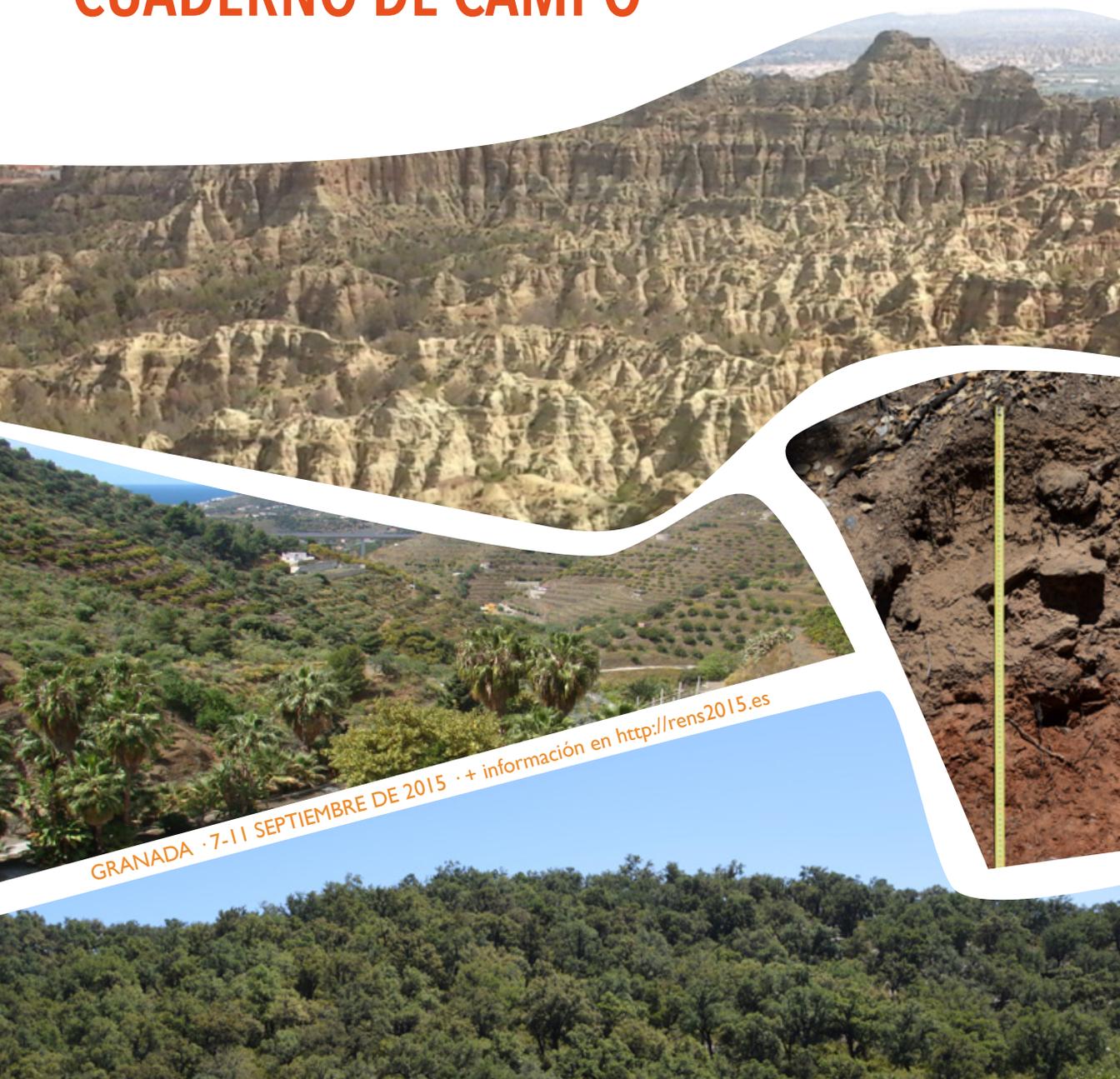




XXX REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO

SEMANA DEL SUELO

CUADERNO DE CAMPO



GRANADA · 7-11 SEPTIEMBRE DE 2015 · + información en <http://rens2015.es>



XXX Reunión de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo
Granada, 7 de septiembre de 2015
Cuaderno de Campo

Emilia Fernández Ondoño
Francisco Martín Peinado
Manuel Sierra Aragon
Francisco Javier Martínez Garzón
Eduardo Ortega Bernaldo de Quirós
Irene Ortiz Bernad
Ana Sevilla Perea
Juan Lorite Moreno



© LOS AUTORES

Emilia Fernández Ondoño
Francisco Martín Peinado
Manuel Sierra Aragon
Francisco Javier Martínez Garzón
Eduardo Ortega Bernaldo de Quirós
Irene Ortiz Bernad
Ana Sevilla Perea
Juan Lorite Moreno

**XXX REUNIÓN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA
DE LA CIENCIA DEL SUELO .
GRANADA, 7 DE SEPTIEMBRE DE 2015.
CUADERNO DE CAMPO**

ISBN: 978-84-16478-20-0

Depósito legal: GR./ 1058-2015

Edita: GODEL IMPRESIONES DIGITALES SL

Diseño de la edición: Francisco Vega Álvarez

Imprime: GODEL IMPRESIONES DIGITALES SL, Granada

Printed in Spain · Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Contenidos

9 SEPTIEMBRE · ITINERARIO 1

SUELOS Y VEGETACIÓN. TURBERA DEL PADUL Y LA CONTRAVIESA	5
Turbera del Padul	7
Sierra de La Contraviesa	19
Bibliografía	44

10 SEPTIEMBRE · ITINERARIO 2

DEPRESIÓN DE GUADIX	47
Descripción general de la zona: Factores formadores	49
Formación de la Depresión Guadix-Baza	59
Configuración actual de la Depresión de Guadix	65
Zona minera de Alquife	75
Bibliografía	84

11 SEPTIEMBRE · ITINERARIO 3

FINCA EL ZAHORÍ	87
Aplicación de restos de poda y evolución de los suelos	87
Visita a la Finca Experimental El Zahorí (Almuñécar, Granada)	88
Resultados	104
Bibliografía	110



ITINERARIO 1

Contenidos

Turbera del Padul

Descripción general de la turbera del Padul:

Factores formadores

Formación de la turbera

Parada 1. Suelos de la turbera

Perfiles de suelo en la Turbera del Padul

Sierra de la Contraviesa

Descripción general de la zona:

Factores formadores

Suelos bajo alcornoques y viñedos

Parada 2: Haza del Lino

Parada 3: Viñedos de la contraviesa

Bibliografía

9 SEPTIEMBRE · ITINERARIO 1

SUELOS Y VEGETACIÓN

TURBERA DEL PADUL Y LA CONTRAVIESA

Itinerario 1
9/9/2015

CUADERNO DE CAMPO
XXX REUNIÓN DE SUELOS DE LA SECS · GRANADA · SEPTIEMBRE DE 2015



En este itinerario visitaremos tres zonas en las que las características del suelo están muy condicionadas por la vegetación. Dos de ellas son emplazamientos singulares y anómalos por su posición geográfica, La Turbera del Padul y el Alcornocal del Haza del Lino. Las características geológicas, en el primer caso, y las climáticas en el segundo, han permitido el desarrollo de unas comunidades vegetales especiales que a su vez

han condicionado la formación y/o conservación del suelo.

La Contraviesa es una sierra de clima especial por su orientación al mar. Esto permite el cultivo de la vid a alturas inusuales. Este cultivo, histórico en la zona, abandonado durante unos años y retomado actualmente, ha modificado y modifica las características del suelo.

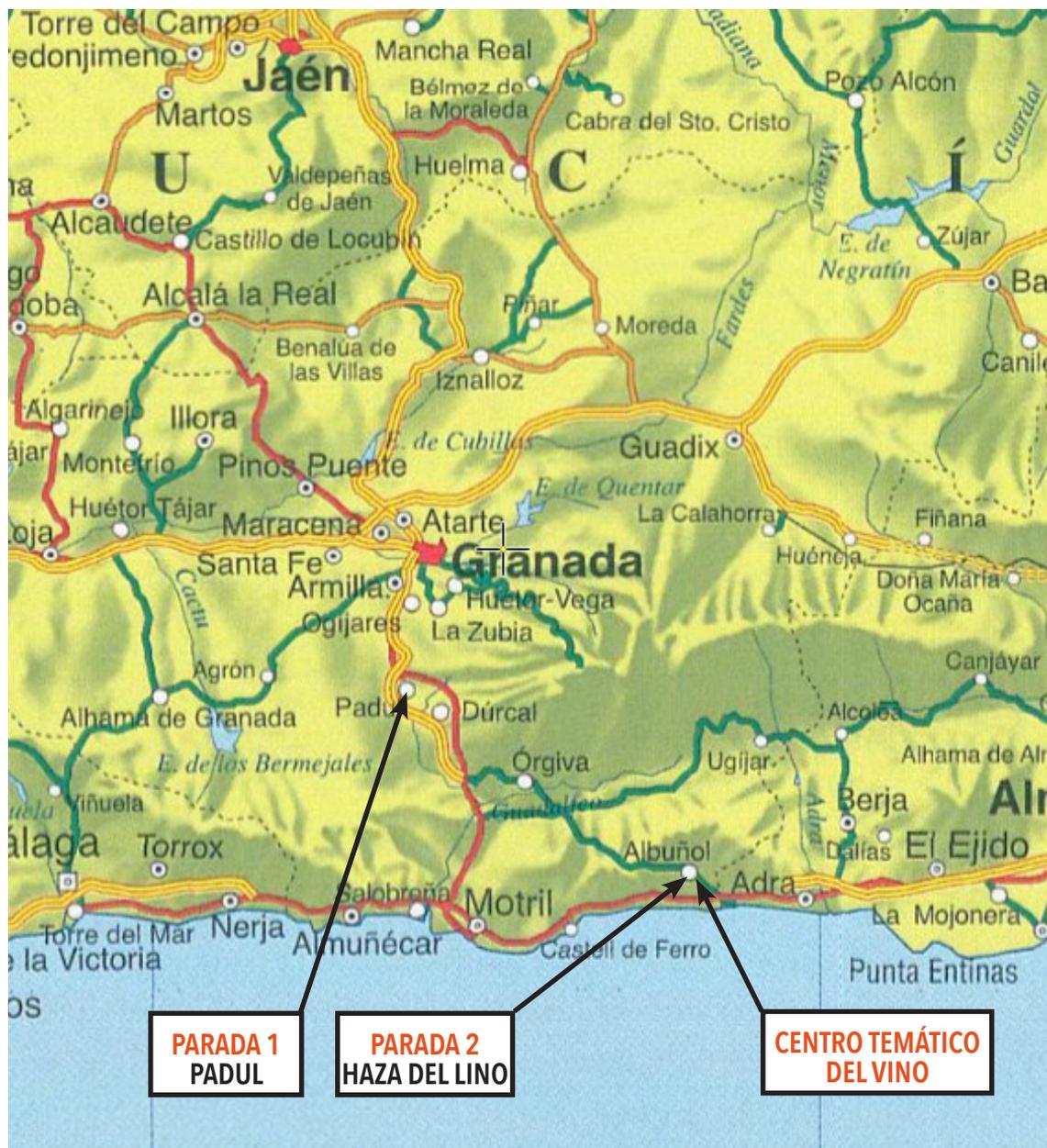


Figura 1. Organigrama de la excursión

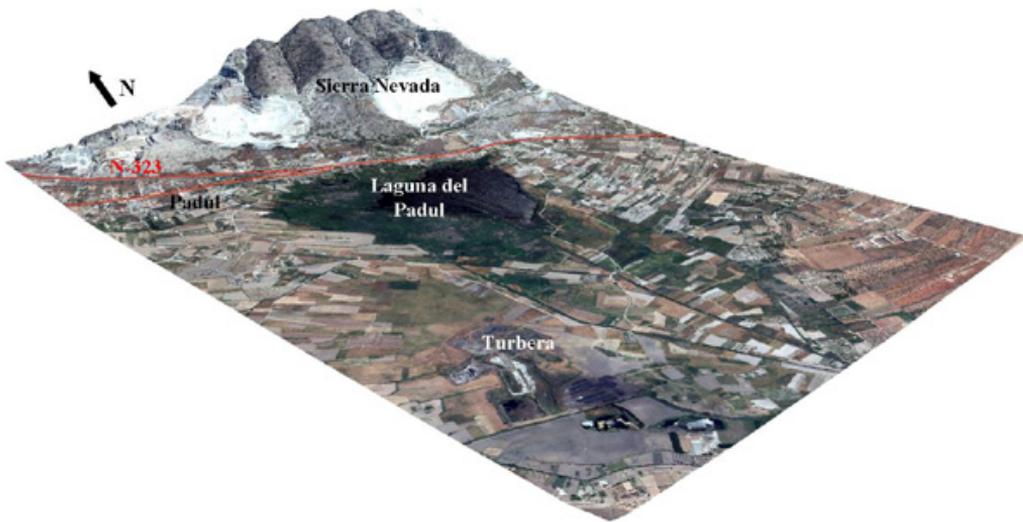


Figura 2. Laguna y turbera del Padul

Descripción general de la turbera del Padul: Factores formadores

La Laguna del Padul (coordenadas geográficas 37°00'N/03°36'W), cercana al pueblo del mismo nombre, está considerada como el principal humedal natural de la provincia de Granada y la mayor extensión de carrizal de Andalucía tras Doñana. Se sitúa en una altitud de 760 y 720 msnm y ocupa un área de 327.398 ha (Ficha Informativa RAMSAR FIR). Es la única zona húmeda natural de Granada. Procede de los restos de un sistema fluvial de inundación situado en el Valle de Lecrín, formado por subsidencia de una fosa tectónica. En varias ocasiones a lo largo de la historia se han realizado obras para desecarla, construyendo canales, llamados "madres" para drenar el agua, que finalmente se vertía al río Guadalfeo. A principios del siglo XX hay en la zona dos explotaciones de turba, que tras el abandono de la explotación, han dado lugar a lagunas artificiales. La importancia natural de este enclave radica fundamentalmente en la gran cantidad de aves que la frecuentan, sobre todo acuáticas, pero tiene también un gran interés paleopalinoológico y paleobiológico, como registro de los cambios climáticos producidos en el sur de la Península Ibérica durante los últimos milenios.

