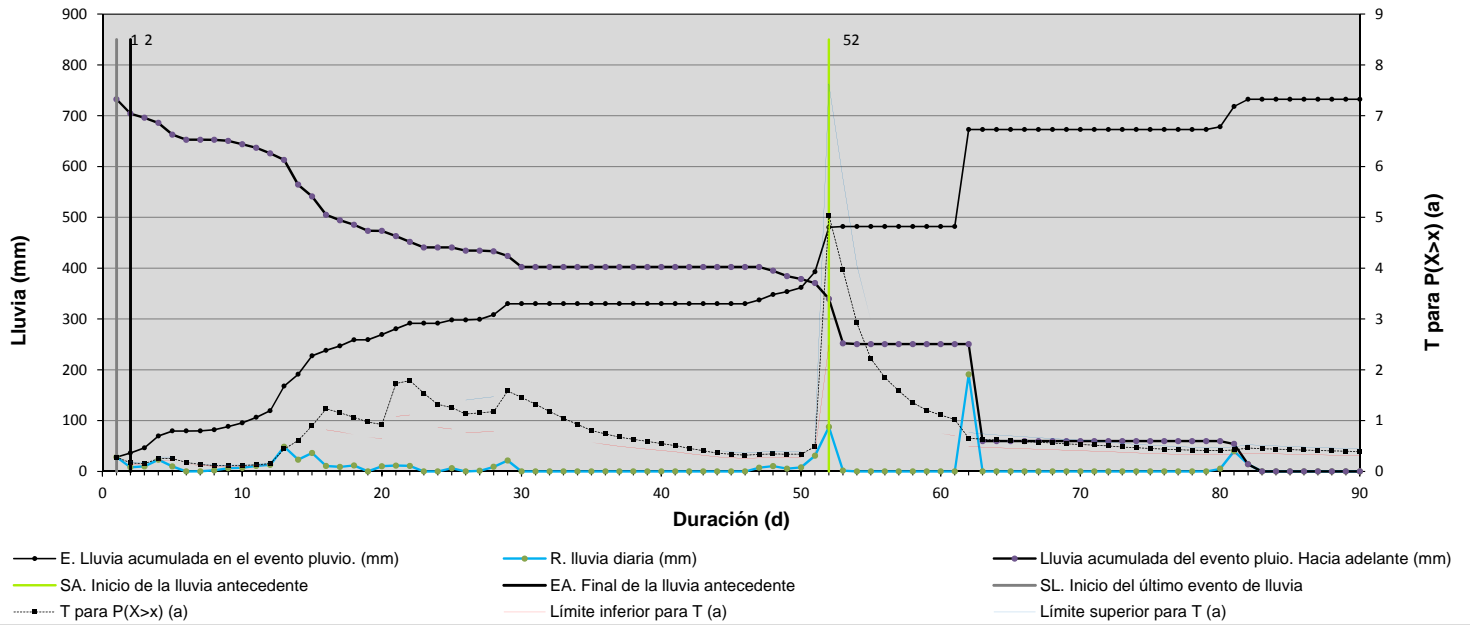


Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{BG2}

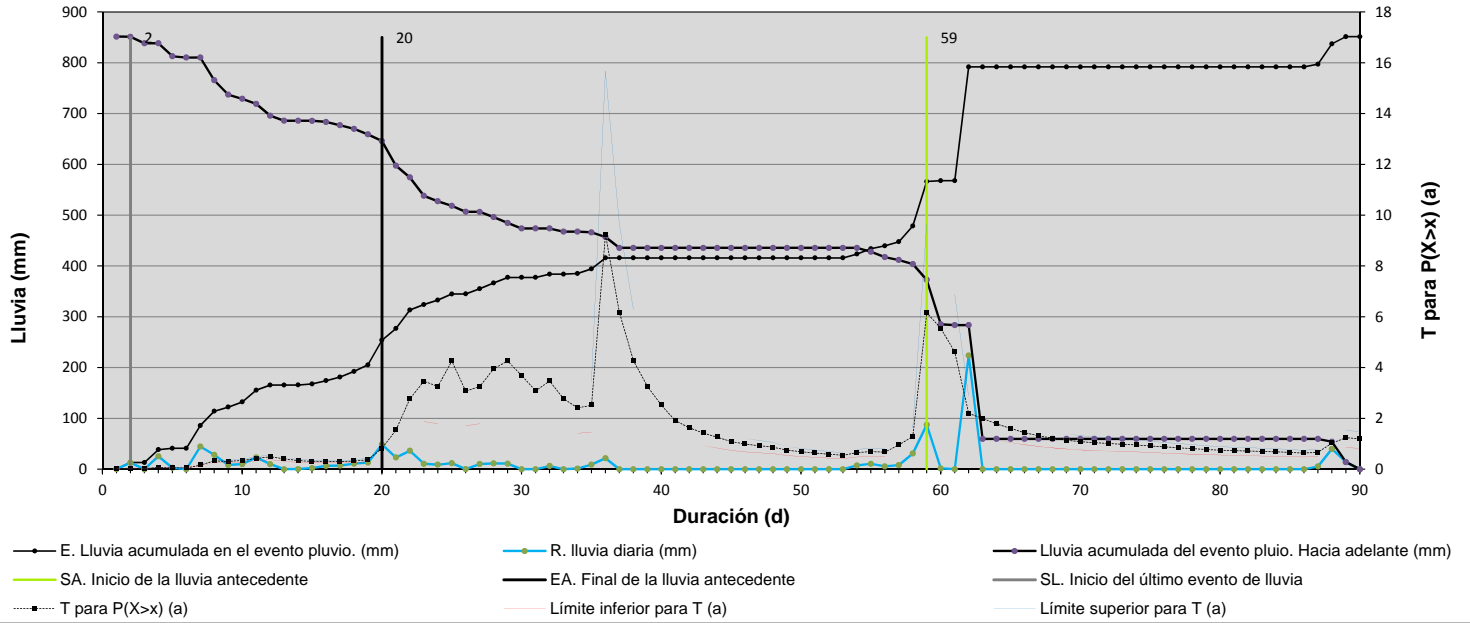
ID evento: 153. Pluviómetro 225. Fecha: 01/01/1997