Clima

El clima de la zona se puede describir como Mediterráneo continental. Según los datos de la Estación Meteorológica de Padul, las precipitaciones son escasas, con una media anual de 430 mm y una gran irregularidad interanual característica del clima mediterráneo. También la distribución mensual de las precipitaciones es muy irregular con grandes diferencias entre meses, e incluso dentro del mismo mes en los distintos años registrados. La sequía estival es muy acusada especialmente en los meses de julio y agosto.

La temperatura media anual es de 16 °C. La estación fría abarca los meses de diciembre a enero, con temperaturas inferiores a los 10 °C. Las heladas son frecuentes en estos meses. Los meses más cálidos son julio y agosto, con temperaturas en ocasiones superiores a los 30 °C.

En la zona circundante a la turbera la evapotranspiración supera la precipitación gran parte del año.

Geomorfología

La depresión del Padul es una fosa tectónica subsidente, que se formó en una etapa distensiva tras la Orogenia Alpina. La cuenca del Padul, con un borde norte muy activo y el borde sur pasivo, dio lugar a un relleno sedimentario asimétrico formado por la actividad de las fallas del borde de Sierra Nevada (Delgado *et al.*, 2002, en Roldan *et al.*, 2015).

Los materiales de relleno fueron calizas bioclásticas, que pasaron a calizas organógenas al disminuir el aporte terrígeno durante el Mioceno medio y superior. Al final del Mioceno, a causa de un levantamiento brusco de Sierra Nevada, se produjo una fuerte erosión dando lugar a un depósito de conglomerados de cantos heterométricos, en su mayoría de origen metamórfico, sobre un medio marino que provocaría el cierre de la depresión de Padul, que de este modo se convirtió en una cuenca endorreica al final del Plioceno. Sobre los bordes de esta cuenca se establecieron depósitos fluviales en forma de conos de deyección, extendiéndose sobre una potente masa de turba con intercalaciones de arenas, arcillas y yesos, todos ellos del Cuaternario. En la actualidad se explota para uso agrícola y de jardinería (Roldan *et al.*, 2015).

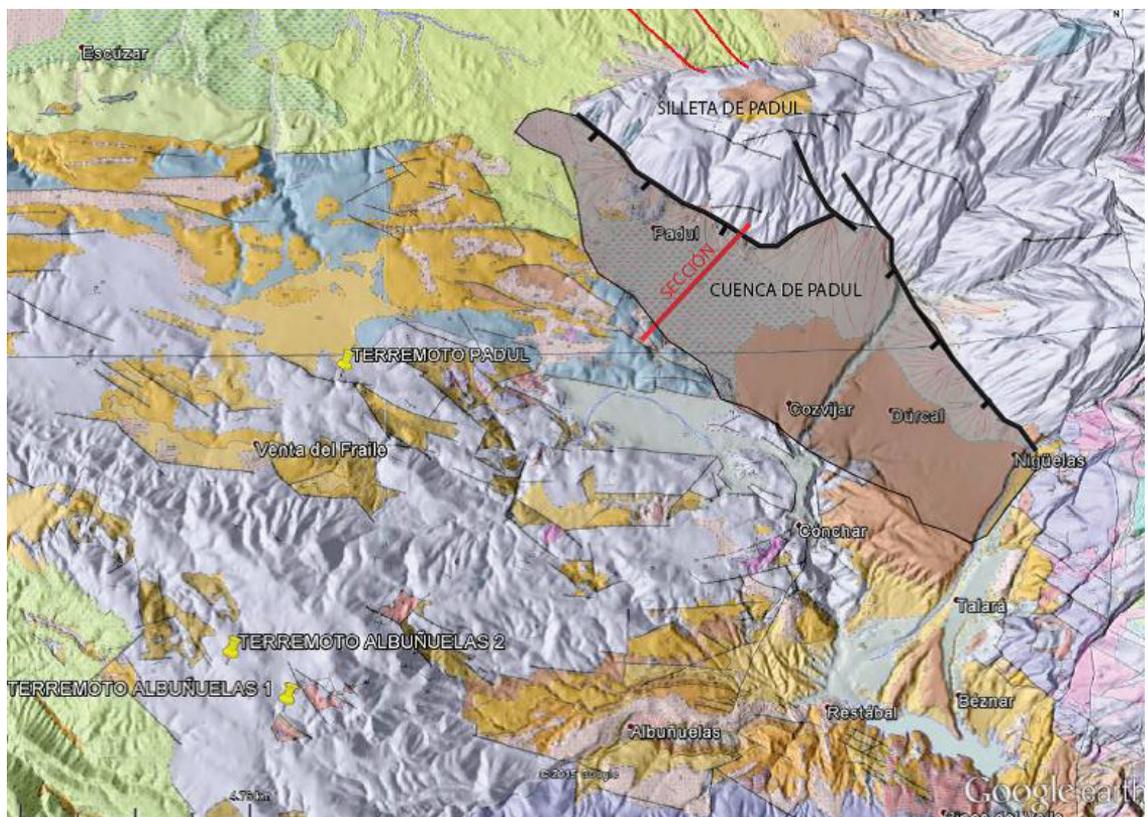


Figura 3: Mapa geológico de la cuenca de Padul y de su entorno. Situación de las fallas de Padul y Nigüelas (en Rodan *et al.*, 2015)

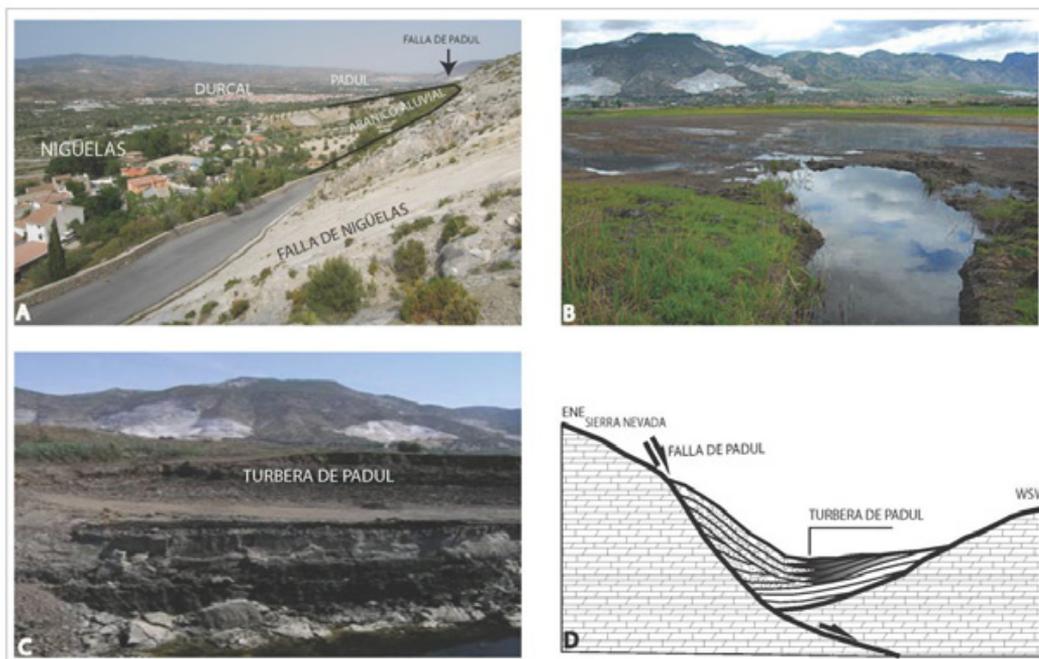


Figura 4: A) Cuenca de Padul. Recorrido de las fallas de Nigüelas y Padul. B) Laguna de Padul con la Sierra al fondo. C) Explotación de la turbera. D) Esquema sedimentario del relleno de la cuenca de Padul. (en Roldan et al. 2015)

Vegetación

La vegetación de la turbera del Padul está muy modificada por la acción antrópica. El drenaje, realizado por motivos agrícolas y sanitarios, mediante una serie de canales, redujo drásticamente la superficie inundada, aunque no consiguió eliminarla por completo. Actualmente hay un complejo de pequeñas lagunas, coincidiendo la mayor de ellas con la explotación de turba abandonada hace unos 10 años.

A continuación vamos a describir las comunidades más importantes y las especies más abundantes y/o características de ellas: Sumergidas en el agua, encontramos unas comunidades compuestas por **macrófitos acuáticos** (plantas vasculares acuáticas y algas con aspecto de plantas superiores). Comunidades constituidas, principalmente, por carófitos y plantas vasculares acuáticas (como *Chara vulgaris*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna*

gibba, *Zannichellia pedunculata*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. coloratus*). La disminución de la calidad del agua en los últimos años, ha motivado que varias de estas especies sean cada vez menos frecuentes.

En zonas con cauces permanentes, encontramos comunidades de **helófitos** (o plantas anfibias, que enraízan en el suelo, sumergido o encharcado, mientras que sus tallos están emergidos). En cauces permanentes, orillas de canales, canteras, etc., aparece una extensa formación de helófitos, donde son especialmente frecuentes el carrizo (*Phragmites australis*) y la anea (*Typha domingensis*), acompañados por praderas altas, en las que encontramos hierbas como la rara labiada *Scutellaria galericulata*, la Menta de lobo (*Lycopus europaeus*), el Cardo (*Cirsium micranthum*), *Althea officinalis*, *Scirpus tabernamontani*, *Calystegia sepium*, *Rorippa nasturtium-aquaticum* o *Potentilla erecta*.

El soto arbóreo asociado a los canales, vegas y bordes de turbera, que experimentan frecuentes inundaciones periódicas, y periodos en los que el nivel freático desciende considerablemente, estaría representado por formaciones de **saucedas** (*Salix atrocinerea*) y **choperas** (*Populus nigra* y *P. alba*), con tarajes (*Tamarix gallica*) y **olmos** (*Ulmus minor*), estos últimos en la zona en contacto

con la vegetación típicamente mediterránea. De estas formaciones tan solo encontramos árboles dispersos, más abundantes en los últimos años, en los que ha aumentado la protección y ha cesado la actividad de la cantera. Estos árboles tienen gran importancia como refugio para especies animales, con un papel destacado para la avifauna de este humedal.



Foto 1. Comunidad de helófitos dominada por la anea (*Typha domingensis*).



Foto 2: Árboles asociados a los bordes de la turbera

Formación de la turbera



Parada 1. Suelos de la turbera

Sierra *et al.* (1992), dentro del proyecto LUCDEME, describen los Histosoles asimilados a las turberas como térricos y fibrícos (FAO, 1981). Los primeros los situaban en el borde de la laguna con menor porcentaje de fibras reconocibles que los segundos. Presentan alternancia de capas carbonatadas y no carbonatadas relacionadas con los aportes puntuales de las sierras colindantes. Presentan también una cierta cantidad de sales, como se refleja en la conductividad eléctrica.

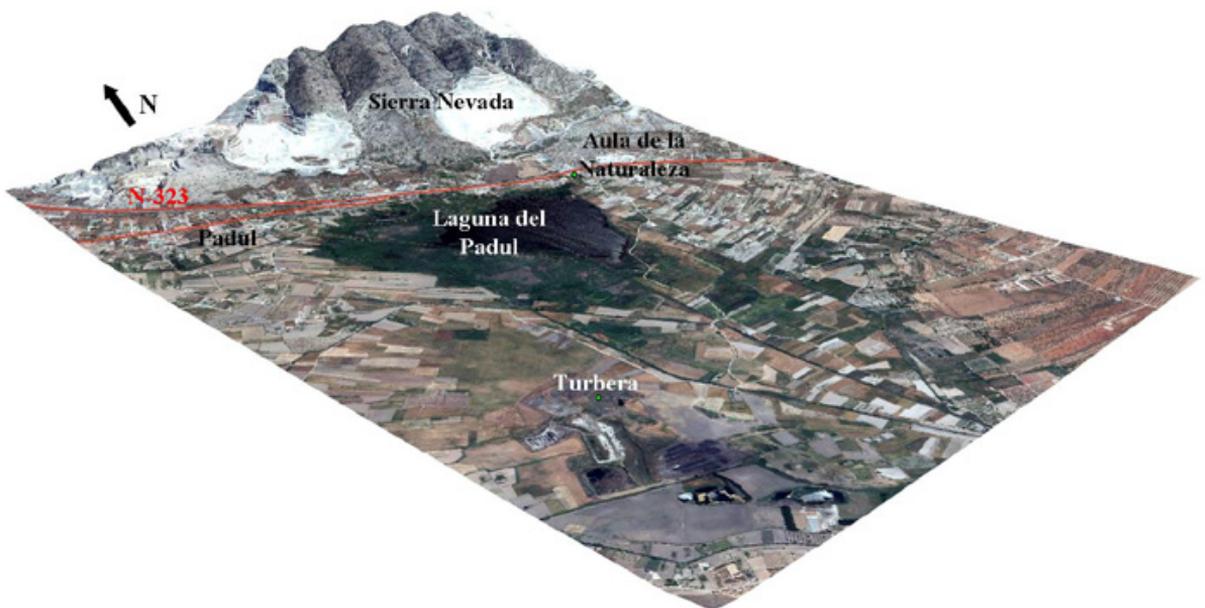


Figura 6: situación del Aula de la naturaleza y de la Turbera

Estos Histosoles proceden de la acumulación de materia orgánica en la depresión aluvial, depositada sobre una capa impermeable de naturaleza caliza que mantiene colgada una bolsa de agua permanente. La mayor parte de esta materia orgánica procede de plantas vasculares, carófitos

y tapetes bacterianos que se mineralizarían en un medio aeróbico pero que, en condiciones de anaerobiosis, la escasa actividad microbiana favorece su acumulación sin mineralizarse. Se estima que el crecimiento de la turba está entre 6,4 y 0,4 cm por siglo (Ficha Informativa RAMSAR FIR).



Foto 3: Laguna del Padul



Foto 4: Acúmulo de materia orgánica poco descompuesta en el borde de la laguna



Tanto dentro del sitio RAMSAR como en la zona circundante, prácticamente todo el espacio es de titularidad privada muy fragmentada. Las pequeñas parcelas (la mayoría no superan las 0,5 ha) se dedican a cultivos de secano o regadío, aunque en los últimos años se ha producido un abandono progresivo debido al escaso rendimiento económico de parcelas tan pequeñas.

Actualmente siguen existiendo una explotación de turba en activo, la Turbera del *Agia*, en la parte septentrional. la Turbera *del Aguadero*, situada en el borde meridional, no tiene actualmente actividad aunque se ha mantenido en explotación hasta fechas recientes.

Sierra *et al.* (1992) caracterizaron dos perfiles en la zona que reproducimos a continuación:



Foto 5: suelo del borde de la turbera

PERFIL 1

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localización: entre Fuente de la Higuera y la del Tío Miguel.

Coordenadas: 4.459-40.974.

Altitud: 740 m.

Posición fisiográfica: Depresión.

Topografía circundante: Colinada y montañosa.

Pendiente: Casi llano.

Vegetación o uso: cereales y regadío.

Material original: Material aluvial.

Drenaje: Escasamente drenado.

Pedregosidad: Muy poca.

Condiciones de humedad: Humedad a los 5 cm.

Profundidad de la capa freática: 1 m.

Erosión: Antrópica.

Clasificación: **Histosol térrico** (FAO, 1981) · **Medisaprist térrico-fibrico** (USDA-NCRS, 1975)

DESCRIPCIÓN

Horz.	Prof. cm.	Descripción
H ₁	0-15	Color en húmedo, pardo grisáceo oscuro (10YR 3/2) y pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; textura franco arenosa; estructura granular mediana a fina. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo y blando en seco. Frecuentes gravas, dolomíticas, poco alteradas. Fuertemente carbonatado. Abundantes raíces medianas y finas. Frecuentes lombrices; límite inferior neto y plano con el horizonte subyacente.
H ₂	15-35/45	Color en húmedo, gris muy oscuro (10YR 3/1) y gris (10YR 5/1) en seco; textura franco arenosa; estructura granular mediana a gruesa. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo y blando en seco. Abundantes gravas, dolomíticas, poco alteradas. Fuertemente carbonatado. Abundantes raíces medianas y finas. Frecuentes lombrices; límite inferior brusco y ondulado con el horizonte subyacente.
C ₁	35/45-52	Color en húmedo, pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3,5/2) y gris oscuro (10YR 6/2) en seco; textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, mediana. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo y blando en seco. Poros comunes, medianos y finos, imped y frecuentes medianos expd. Aumenta el contenido en gravas, más alteradas y divididas. Fuertemente carbonatado. Disminuyen las raíces. Límite inferior brusco y ondulado con el horizonte subyacente.
C ₂	>52	Color en húmedo, de gris parduzco claro a pardo grisáceo (10YR 5,5/2) y de gris claro a gris parduzco claro (10YR 6/5,2) en seco; textura franco arenosa. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo y blando en seco. Muy abundantes fragmentos heterométricos de naturaleza dolomítica.

ANÁLISIS DE SUELO

Hor.	Prof. cm	ARENAS (%)					LIMO Y ARCILLA (%)			
		Muy gruesa (2-1mm)	Gruesa (1-0,5)	Mediana (0,5-0,25)	Fina (0,25-0,1)	Muy fina (0,1-0,05)	Grueso (0,05-0,002)	Arcilla (>0,002)	UNIFIED (<0,075)	Gravas >2mm
H ₁	0-15	25,2	16,7	11,1	9,4	6,3	25,0	6,3	33,9	46
H ₂	15-35/45	25,1	15,4	10,4	9,3	6,7	26,1	7,0	35,9	47
C ₁	35/45-52	21,7	14,0	11,0	9,4	6,4	28,1	9,4	39,7	52
C ₂	>52	9,1	14,8	8,3	9,5	6,3	33,2	8,8	45,0	63

Hor.	Prof. cm	mg/100g					% Humedad		mm	
		% CO	% N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅	CaCO ₃	33 kPa 1500 Kpa		
H1	0-15	21,43	0,804	27	17,0	22	48	18,0	6,9	56,2
H2	15-35/45	8,50	0,243	35	15,2	14	44	14,1	6,2	
C1	35/45-52	1,86	0,102	18	18,0	14	43	12,6	4,9	
C2	>52	0,27	0,014	19	14,0	9	45	14,2	5,5	

Hor.	Prof. cm	pH	Bases y capacidad de intercambio catiónico Cmol ₍₊₎ kg ⁻¹					CIC	% V	dS.m ⁻¹ C.E.
			H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺			
H1	0-15	7,2	9,9	3,8	0,02	0,51	15,6	100	4,3	
H2	15-35/45	7,4	10,08	3,85	0,03	0,32	11,1	100	2,7	
C1	35/45-52	7,6	9,24	2,35	0,01	0,31	8,5	100	2,5	
C2	>52	7,8	11,13	2,49	0,01	0,22	6,5	100	2,4	

PERFIL 2

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localización: Explotación de turba próxima a C.N. 323.

Coordenadas: 4.458-40.972.

Altitud: 738 m.

Posición fisiográfica: Depresión.

Topografía circundante: Colinada y montañosa.

Pendiente: Llano.

Vegetación o uso: Gramíneas, juncos y carrizales.

Material original: Turba.

Drenaje: Muy escasamente drenado.

Pedregosidad: Muy poca.

Condiciones de humedad: Humedad a los 5 cm.

Profundidad de la capa freática: 60 cm por estar drenado artificialmente.

Erosión: Antrópica.

Clasificación: **Histosol fibrico** (FAO, 1981) · **Medisaprist fluvaquentic** (USDA, 1975)

DESCRIPCIÓN

Horz.	Prof. cm.	Descripción
Ah	0-20	Color en húmedo, gris parduzco (10YR 4,5/1) y gris claro (10YR 7/1) en seco; textura franco limosa; estructura muy débil granular/bloques subangulares. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo y ligeramente duro en seco. Pocos poros. Fuertemente carbonatado. Presencia raíces finas y alguna mediana. Límite brusco y ondulado con el horizonte subyacente.
H	20/38	Color en húmedo, negro (10YR 2/1) y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en seco; presencia de manchas herrumbrosas amarillo rojizas (7,5 YR 6/89 que no se observan en húmedo. Textura franco limosa; estructura en bloques subangulares/angulares, muy compacta. Adherente, plástico, friable en húmedo y duro en seco. Decarbonatado. Abundantes raíces bien conservadas. Límite neto y plano con el horizonte subyacente.
2C	38-45	Color en húmedo, gris claro (10YR 7/1) y blanco a gris claro (10YR 7,5/1) en seco; textura franco limosa; estructura masiva. Adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo y duro en seco. No se observan raíces. Calcáreo. Límite neto y plano con el horizonte subyacente.
3H	45-65	Color en húmedo, negro (10YR 2/1) y pardo muy oscuro a negro (10YR 2/1,5) en seco; textura franco limosa. Estructura en bloques subangulares/angulares, muy compacta. Adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo y duro en seco. La presencia de raíces, preferentemente de tamaño medio, no implica que estas sustenten a ninguna planta, sino que pese a su aspecto fresco se mantienen sin descomponer por las condiciones del medio, siendo "reliquias" que aparentan tener vida. Decarbonatado. Límite gradual y difuso con el horizonte subyacente.
4H	>65	Color en húmedo, negro (10YR 2/1) y negro (10YR 2/1) en seco; textura franca. Estructura en bloques subangulares/angulares, muy compacta. Firme en húmedo y duro en seco. Decarbonatado

ANÁLISIS DE SUELO

Hor.	Prof. cm	ARENAS (%)					LIMO Y ARCILLA (%)			
		Muy gruesa (2-1mm)	Gruesa (1-0,5)	Mediana (0,5-0,25)	Fina (0,25-0,1)	Muy fina (0,1-0,05)	Grueso (0,05-0,002)	Arcilla (>0,002)	UNIFIED (<0,075)	Gravas >2mm
Ah	0-20	0,2	0,2	0,3	4,0	5,6	65,2	24,5	91,7	14
H	20-38	0,0	0,0	0,4	0,4	1,4	80,7	17,1	98,6	0
2C	38-45	0,5	0,5	2,2	1,7	23,6	62,6	8,9	80,0	0
3H	45-65	0,6	0,8	1,0	2,0	4,0	64,7	26,9	94,0	0
4H	>65	0,0	0,0	0,0	23,5	8,6	47,9	20,0	72,8	0

Hor.	Prof. cm	mg/100g						% Humedad		mm
		% CO	% N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅	CaCO ₃	33 kPa	1500 Kpa	
Ah	0-20	4,72	0,187	25	39,0	12	49	49,2	15,8	62,2
H	20-38	21,06	0,896	23	1,0	6	0	58,4	53,1	
2C	38-45	1,07	0,069	16	12,0	8	5	20,7	2,9	
3H	45-65	19,61	0,675	29	2,0	8	0	66,4	41,1	
4H	>65	30,91	0,935	33	1,0	5	0	84,8	69,7	

Hor.	Prof. cm	pH	Bases y capacidad de intercambio catiónico Cmol ₍₊₎ kg ⁻¹					% V	dS.m ⁻¹
			H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
Ah	0-20	7,2	27,30	5,08	2,51	0,30	18,9	100	2,84
H	20-38	4,8	30,66	20,79	1,26	0,15	113,8	46	3,77
2C	38-45	6,2	7,35	6,55	2,48	0,18	5,9	100	1,75
3H	45-65	3,9	22,05	15,79	1,24	0,20	64,0	33	3,89
4H	>65	5,7	15,44	19,64	1,89	0,12	110,4	34	3,10

Los distintos horizontes en la turba presentan una gran variabilidad en función de las características de los aportes. Un ejemplo puede observarse en el estudio reciente, realizado por Romero-Freire *et al.* (en prensa), en el que realizan una caracterización de la turba que se está explotando actualmente de forma comercial. Los valores presentados por estos autores a veces coinciden y otras no con los estudios previos.

Propiedades	pH	CE	Da	porosidad	Fet	Fed	Feo
	1:2,5	dS m ⁻¹	g/cm ³	%	g.kg ⁻¹		
Turba	3,0 ± 0,14	3,1 ± 0,21	0,32 ± 0,01	83,74 ± 0,01	14,4 ± 0,1	0,97 ± 0,04	0,43 ± 0,06

Propiedades	CO	CIC	V	Agua útil
	%	cmol+kg ⁻¹	%	%
Turba	19,85 ± 0,25	41,77 ± 1,16	66,24 ± 3,35	8,51 ± 0,01

Análisis de turba de Romero-Freire *et al.* (en prensa)

SIERRA DE LA CONTRAVIESA



Descripción general de la zona: Factores formadores

La Sierra de la Contraviesa (históricamente **Sierra del Cehel**) forma parte de la Alpujarra Baja, en la provincia de Granada y Almería. Se extiende entre el río Guadalfeo y la costa del mar Mediterráneo, limitando al norte con la sierra de Lújar y al este con la sierra de Gádor. Mirando al norte, desde cualquier punto de esta sierra, se puede observar Sierra Nevada.

Es una sierra quebrada, ondulada, con innumerables cerros. La máxima altura, de 1.545 m, corresponde al monte Salchicha, y el siguiente punto en altitud, 1.514 m, está situado en el Cerrajón de Murtas. Las laderas de la cara norte llegan hasta el río Guadalfeo, y las laderas de la cara sur se adentran en el mar de Alborán o forman pequeños deltas o conos aluviales.

Parte de los municipios de esta sierra han sido protegidos como patrimonio histórico mediante la figura de Sitio Histórico de la Alpujarra.