ID evento: 153. Pluviómetro 225. Fecha: 01/01/1997

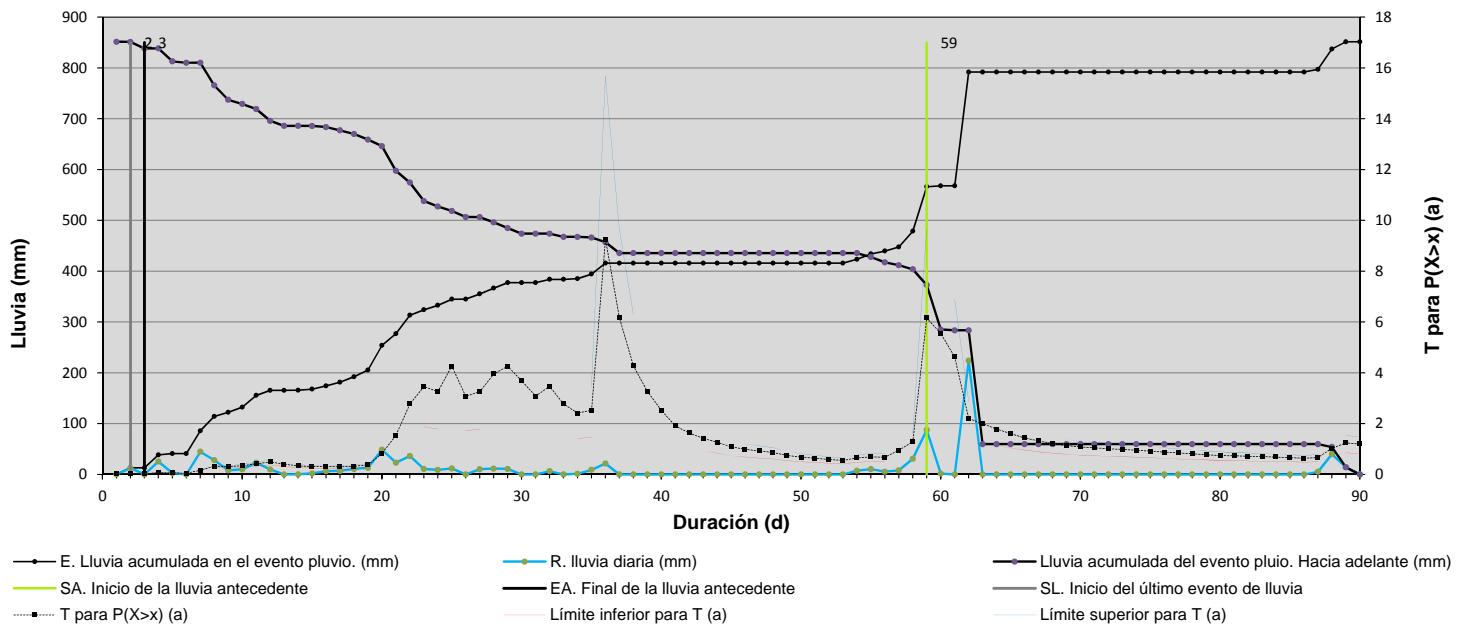


ID evento: 155. Pluviómetro 225. Fecha: 08/01/1997



Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{DG1}

ID evento: 155. Pluviómetro 225. Fecha: 08/01/1997



Variable de lluvia antecedente (entre SA y EA) = A_{DG2}



Universidad de Granada
ETS de Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Departamento de Ingeniería Civil