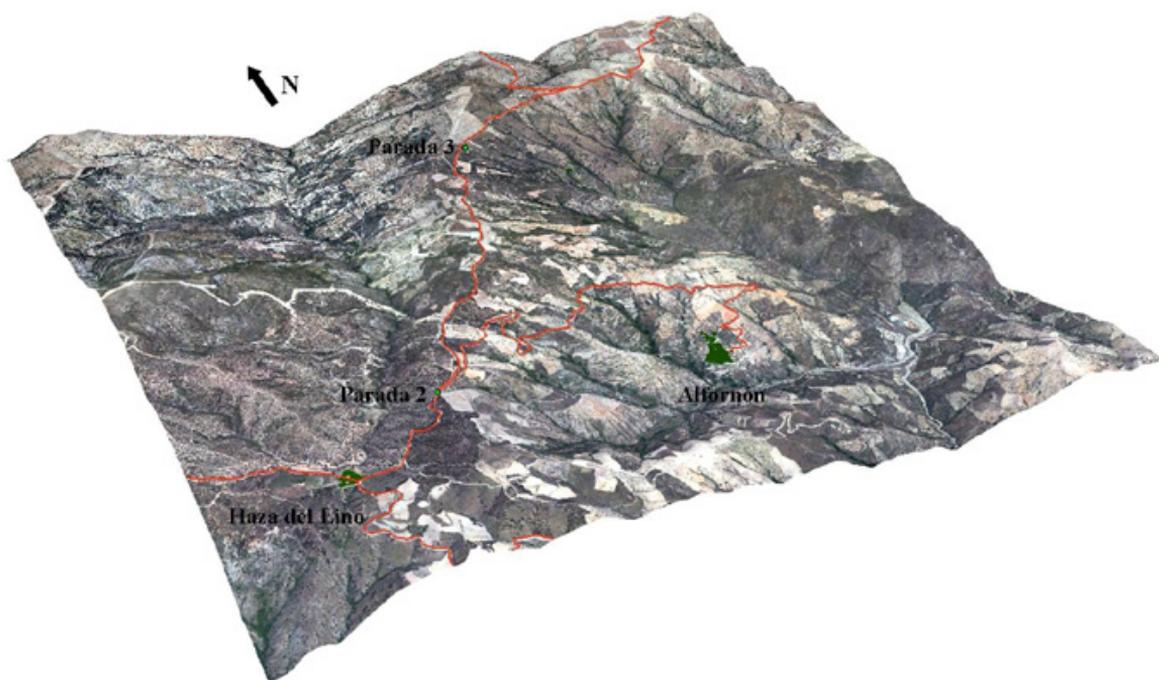


Figura 7. Sierra de La Contraviesa y Haza del Lino

Clima

El clima de la Alpujarra es bastante diverso, estando la mayor parte dentro del tipo Mediterráneo Continental, con una gran influencia marina. Hay una marcada estacionalidad, tanto en las precipitaciones, como en las temperaturas. Además, debido al incremento de altitud aparecen elevados contrastes térmicos, que producen diferencias mesoclimáticas y microclimáticas importantes.

Las precipitaciones con medias de 500 mm año, registradas en la estación meteorológica del Haza del Lino, se concentran en otoño y finales de la primavera. Se pueden diferenciar claramente tres zonas desde el punto de vista geomorfológico-climático: la costera en la baja Alpujarra hasta los 500 m de altitud, la templada entre los 500 y 1.200 metros de altitud y la fría que se extiende desde los 1.200 m hasta las cumbres de Sierra Nevada. Pero además, las condiciones microclimáticas de cada lugar varían drásticamente en función de la orientación.

La temperatura registrada en las dos estaciones meteorológicas completas que existen en la Alpujarra (Órgiva y Soportújar situadas a 400 m y 1.500 m de altitud respectivamente), oscilan desde valores mínimos medios de 1,5 °C hasta máximos de 29°C. Esta continentalidad climática es regulada por la cercanía del mar que evita temperaturas extremas, tanto máximas como mínimas.

El déficit de agua es alto, especialmente en verano, y mayor en las zonas erosionadas en las que ha disminuido significativamente la capacidad de retención de agua por parte del suelo.

Geomorfología

La Alpujarra se localiza dentro de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas, en la unidad tectónica Complejo Alpujarride. Esta fase está formada por un conjunto de mantos de corrimiento que rodean al complejo Nevado-Filábride dispuestos en dos aureolas. La más interna corresponde al

Zócalo de rocas metamórficas, donde predominan pizarras, filitas arcillosas y esquistos ferruginosos, materiales fácilmente deleznable. La más externa está compuesta en superficie por calizas y dolomías. A la primera pertenece casi en su totalidad la Sierra de la Contraviesa, destacando sobre todo las filitas, muy características de este complejo por su color azul o violeta.

El relieve de la Contraviesa es menos abrupto que el de otras sierras próximas, pues la litología, esquistos y filitas, determinan un relieve alomado (Roca, 1990).

Roca (1990) define varias unidades geomorfoedáficas desarrolladas sobre diferentes materiales, que conforman la cuenca del río Guadalchón. Dos de estas unidades, unidad III y unidad IV las describe como desarrolladas en relieves suaves sobre esquistos ferruginosos y en relieves abruptos sobre esquistos grafitosos y filitas asociados con cuarcitas.

El desarrollo de los suelos en estas dos unidades va a venir condicionado por los procesos erosivos asociados a la orografía, pero se caracterizan en general por el fuerte matiz rojo de los suelos, generado a partir de esquistos ferruginosos fácilmente meteorizables. Este material en el edafoclima xérico y méxico, genera un proceso de fersialización acorde con el ambiente semiárido de la cuenca.

El material ferruginoso es débilmente ácido y rico en minerales de hierro fácilmente alterables, lo que permite procesos tales como iluviación y argillización originando horizontes Bt o, si el proceso de iluviación no es tan intenso, Bw crómicos.

En las zonas más escarpadas, de erosión más intensa, predominan los Leptosoles y Regosoles y sólo en sitios resguardados aparecen Cambisoles.

Vegetación

La formación vegetal más singular de la zona y que vamos a visitar, es el alcornocal del Haza del Lino. Este alcornocal ocupa la falda sur del cerro

Salchicha (1.545 msnm), entre 1.200 y 1.500 m de altitud, con una extensión aproximada de 350 ha. La altitud de este alcornocal es excepcional, puesto que en otras zonas de la Península Ibérica la máxima altitud a la que aparece la especie es unos 1.300 m., de hecho es el alcornocal situado a mayor altitud en Europa y uno de los más meridionales.

Su presencia viene condicionada por la aparición de sustratos silíceos y de suelos con ausencia casi total de calcio, requisitos casi indispensables para la especie. Además de unas características climáticas particulares; como unas precipitaciones entorno a los 600 mm anuales (subhúmido), las más elevadas a nivel de las sierras costeras granadinas, y por la formación frecuente de nieblas en los meses de verano, que ascendiendo

desde la costa se “estancan” en el pico Salchicha, que como se ha indicado, es el que presenta mayor altitud de la zona. Por esto motivos, distintos autores atribuyen a este alcornocal un carácter relictivo, o consideran que está al “límite de sus posibilidades” (e.g. Martínez-Parras *et al.*, 1987).

El **estrato arbóreo** está formado casi exclusivamente por el alcornoque (*Quercus suber*) aunque en algunas zonas encontramos también encina (*Q. ilex subsp. ballota*). Como curiosidad cabe destacar que una importante proporción de individuos de este alcornocal, son en realidad híbridos entre alcornoque y encina, que reciben el nombre de mestos (*Q. x morisii*) y presentan características morfológicas intermedias entre las dos especies, presentando la formación de corcho típica del alcornoque.

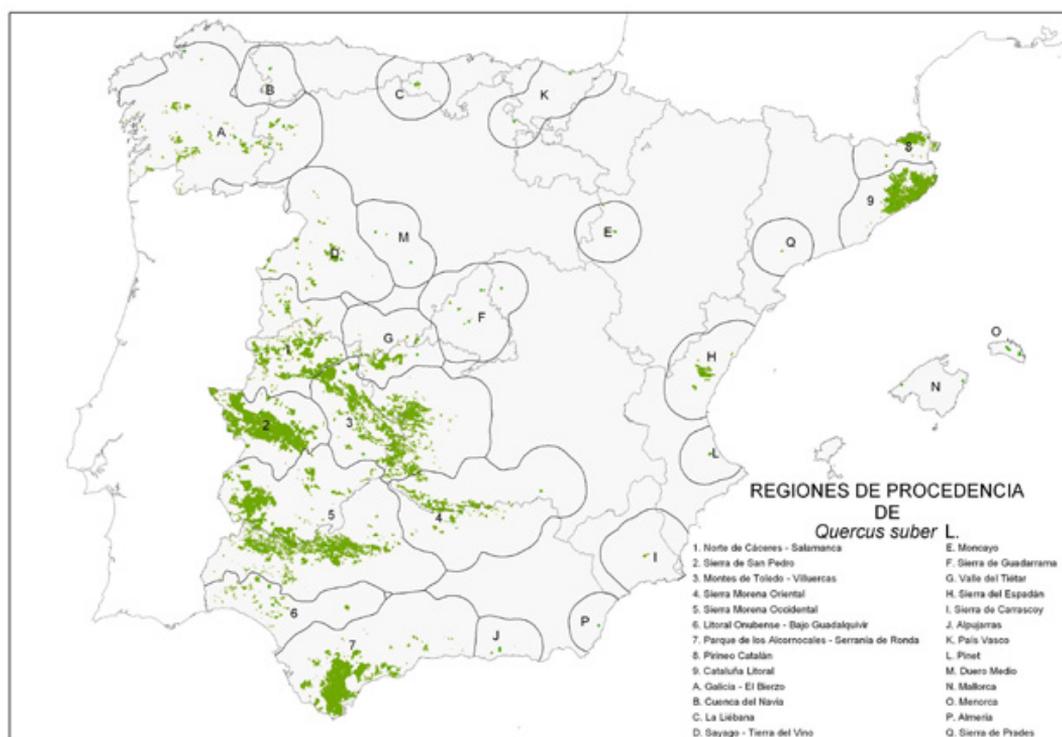


Figura 8. Regiones de procedencia de *Q. suber* en la Península Ibérica. La zona designada como J “Alpujarras”, englobaría al Haza del Lino y otras pequeñas masas de alcornocal adyacentes. (Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) (http://www.magrama.gob.es/es/ desarrollo-rural/temas/politica-forestal/recursos-geneticos-forestales/rgf_regiones_procedencia.aspx).



Foto 6. Aspecto del alcornocal del Haza del Lino.

No es frecuente la aparición de **especies arbustivas** ligadas a este bosque, probablemente por el manejo de este alcornocal, con la excepción del espino albar (*Crataegus monogyna*) o del rasca-viejas (*Adenocarpus decorticans*), que aparecen de forma esporádica. Tampoco es frecuente la aparición de las especies nemorales ligadas a estos bosques, puesto que en general tienen una estructura abierta. Encontramos puntualmente especies típicas de bosque como *Silene alba*, o las orquídeas *Dactylorhiza sambucina* subsp. *insularis* y *Cephalanthera longifolia*.

Por la estructura abierta del bosque, aparece un **matorral bajo** muy desarrollado donde dominan las cistáceas (jaras y similares), con especies

como: *Cistus populifolius*, *C. salviifolius*, *C. monspeliensis*, *Halimium atriplicifolium*, junto con labiadas como el cantueso (*Lavandula stoechas*), mejorana (*Thymus mastichina*) o matagallos (*Phlomis purpurea*), y leguminosas de bajo porte como bolina (*Genista umbellata*) o aulaga (*Ulex parviflorus*). Estas especies de matorral están acompañadas de gramíneas como la grama de jopillos (*Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*), el berceo (*Stipa gigantea*) o lastones (*Festuca scariosa* y *F. elegans*, esta última más rara).

Este alcornocal es de propiedad privada, aunque está catalogado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía como arboleda singular de la Provincia de Granada.



Parada 2: Haza del Lino

Camacho (1992) realiza una delimitación y caracterización de los paisajes erosivos de la sierra de la Contraviesa y concluye que en esta sierra dominan las condiciones rexistásicas agravadas por la intervención antrópica. Sin embargo, algunos geosistemas mantienen un cierto equilibrio a pesar de la actuación antrópica, del estado de degradación y de la evolución regresiva. La autora señala que el geosistema de las altas cumbres húmedas occidentales, correspondientes al alcornocal del Haza del Lino, puede considerarse un sistema en biostasia, pero degradado con dinámica regresiva. Aunque se trata de un área muy alterada y humanizada, el potencial existente permite vislumbrar posibilidades de una recuperación. Las pérdidas edáficas en estos ámbitos son menos evidentes.

Camacho (1996) realiza un análisis de usos del suelo y riesgos de erosión en la zona a partir de imágenes de satélite y delimita una serie de unidades según el riesgo de erosión. La zona del Haza del Lino la define en la unidad 6 como formada por Regosoles y Litosoles desarrollados sobre los micaesquistos y cuarcitas del sustrato. Bajo el alcornocal se conservan Regosoles eútricos y Luvisoles crómicos. El riesgo de erosión puede considerarse débil bajo la protección de los árboles.

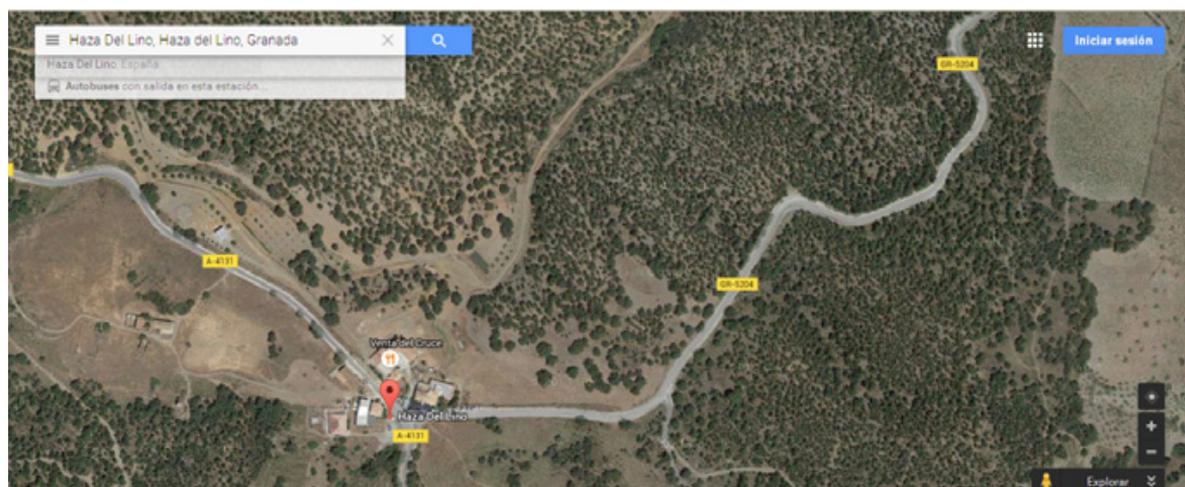


Foto 7: Alcornocal del Haza del lino

El **perfil 3** ►, suelo bajo alcornocal, situado a unos 500 m de la entrada del camino forestal en el lugar conocido como Haza del Lino, está situado en la ladera sur de la Sierra de la Contraviesa. Desde el punto de vista ecológico, se encuentra situado en el Sector Alpujarro-Gadoreense, entre los 1200 -1500 msnm .

Se trata como ya hemos dicho del alcornocal más extenso de la provincia de Granada (alrededor de unas 350 ha), cuyo estrato arbóreo lo constituye el *Quercus suber* casi exclusivamente y solo en algunos puntos aparece el *Quercus rotundifolia*. El estrato arbustivo, se encuentra muy degradado, apareciendo en él especies propias de las distintas etapas de sustitución (López Guadalupe *et al.*, 1991).

Los alcornocales granadinos se desarrollan sobre suelos fuertemente ondulados y montañosos, suelos que se corresponden con dos unidades cartográficas: Una en la cabecera del río Gual-

chos, que abarcan los bosques de la Sierra de Lujar (en la actualidad, parte de él ha sido devastado por un incendio), Sierra del Jaral y Haza del Lino y que están compuestas por *Luvisoles crómicos* y *Leptosoles eutrícos* (WRB-FAO, 2014)*, la otra representa el soporte edáfico de los restantes alcornocales y está constituida por *Cambisoles eútricos* y *Leptosoles eútricos*.

Los suelos donde se ha muestreado el perfil 2, tienen una textura franco arenosa/franco arcillosa, con una estructura migajosa en superficie que caracteriza al horizonte Ah y una elevada acumulación de carbono orgánico (4%), lo que junto con el color y la profundidad, caracterizan un epipedón móllico. Los suelos están decarbonatados, con un pH de neutro a débilmente ácido; el complejo de cambio está saturado, pero conforme aumentamos la profundidad se va desaturando (V= 66%), estando la CEC, en valores relativamente bajos que oscilan desde 15,5, hasta 10,4 $\text{Cmol}_{(+)} \text{kg}^{-1}$.



Foto 8 alcornocal en Haza del Lino

PERFIL 3

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Fecha de observación: 27 de junio de 2015

Localización: Haza del Lino.

Coordenadas: 30 SV 732753.

Altitud: 1250 m.

Posición fisiográfica: Pendiente convexa.

Topografía circundante: Fuertemente ondulado.

Pendiente: Inclinado.

Vegetación o uso: Alcornocal

Material original: Esquistos.

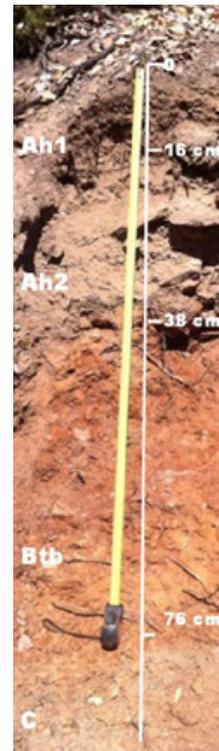
Drenaje: Bien drenado.

Pedregosidad: Pedregoso.

Afloramientos rocosos: Moderadamente rocoso.

Erosión: Hídrica laminar y en surcos.

Clasificación: Luvisol crómico (WRB FAO 2014) · Argixeroll lítico thapto Rhodoxeralfico (USDA-NCRS 2014.)



Itinerario 1
9/9/2015

CUADERNO DE CAMPO
XXX REUNIÓN DE SUELOS DE LA SECS · GRANADA · SEPTIEMBRE DE 2015

DESCRIPCIÓN

Horz.	Prof. cm.	Descripción
Ah ₁	0-16	Color en seco, pardo muy claro (10YR 7/4) y mas amarillento en húmedo (10YR 5/4);textura franca.; estructura migajosa fina, débil. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme y duro. Poros frecuentes, finos y muy finos, caóticos, imped, abundantes intersticiales exped; no calcáreo; frecuentes piedras y gravas, bien conservadas, angulosas y de naturaleza silícea. Abundantes raíces finas y muy finas, pocas medianas, existen lombrices; límite inferior neto y plano con el horizonte subyacente.
Ah ₂	16-38	Color en seco, pardo muy claro (10YR 7/4) y mas amarillento en húmedo (10YR 5/4); textura franca; estructura migajosa fina, débil. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme y duro. Poros frecuentes, finos y muy finos, caóticos, imped, abundantes intersticiales exped; no calcáreo; frecuentes piedras y gravas, bien conservadas, angulosas y de naturaleza silícea. Abundantes raíces finas y muy finas, pocas medianas, existen lombrices; límite inferior neto y plano con el horizonte subyacente.
Btb	38-76	Rojizo claro en seco (2,5YR 5/6) y (2,5YR 4/6) en húmedo. Estructura en bloques subangulares gruesos; adherente plástico firme y duro. Textura arcillosa. Recubrimientos de arcilla zonales, delgados arcillosos; poros frecuentes, medianos y finos intersticiales exped; decrecen las gravas con respecto al horizonte Ah, están más alteradas; raíces finas y muy finas comunes, no calcáreo. Límite inferior neto y ondulado.
C	>76	Saprolita de esquistos con segregaciones rojizas de hierro, en el penetran raíces. No calcáreo.

ANÁLISIS DE SUELO

Hor.	Prof. cm	Análisis textural en %						mg/100g		
		Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Grava	%CaCO ₃	pH (H ₂ O)	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ah ₁	0-16	24,3	15,8	43,3	16,6	49,0	0,03	6,5	12,87	20,0
Ah ₂	16-38	31,3	18,9	37,61	12,2	43,3	0,19	7,1	11,96	20,1
Btb	38-75	19,7	8,5	31,4	40,4	17,0	0,04	6,2	12,45	12,0
C	>75	35,4	13,1	32,38	19,1	50,1	0,04	5,8	8,40	12,1

Hor.	Prof. cm	Bases y capacidad de intercambio catiónico Cmol ₍₊₎ kg ⁻¹							
		% CO	% N	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CEC	V
Ah ₁	0-16	4,9	0,35	0,01	0,28	4,62	3,59	10,40	86,7
Ah ₂	16-38	3,64	0,28	0,05	0,30	3,01	4,67	10,79	74,4
Btb	38-75	0,80	0,08	0,04	0,11	3,98	2,30	10,12	63,5
C	>75	0,68	0,50	0,02	0,12	4,92	4,92	9,41	100

Aguilar *et al.* (2011) realizaron un estudio para evaluar el efecto de las repoblaciones forestales en la calidad del suelo en la cuenca del Guadalefe. Compararon las características de suelos bajo las repoblaciones forestales, en ocasiones con más de 30 años de edad, y en zonas cercanas con bosque más antiguo, o vegetación arbustiva. Para evaluar los cambios en el suelo se tomaron tres muestras de 0-5, 5-10 y 10-30 cm de profundidad. Para poder comparar los perfiles seleccionados, se recogieron las muestras lo más próximas posible entre sí. Así, el perfil 41 C, cuyas características se reproducen más abajo, bajo alcornocal, está situado en el límite del bosque, a 500 m de altitud. Destacar que en esta posición no se observó el horizonte B, probablemente no desarrollado en esta posición más extrema y desprotegida.

Aún así, si comparamos los valores de carbono orgánico de este perfil, con los analizados en el perfil 41 S, el bolinar que utilizamos para com-

parar el efecto del bosque, observamos que el valor se duplica en el alcornocal y, como era de esperar, también la concentración de nitrógeno. Otras propiedades del suelo con incrementos en el alcornocal respecto al bolinar fueron: la capacidad de intercambio catiónico, el contenido en potasio (sobre todo en los primeros centímetros) y el porcentaje de humedad a 33 y 1500 kpa.

Muy cercano a los perfiles anteriores, se encuentra el perfil 42 C. Se trata de una mezcla de alcornocal con *Pinus halepensis* subespontáneos y un denso matorral arbustivo dominado por *Erica arborea*. Tal como se indica en la descripción de este perfil, el origen de esta formación pudo ser un incendio pero actualmente, al no estar desbrozado el sotobosque como en el resto del bosque de alcornocal, probablemente porque no se esté aprovechando el corcho en esta posición fisiográfica, nos encontramos con un matorral denso y relativamente bien conservado.

A partir de los 25 centímetros de profundidad aparece un horizonte amarillo rojizo que se ha denominado Bw, al no encontrar evidencias de la presencia de cútanos de iluviación.

De los resultados analíticos destacar el alto contenido en carbono orgánico, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico y potasio.

Nº DE PERFIL: 41C

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localidad: Carretera a la Haza del Lino (Lújar)

Coordenadas: 463638-4070797

Altitud: 480m

Origen: Alcornocal (*Myrto communis-Quercetum suberis*)

a) Cobertura: 80%

b) Especies: La mayor cobertura la proporcionan los alcornoques, con sotobosque de *Phlomis purpurea*, *Ulex parviflorus*, *Cistus albidus*, *Erica arborea*, *Osyris quadripartita*, *Lavandula stoechas* subsp. *caesia*,...

Material Original: esquistos y cuarcitas

Posición fisiográfica:

Orientación: N

Pendiente: 63%

Manejo: densidad de arbolado baja, se toma la muestra bajo un solo alcornoque, no dentro de un bosque en sí

Pedregosidad superficial:

Drenaje: Clase 4 Bueno

Clasificación: **Leptosol eútrico** (WRBSR, 2006)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof.	Descripción
Ah	0-5	Color pardo oscuro 7.5YR 3/3 en húmedo y pardo 7.5YR 4/3 en seco. Estructura granular fina a media con abundantes raíces medianas y finas. Pocos fragmentos de tamaño grava, meteorizados los de naturaleza esquistosa y angulosos los cuarcíticos. Textura franco arenosa
Ah	5-10	Capa similar a la anterior con un color algo más claro y más raíces medianas. Poca grava y alguna piedra. Límite gradual. Textura franco arenosa
Ah+C	10-30	De 10 a 12 cm, características similares a las de la capa anterior. A partir de los 12 cm, horizonte C, sin estructura con abundantísima grava constituida por esquistos y cuarcitas fragmentadas y con distinto grado de meteorización. Textura franco arenosa

ANÁLISIS DE SUELO

TEXTURA - pH - CaCO ₃ equivalente						HUMEDAD			
Prof. (cm)	GRAVA(%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CaCO ₃ (%)	pH	33kPa	1500kPa	A.U.(%)
0-5	65,3	61,5	28,4	10,1	0,00	6,5	18,3	12,0	6,3
5-10	62,2	65,3	26,0	8,7	0,35	5,7	15,0	8,2	6,8
>10	55,9	58,6	32,3	9,1	0,35	7,1	13,5	5,0	8,5

Prof. (cm)	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO(cmol(+).kg ⁻¹)					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	C.I.C.				
0-5	7,95	4,50	0,05	1,41	18,26	76,1	3,7	0,26	14
5-10	5,75	4,50	0,10	0,09	12,28	85,0	2,6	0,18	14
>10	5,30	1,92	0,12	0,06	8,59	86,1	1,3	0,13	10

Nº DE PERFIL: 41 S

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localidad: Carretera a la haza del Lino (Lújar)

Coordenadas: 463581-4070786

Altitud: 500m

Origen: Bolinar (*Lavandulo caesia*-*Genistetum equisetiformis*)

a) Cobertura: 95%

b) Especies: Dominan *Cistus albidus* y *Ulex parviflorus*, acompañan *Lavandula stoechas* subsp. *caesia*, *Bupleurum gibraltarium*, *Hypparrhenia hirta*, *Ptilostemon hispanicus*, *Thymus hyemalis*, *Genista umbellata*, *Dittrichia viscosa*, *Cistus monspeliensis*,...

Material Original: esquistos y cuarcitas

Posición fisiográfica: ladera

Orientación: N

Pendiente: 63%

Manejo: Matorral denso y diverso, bien conservado, uso apícola

Pedregosidad superficial:

Drenaje: Clase 4 Bueno

Clasificación: Regosol eútrico (WRBSR, 2006)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof.	Descripción
Ah	0-5	Color pardo oscuro 7.5YR 3/3 en húmedo y pardo 7.5YR 4/3 en seco. Estructura granular fina. Pocas raíces finas y muy finas. Frecuente grava. Textura franco arenosa
Ah	5-10	Capa similar a la anterior aunque con algo menos de grava. Límite gradual. Mismo color anterior. Textura franco arenosa
Ah+C	10-30	De 10 a 22 cm capa en todo similar a la anterior. A partir de los 22 cm, horizonte C. Sin estructura, con muchas menos raíces y aumento de la cantidad de grava. Color pardo fuerte 7.5YR 4/6 en húmedo y pardo fuerte 7.5YR 5/6 en seco. Textura franco arenosa

ANÁLISIS DE SUELO

Prof. (cm)	TEXTURA - pH - CaCO ₃ equivalente					HUMEDAD			
	GRAVA(%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CaCO ₃ (%)	pH	33kPa	1500kPa	A.U.(%)
0-5	47,4	65,1	25,4	9,5	0,21	7,2	13,1	7,1	6,0
5-10	48,0	58,4	30,3	11,3	0,08	6,8	12,7	7,3	5,4
>10	47,6	58,7	29,9	11,4	0,05	6,6	13,2	7,4	5,8

Prof. (cm)	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO(cmol(+).kg ⁻¹)					C.I.C.	V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺						
0-5	4,90	3,50	0,09	0,10	11,15	77,0	1,6	0,15	11	
5-10	5,75	4,50	0,10	0,09	14,57	71,6	1,1	0,09	12	
>10	2,90	3,67	0,09	0,07	9,72	69,2	0,6	0,06	10	

Nº DE PERFIL: 42 C

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localidad: Carretera a la haza del Lino (Lújar)

Coordenadas: 462668-4070325

Altitud: 486m

Origen: Mezcla de alcornocal con *Pinus halepensis* subespontáneos (*Myrto communis-Quercetum suberis*)

Sotobosque:

a) **Cobertura:** 90%

b) **Especies:** Matorral arbustivo dominado por *Erica arborea*. Acompañan *Juniperus oxycedrus*, *Rhamnus alaternus*, *Rosmarinus officinalis*, *Phlomis purpurea*, *Lonicera sp.*, *Smilax aspera*, *Ulex parviflorus*, *Lavandula stoechas* subsp. *caesia*,...

Material Original: esquistos

Posición fisiográfica: ladera cóncava

Orientación: 220°N

Pendiente: 56%

Manejo: La mezcla del alcornocal con pinos carrascos puede deberse a la posible acción del fuego en épocas pretéritas. De cualquier forma el bosque resultante actual está muy conservado, con un sotobosque denso y diverso

Pedregosidad superficial:

Drenaje: Clase 4. Bueno

Clasificación: Cambisol eútrico (WRBSR, 2006)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof.	Descripción
0	4-0	Hojasca medianamente transformada
Ah	0-5	Color pardo oscuro 7.5YR 3/4 en húmedo y pardo 7.5YR 4/4 en seco. Estructura granular media con pocas raíces finas y muy finas y abundantes gravas. Textura franco arcillo arenosa
Ah	5-10	Capa similar a la anterior, con un color algo más claro y estructura más débil. Algo más de gravas. Textura franca
Ah+Bw	10-30	De 10 a 25 cm capa similar a la anterior con un límite neto y plano. A partir de los 25 cm hor. Bw amarillo rojizo con estructura en bloques subangulares con pocas raíces finas y abundantes gravas poco alteradas. Textura franca

ANÁLISIS DE SUELO

Prof. (cm)	TEXTURA - pH - CaCO ₃ equivalente					HUMEDAD			
	GRAVA(%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CaCO ₃ (%)	pH	33kPa	1500kPa	A.U.(%)
0-5	70,0	46,7	27,5	25,8	0,31	5,9	21,9	19,6	2,3
5-10	68,2	46,6	34,4	19,0	0,21	5,6	19,5	13,9	5,6
>10	49,4	47,3	37,7	15,0	0,21	6,0	19,0	9,8	9,2

Prof. (cm)	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO(cmol(+).kg ⁻¹)					C.I.C.	V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺						
0-5	15,35	3,50	0,13	0,60	30,22	64,8	6,9	0,34	20,3	
5-10	10,05	3,50	0,15	0,30	19,02	73,6	3,8	0,27	14,1	
>10	8,45	2,00	0,13	0,29	11,40	95,3	1,5	0,15	10	

A una altitud similar que el perfil elegido (1.130 m) para este estudio nos encontramos con el perfil 45 bajo pinar de repoblación (C) y bajo un bolinar (S). La posición en una ladera con un 32 % de inclinación es probablemente la causa de la secuencia de horizontes descrita en estos perfiles, Ah-C. No se observó ni a la profundidad estudiada, ni a mayor profundidad, horizonte Bw o Bt.

Destacan las altas concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno, potasio y capacidad de intercambio catiónico del suelo bajo bosque, respecto al situado bajo la vegetación arbustiva. Estas diferencias eran de esperar ya que el bolinar estaba bastante degradado por acción antrópica.

Nº DE PERFIL: 45 C

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localidad: Carretera a la haza del Lino

Coordenadas: 468673-4075487

Altitud: 1.142m

Origen: Pinar de repoblación de *Pinus pinaster*

Edad: 35 años

Densidad plantación (pies/ha): 700

Área de la sección normal media (g, en cm²/árbol): 597,78

Área **basimétrica (G, en m²/ha):** 41,845

Sotobosque:

a) **Cobertura:** 15%

b) **Especies:** *Genista spartioides*, *Ulex parviflorus*, *Festuca scariosa*, *Lavandula stoechas* subsp. *caesia*,...

Material Original: esquistos

Posición fisiográfica: ladera convexa

Orientación: 290° N

Pendiente: 32%

Manejo: Hoyos

Pedregosidad superficial: escasa

Drenaje: Clase 4 Bueno

Clasificación: Regosol eútrico (WRBSR, 2006)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof.	Descripción
Ah	0-5	Estructura migajosa con muy abundantes raíces finas y muy finas, abundantes poros, escasa grava. Límite gradual. Color pardo muy oscuro 10YR 2/2 en húmedo y pardo grisáceo oscuro 10YR 4/2 en seco. Textura franco arenosa
Ah	5-10	Estructura granular con muy abundantes raíces medianas, abundantes poros y frecuentes gravas angulosas de esquistos y cuarcitas. Límite neto. Color pardo grisáceo oscuro 10YR 4/2 en húmedo y Gris parduzco claro 10YR 6/2 en seco. Textura franco arenosa
C	10-30	Sin estructura (suelta) con muy abundantes raíces finas y medianas y alguna gruesa. Muchas gravas muy saprolitizadas. Mismo color anterior. Textura franco arenosa

ANÁLISIS DE SUELO

TEXTURA – pH - CaCO ₃ equivalente						HUMEDAD			
Prof. (cm)	GRAVA(%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CaCO ₃ (%)	pH	33kPa	1500kPa	A.U.(%)
0-5	59,6	60,4	28,3	11,3	0,51	6,8	39,4	32,9	6,5
5-10	67,4	63,1	29,4	7,5	0,35	6,6	19,2	6,6	12,6
>10	60,0	60,0	32,3	7,7	0,51	6,9	19,2	7,3	11,9

Prof. (cm)	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO(cmol(+).kg ⁻¹)					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	C.I.C.				
0-5	6,7	6,8	0,1	0,3	27,7	50,2	7,7	0,34	17
5-10	6,6	2,1	0,0	0,1	9,9	88,8	1,5	0,13	11
>10	5,8	2,1	0,0	0,1	8,6	90,7	1,2	0,12	10

Nº DE PERFIL: 45S

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localidad: Carretera a la haza del Lino

Coordenadas: 468669-4075451

Altitud: 1.130m

Origen: Bolinar (*Lavandula caesia*-*Genistetum equisetiformis*)

a) Cobertura: 40%

b) Especies: Dominio de *Genista umbellata*, acompañan *Thymelaea hirsuta*, *Lavandula stoechas* subsp. *caesia*, *Dactylis glomerata*, *Ptilostemon hispanicus*, *Artemisia campestris* subsp. *glutinosa*, *Santolina chamaecyparissus*, *Thymus hymalis*,...

Material Original: esquistos

Posición fisiográfica: ladera

Orientación: 220° N

Pendiente: 32%

Manejo: la muestra se toma sobre pastizal anual entre los claros de este bolinar. Se trata, al contrario que la muestra testigo 33S, de un matorral bastante degradado por acción antrópica

Pedregosidad superficial:

Drenaje: Clase 4 Bueno

Clasificación: Regosol eútrico (WRBSR, 2006)

DESCRIPCIÓN

Itinerario 1
9/9/2015

Hor.	Prof.	Descripción
Ah	0-5	Estructura migajosa muy fina con muy abundantes raíces muy finas. Abundante gravilla de esquistos y cuarcitas. Poros muy abundantes. Límite gradual. Color pardo grisáceo oscuro 10YR 4/2 en húmedo y pardo 10YR 5/3 en seco. Textura franco arenosa
Ah	5-10	Estructura granular muy friable con muy abundantes raíces muy finas y finas. Abundante grava. Mismo color anterior. Textura franco arenosa
Ah+C	10-30	De 10 a 18 hor AC, con características similares a la capa anterior. A partir de los 18 cm, horizonte C sin estructura (suelta), con abundantes raíces medianas y abundantísima grava, se trata de la saprolita. Color pardo grisáceo 10YR 5/2 en húmedo y pardo claro 10YR 6/3 en seco. Textura franco arenosa

ANÁLISIS DE SUELO

Prof. (cm)	TEXTURA - pH - CaCO ₃ equivalente					HUMEDAD			
	GRAVA(%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CaCO ₃ (%)	pH	33kPa	1500kPa	A.U.(%)
0-5	48,9	65,4	27,2	7,4	0,27	7,1	15,4	9,7	5,7
5-10	50,9	63,1	29,1	7,8	0,34	7,5	14,9	5,5	9,4
>10	60,3	65,3	27,9	6,8	0,17	7,3	13,9	4,9	9,0

Prof. (cm)	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO(cmol(+).kg ⁻¹)					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	C.I.C.				
0-5	4,8	1,3	0,0	0,2	11,1	52,5	2,0	0,25	8
5-10	2,3	0,8	0,0	0,1	5,2	61,5	0,9	0,11	8
>10	1,8	0,8	0,0	0,1	4,2	64,3	0,6	0,08	7

A una altitud similar a la de los perfiles anteriores (1.125 m) se muestrearon los perfiles 47 C (bajo un pinar de repoblación con *Pinus pinea* y *Pinus halepensis* de 19 años y 3.000 pies por hectarea), y 47 S, bajo un bolinar.

A pesar de la diferente vegetación y cobertura del sotobosque (5% en el 47 C y 75 % en el 47 S) el contenido en carbono orgánico es mayor en la primera profundidad de la repoblación, probablemente debido a la gruesa capa de pinaza alterada, situada por encima del horizonte Ah y a que el contenido en arcilla en el horizonte Ah es el doble bajo el pinar.

Nº DE PERFIL: 47C

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localidad: Carretera a la haza del Lino

Coordenadas: 470344-4074698

Altitud: 1.125m

Origen: Pinar de repoblación de *Pinus pinaster* con algún *Pinus pinea* y algún *Pinus halepensis*

Edad: 19 años

Densidad plantación (pies/ha): 3000

Área de la sección normal media (g, en cm²/árbol): 93,41

Área **basimétrica (G, en m²/ha):** 28,023

Sotobosque:

a) Cobertura: 5%

b) Especies: *Ulex parviflorus*, *Festuca scariosa*, *Lavandula stoechas* subsp. *caesia*,...

Material Original: esquistos y cuarcitas

Posición fisiográfica:

Orientación: 220° N

Pendiente: 15%

Manejo: Repoblación con subsolado u hoyos, no se distingue bien

Pedregosidad superficial:

Drenaje: Clase 4 Bueno

Clasificación: **Regosol Eutrico** (WRBSR, 2006)

DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof.	Descripción
0	5-0	Hojarasca alterada
Ah	0-5	Estructura en bloques subangulares débil con comunes raíces finas. Abundante grava heterométrica de esquistos y cuarcitas. Color negro 10YR 2.5/1 en húmedo y pardo grisáceo muy oscuro 10YR 3/2 en seco. Textura franca
Ah	5-10	Estructura en bloques subangulares débil con comunes raíces finas y frecuentes raíces medianas. Abundante grava heterométrica. Color pardo oscuro 10YR 3/3 en húmedo y pardo 10YR 5/3 en seco. Textura franco arenosa
C	10-30	Sin estructura (suelta). Pocas raíces finas y abundantes raíces medianas. Aumenta mucho la grava tanto en cantidad como en tamaño. Mismo color anterior. Textura franca

TEXTURA - pH - CaCO ₃ equivalente						HUMEDAD			
Prof. (cm)	GRAVA(%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CaCO ₃ (%)	pH	33kPa	1500kPa	A.U.(%)
0-5	43,5	47,4	32,5	20,1	0,14	6,1	46,2	34,4	11,8
5-10	46,9	52,2	38,0	9,8	0,18	6,4	20,1	9,3	10,8
>10	43,8	44,1	43,9	12,0	0,18	6,9	16,7	6,0	10,7

Prof. (cm)	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO(cmol(+).kg ⁻¹)					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	C.I.C.				
0-5	8,1	1,3	0,0	0,3	18,3	53,0	3,6	0,27	13,3
5-10	4,5	1,5	0,0	0,1	11,4	53,5	1,6	0,16	10
>10	2,4	1,0	0,0	0,1	6,4	54,6	0,8	0,08	10

Nº DE PERFIL: 47S

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS

Localidad: Carretera a la haza del Lino

Coordenadas: 470344-4074698. Perfil ubicado 50m. más abajo del perfil anterior (47C)

Altitud: 1.120m

Origen: Bolinar (*Lavandula caesia*-*Genistetum equisetiformis*)

a) Cobertura: 75%

b) Especies: *Phlomis purpurea*, *Ulex parviflorus*, *Lavandula stoechas* subsp. *caesia*, *Festuca scariosa*, *Thymelaea hirsuta*, *Dittrichia viscosa*,...

Material Original:

Posición fisiográfica:

Orientación: 220° N

Pendiente: 20%

Manejo:

Pedregosidad superficial:

Drenaje: Clase 4 Bueno

Clasificación: Regosol eútrico (WRBSR, 2006)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof.	Descripción
Ah	0-5	Estructura migajosa débil con abundantes raíces finas y muy finas y gran actividad biológica principalmente de hormigas. Alguna Pedregosidad superficial. Color pardo 10YR 4/3 en húmedo y pardo 10YR 5/3 en seco. Textura franco arenosa
Ah	5-10	Capa de características similares a la anterior con menos piedras y algo de grava. Mismo color anterior. Textura franco arenosa
Ah+C	10-30	De 10 a 25 hor Ah, con estructura migajosa débil con frecuentes raíces finas y medianas y alguna gruesa. Poca grava. De 25 a 30, horizonte C, sin estructura (suelta) con menos raíces y más grava. El límite entre Ah y C es gradual. Mismo color anterior. Textura franca
C+R	>30	

ANÁLISIS DE SUELO

TEXTURA - pH - CaCO ₃ equivalente						HUMEDAD			
Prof. (cm)	GRAVA(%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CaCO ₃ (%)	pH	33kPa	1500kPa	A.U.(%)
0-5	45,1	58,4	31,3	10,3	0,18	7,0	17,0	6,2	10,8
5-10	48,4	54,2	34,8	11,0	0,22	7,0	15,2	5,6	9,6
>10	51,4	48,6	38,9	12,5	0,15	6,6	17,3	6,1	11,2

Prof. (cm)	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO(cmol(+).kg ⁻¹)					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	C.I.C.				
0-5	6,12	1,0	0,0	0,1	12,4	58,2	2,9	0,15	20
5-10	3,54	0,5	0,0	0,1	7,1	58,3	1,5	0,10	15
>10	3,22	0,4	0,0	0,1	6,3	59,0	0,8	0,08	10

PARADA 3: VIÑEDOS DE LA CONTRAVIESA

Itinerario 1
9/9/2015



Gerald Brenan (2003), en su libro al sur de Granada, hace una bella descripción el paisaje de la Contraviesa:

“Durante una hora o más trepamos sin interrupción por la sierra de la Contraviesa. Es ésta una antigua cadena de montañas, moldeadas por la erosión en suaves curvas de rocas esquistosas y brillante mica. En su ladera meridional hay plantaciones de viñas que producen el mejor vino blanco de la comarca, pero las pendientes norteñas, que ahora atravesábamos, están salpicadas de almendros e higueras. El camino serpenteaba por estribaciones aplanadas y ásperos barrancos, y no nos topamos con nadie. Las únicas criaturas vivientes que se cruzaban a nuestro paso eran los verdes lagartos que salían disparados apenas nos acercábamos, así como la pequeña cogujada, la totovía, que canta unas cuantas notas lastimeras desde una piedra y luego vuela en círculos como la alondra. Debe su nombre a la palabra «todavía», que se supone repite.”

CUADERNO DE CAMPO
XXX REUNIÓN DE SUELOS DE LA SECS · GRANADA · SEPTIEMBRE DE 2015

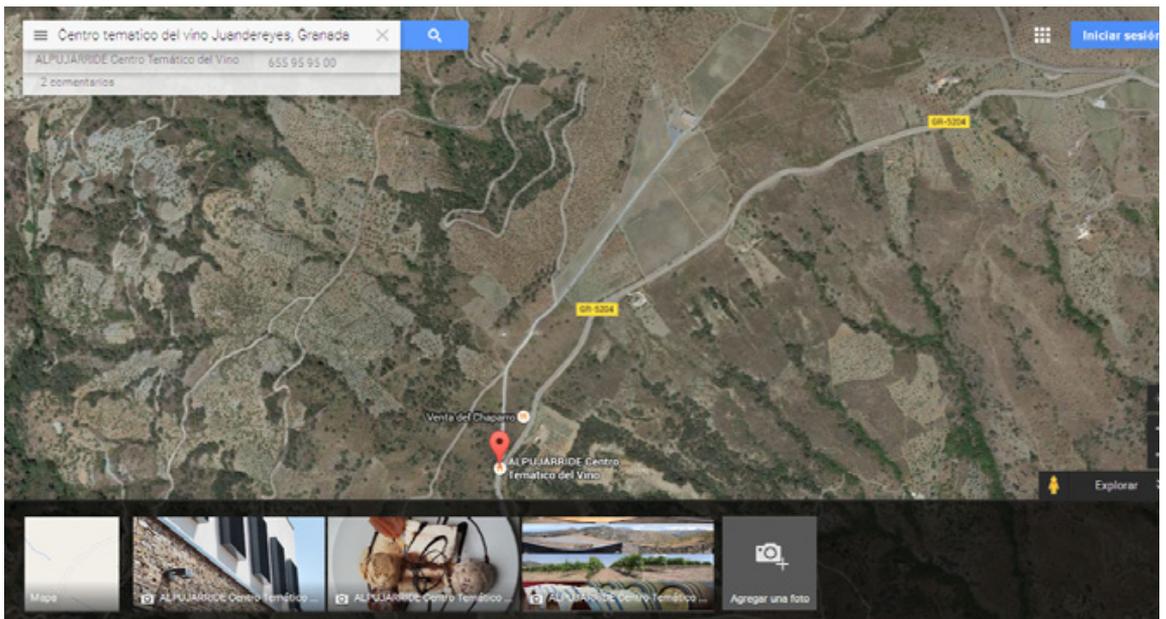


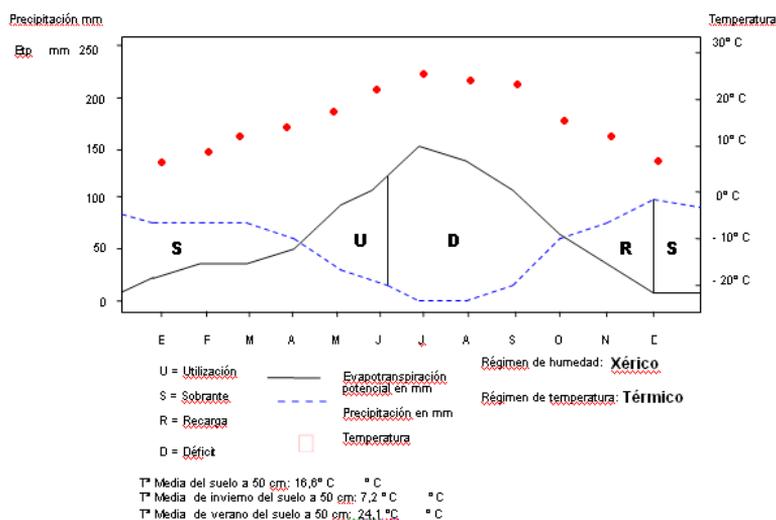
Foto 10: Suelos de viñedos

FICHA CLIMÁTICA de los suelos de la viña de la *Bodega ALPUJARRIDE*.
CENTRO TEMÁTICO DEL VINO "JUAN DE REYES". Torvizcón. Granada

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperatura	7,3	8,8	11,1	13,3	16,7	21,7	25,7	25,4	22,0	16,1	11,4	7,7	15,6 ¹
Precipitación	76,7	76,2	63,9	51,4	30,5	18,3	3,6	1,9	16,3	62,0	70,4	85,3	556,5 ²
ETP	14,2	17,8	33,7	48,3	77,5	119,7	160,2	147,1	102,5	58,1	29,0	15,0	823,1 ³
ETR	14,2	17,8	33,7	48,3	77,5	53,5	3,6	1,9	16,3	58,1	29,0	15,0	368,9 ⁴
V. reserva	0	0	0	0	-47,0	-35,2	0	0	0	3,9	41,4	42,9	___
Reserva	88,2	88,2	88,2	88,2	35,2	0	0	0	0	3,9	45,3	88,2	___
Exceso de agua	62,5	52,7	36,2	3,1	0	0	0	0	0	0	0	27,4	181,9 ⁵
Falta de agua	0	0	0	0	0	39,3	170,8	150,1	73,3	0	0	0	433,5 ⁶

- ¹ Temperatura del aire (° C)
- ² Precipitación anual mm (L/m²)
- ³ Evapotranspiración potencial anual mm (L/m²)
- ⁴ Evapotranspiración real anual mm (L/m²)
- ⁵ Exceso de agua anual mm (L/m²)
- ⁶ Falta de agua anual mm (L/m²)

Capacidad de retención, reserva. (AWC): 88,2 mm (L/m²)



Las primeras plantaciones de viñedos en la zona se remontan a la época romana. La tolerancia a la regla del Islam que se practicaba en determinadas épocas en al-Andalus, permitió también la existencia de viñedos en la Contraviesa. Durante los siglos XVII y XVIII, los colonos castellanos que llegan a la zona obtienen permiso Real y roturan grandes extensiones ocupadas por encinas para el desarrollo del viñedo.

En el siglo XIX se cultivaba una extensión de 15.000 ha de viñedo, solo los cultivos hortícolas en huertos familiares y la higuera, compartían espacio con las viñas.

La aparición de la epidemia de filoxera a final del siglo XIX destruyó los viñedos y tuvo graves efectos sociales: la tierra se vende a bajos precios y se inicia una emigración masiva. El viñedo intenta renacer mediante pies resistentes a la epidemia a principios del siglo XX, pero no alcanza las dimensiones anteriores. Se introduce como alternativa el almendro, pero a pesar de ello la crisis y la emigración siguen aumentando en los años cincuenta.

A partir de los años ochenta se inicia una recuperación del cultivo de la vid, introduciendo algunas cepas nuevas y recuperando algunas de las antiguas más afamadas, como la "vigiriega".

PERFIL N°.- 4

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLOGICAS

Localización: Parte central del viñedo del Centro Temático del vino "Juan de Reyes". Torvizcón (Granada).

Autores: Nestares, I. Ortega, E.

Coordenadas: 30SVG748774.

Altitud: 1315 m.

Posición fisiográfica: Pendiente convexa³.

Topografía circundante: Fuertemente ondulado.

Pendiente: Inclinado.(Clase 3^{1,2}).

Vegetación: Cultivo de vid, de la variedad *tempranillo*,

Material original: Micasquistos con cuarcitas (m. alpujarri-de)

Drenaje: Bien drenado. (Clase 4^{1,2}).

Humedad: Humedad de campo.

Pedregosidad: Pedregoso. (Clase 2¹), tamaño piedra y grava

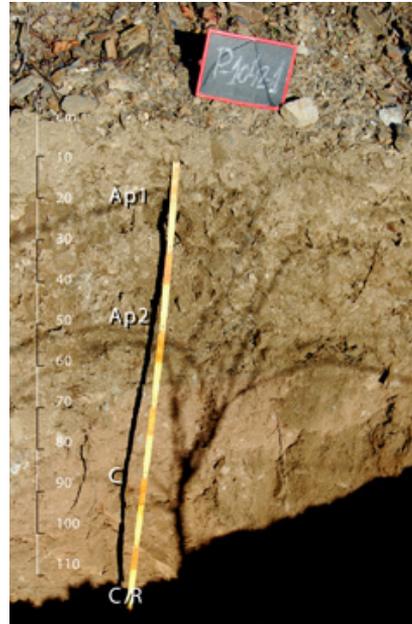
Afloramientos rocosos: Ninguno, muy pocos (clase 0^{1,2}).

Erosión: Hídrica laminar y en surcos³.

Salinidad: Sin sales³.

Influencia humana: Antropización por cultivo.

Clasificación: **Regosol eútrico. RGeu** (WRB, 2014⁴). **Xe-rothent típico**. (Keys to Soil Taxonomy 2014⁵).



¹FAO. 1977. *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. FAO.70 pp. Roma.

²FAO. 2006. *Guidelines for Soil Description*. FAO. 97 pp. Roma.

³NCRS-USDA. 2002. *Field book for describing and sampling soils*. Version. 2.0 USDA. Licoln. Nebraska. pp.236. USA.

⁴WRB FAO. 2014. *World referente base for soil resources*. 2014. IUSS Working Group WRB.World Soil Resources Reports. No 106. FAO. Rome.

⁵NCRS-USDA. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th Edition. USDA. Licoln. Nebraska. pp.372. USA.

DESCRIPCIÓN

Horz.	Prof. cm.	Descripción
Ap ₁	0-30	Color en seco 10YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10YR 3/1 (gris muy oscuro); textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares gruesos, moderada/débil; ligeramente adherente, plástico, ligeramente friable, blando; frecuentes poros, muy finos; pocos finos, diseminados, caóticos, inped; ligeramente calcáreo; muy pocas raíces, finas y medianas; frecuentes fragmentos rocosos tamaño grava; límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
Ap ₂	30-55	Color en seco 10YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10YR 3/1 (gris muy oscuro); textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares finos, débil. Profundidad del manto freático: desconocida; adherente, plástico, friable y blando; poros en cantidad y forma semejantes al horizonte anterior; ligeramente calcáreo; abundantes fragmentos rocosos; pocas raíces finas y medianas; límite neto y ondulado con el horizonte subyacente.
C	55-100	Color en seco 10 YR 3/3 (pardo claro) y en húmedo 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro); textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares muy finos, débil; adherente, plástico, friable y ligeramente duro; decrece el número de poros; abundantes/frecuentes fragmentos rocosos; ligeramente calcáreo; muy pocas raíces, finas y muy finas; límite brusco y plano con el horizonte subyacente.
C/R	>100	Roca constituida por micasquistos y cuarcitas del Complejo Alpujarride.

ANÁLISIS DE SUELO

Hor.	Prof. cm	ARENAS (%)				LIMO (%)			%	
		Muy gruesa (2-1mm)	Gruesa (1-0,5)	Mediana (0,5-0,25)	Fina (0,25-0,1)	Muy fina (0,1-0,05)	Grueso (0,05-0,02)	Fino (0,02-0,002)	Arcilla (>0,002)	Gravas >2mm
Ap ₁	0-30	21,6	13,2	5,2	10,2	9,8	6,1	6,9	27,0	67
Ap ₂	30-55	19,8	12,1	4,8	9,4	9,0	5,8	4,3	34,8	70
C	55-100	20,9	13,5	6,7	6,6	7,9	3,4	6,0	35,0	63
C/R	>100									

Hor.	Prof. cm	mg/100g					% de humedad		mm		
		% CO	% N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅	CaCO ₃	33 kPa	1500 Kpa	HO ₂	útil
Ap ₁	0-30	0,40	0,032	12,5	12	13	2,0	12,8	4,3	3,6	88,2
Ap ₂	30-55	0,33	0,014	23,6	12	9	1,4	13,7	3,9	34,8	
C	55-100	0,17	0,012	14,2	15	6	0,9	11,3	3,3	49,8	
C/R	>100										

Hor.	Prof. cm	pH		Bases y capacidad de intercambio catiónico Cmol (+) kg ⁻¹						dSm ⁻¹
		KCl	H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CEC	% V	C.E.
Ap ₁	0-30	7,1	7,8	11,8	1,4	0,02	0,4	12,2	100	0,23
Ap ₂	30-55	6,8	7,3	6,2	0,7	0,10	0,3	11,1	65	0,21
C	55-100	6,9	7,6	6,6	0,7	0,10	0,2	10,5	74	0,36
C/R	>100									



Imágenes del viñedo del Centro Temático del vino "Juan de Reyes".

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J., Dorronsoro, C., Sierra, C., Roca, A., Fernández-Ondoño, E., Fernández, J., Martínez, F.J., Martín Peinado, F., Sierra, M., Espejo, A., Rodrigo, M., Navarro, F. B., Jiménez, M. N., Nieto, O., Iriarte, A., 2011. Evaluación sistemática de los efectos sobre el suelo de las repoblaciones forestales aplicadas para la lucha contra la desertificación en las cuencas del Adra y Guadalfeo. Ministerio del Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino.
- Barragán., 2004. Alcazar en la Contraviesa, un retrato vivo de la Alpujarra baja. ed. Muñoz Moya editores.
- Brenan, G., 2003. Al sur de Granada. Barcelona: Tusquets Editores. Pág. 175.
- Camacho, M.T., 1992. Delimitación y caracterización de los paisajes erosivos de una montaña mediterránea. Sierra de la Contraviesa, provincias de Granada y Almería. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Camacho, M.T., 1996, Usos del suelo y riesgos de erosión en la Sierra de la Contraviesa a partir de imágenes de satélite. Revista de Teledetección 6:1-11
- Delgado, J., Alfaro, P., Galindo Zaldívar, J., López Garrido, A.C., Sanz de Galdeano, C., 2002. Structure of the Padul Nigüelas basin (S Spain) from H/V ratios of ambient noise: Application of the method to study peat and coarse sediments. Pure and Applied Geophysics 159 (11-12).Pp.2733-2749
- FAO 1981. Clave para la clasificación de los Suelos. Vol.1 Leyenda. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo.
- Ficha Informativa RAMSAR (FIR) 2006-2008. Compilador: Fernando Molina Vázquez. Dirección General de la RENPA y Servicios Ambientales, Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- López Guadalupe, M. Sierra, C. Marin, G. Ortega, E.Negrillo, A.M. y Aroza, P. 1991. Distribución y ecología del alcornoque de la provincia de Granada. Ars Pharmaceutica. Tomo XXXII, N° 1-2-3-4. p.77-89.
- Martínez-Parras J.M., Peinado J.M. 1983. Estudio botánico de los ecosistemas de la Depresión de Padul (Granada). Collect. Bot. 14: 317-326.
- Martínez-Parras J.M., Peinado M., Alcaraz F. 1987. Comunidades vegetales de Sierra Nevada (España). Servicio Publicaciones Universidad de Alcalá.
- Montero G., Cañellas I. 2003. El alcornoque, manual de reforestación y cultivo. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa.



- Pérez-Latorre A.V., Nieto J.M., Cabezudo B. (1994). Datos sobre la vegetación de Andalucía. III. Series de vegetación caracterizadas por *Quercus suber* L. Acta Bot. Malacitana 19: 169-183.
- Pérez-Raya F., López-Nieto J.M. 1991. Vegetación acuática y helofítica de la depresión del Padul (Granada). Acta Bot. Malacitana 16(2): 373-389.
- Prieto P., Espinosa, P. 1975. El alcornocal del Haza del Lino. Trab. Dep. Bot. Univ. Granada 3(1): 45:59.
- Roca, A. 1990. Estudio integral de la cuenca del río Gualchos. Degradación y uso del suelo. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Roldan F.J., Mateos R.M., Azañón J.M., 2015. Historia de los abanicos aluviales asociados a las fallas del borde de Sierra Nevada. En: Geomorfología Tectónica y Deformaciones cuaternarias en Sierra Nevada y la Cuenca de Guadix (Granada, SE España). C3 Cuadernos de Campo del Cuaternario, 2. pp 16-23.
- Romero-Freire A., Martínez Garzón F.J., Sierra Aragón M., Martín Peinado F.(.) Potencial remediador de compuestos orgánicos para la fijación de As en ambientes contaminados. En prensa.
- Sánchez-Castillo P., Morales C. 1981. Algunas especies hidrofíticas de la provincia de Granada. Anal. J. Bot. Madrid 37(2): 677-692.
- Sierra, C., Ortega, E., Roca, A., Saura, I., Asensio, C., 1992. Mapa de suelos Padul-1026. Escala 1:100.000. Revisatlas, S.A.
- Valle F., Madrona M.T., Salazar C. 1993. Algunas formaciones boscosas del sudeste de la península Ibérica: Los alcornocales del Haza del lino (La Contraviesa) y de la Sierra del Jaral (Lújar). Actas del Congreso Forestal Español - Lourizán 1993. Ponencias y comunicaciones. Tomo 1.: 453-458.
- Soil Taxomy 1975. Soil Survey Staff. Soil Conservation Service. U.S. Dept. Agric. Handbook nº 436.
- Soil Taxonomy 2014. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture (USDA) and Natural Resources Conservation Service (NRCS). 12ª edición.
- WRB 2006. World reference base for soil resources Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome
- WRB 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports 106. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome.

ITINERARIO 2

Contenidos

Descripción general de la zona: Factores formadores

Formación de la Depresión Guadix-Baza

Parada 1. Perfil policíclico.

Configuración actual de la depresión de Guadix

Parada 2: Perfil Glacis rojo (superficial).

Parada 3: Perfil suelo salino-sódico.

Paleohidromorfía.

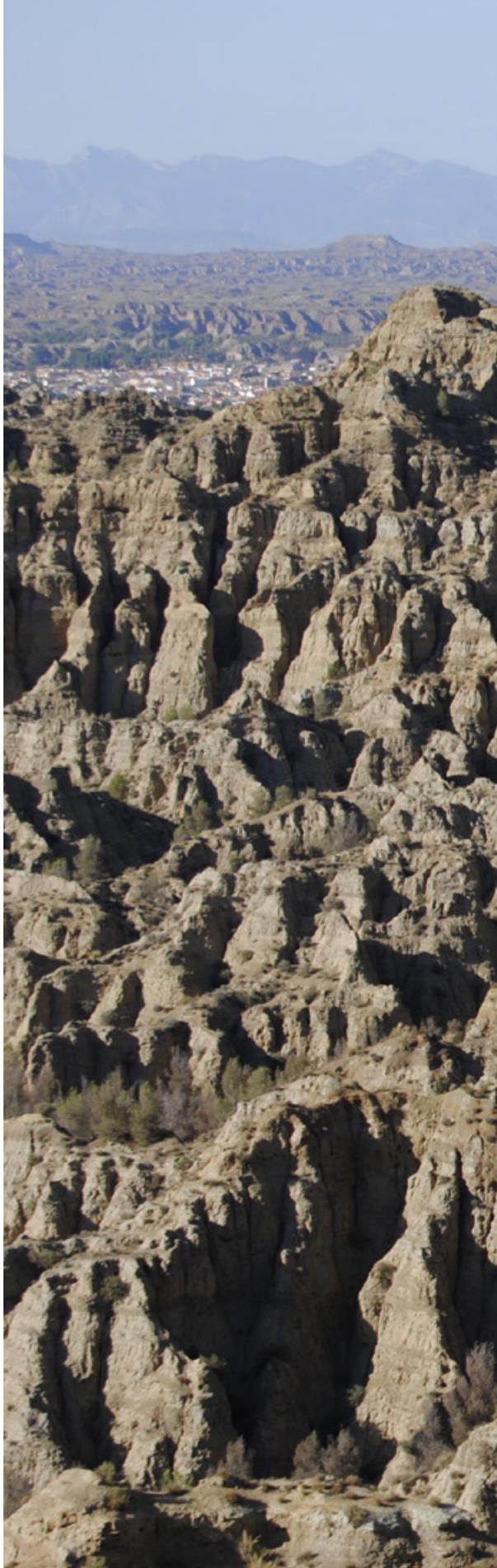
Zona minera de Alquife

La explotación minera: características y antecedentes.

Los lodos mineros.

La escombrera.

Bibliografía



10 SEPTIEMBRE · ITINERARIO 2

DEPRESIÓN DE GUADIX



Itinerario 2
10/9/2015

CUADERNO DE CAMPO
XXX REUNIÓN DE SUELOS DE LA SECS · GRANADA · SEPTIEMBRE DE 2015

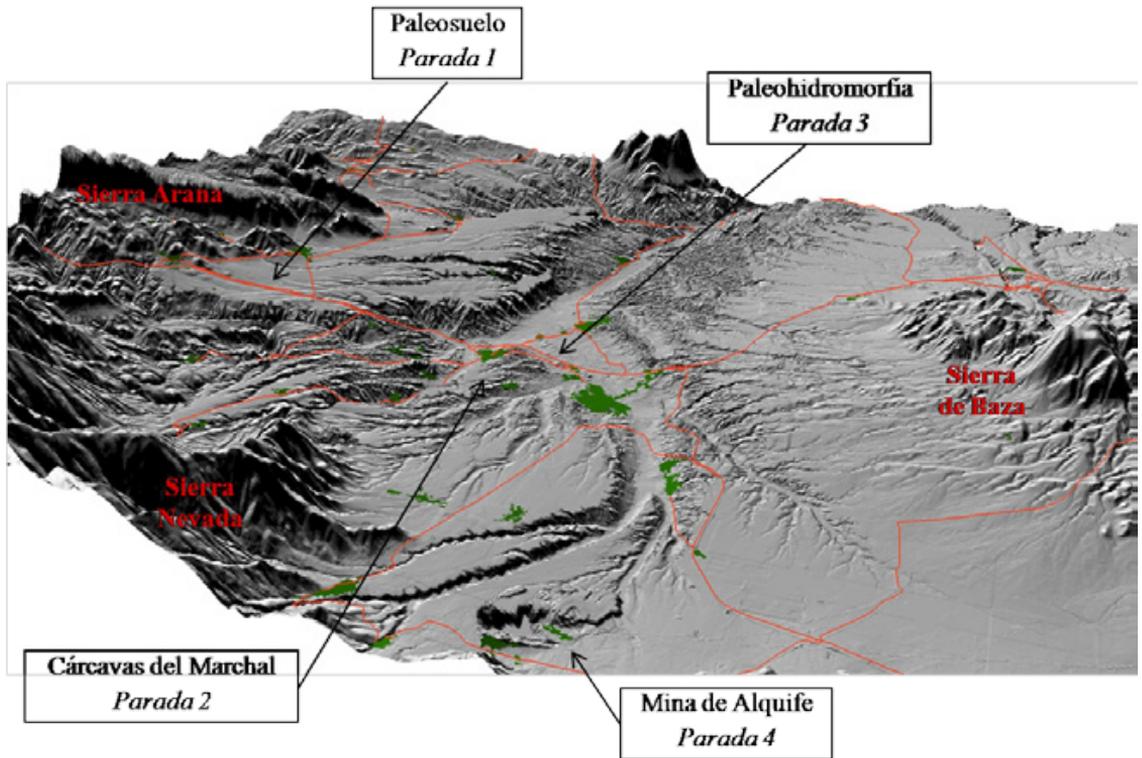


Figura 1. Organigrama de la excursión



Figura 2. Localización de la Depresión de Guadix

Descripción general de la zona:

Factores formadores



La Depresión de Guadix está situada en la mitad oriental de la provincia de Granada, es un territorio que forma parte de la Depresión de Guadix-Baza-Huésca (Figura 2), configurada como un gran corredor longitudinal que atraviesa de Este a Oeste las Cordilleras Béticas, poniendo en contacto el levante español con el estrecho de Gibraltar. Se sitúa en una altiplanicie próxima a los 1000 m.s.n.m., orlada por Sierra Arana al Norte, Sierra Nevada al Sur y Sierra de Baza al Este. Hacia el Oeste se comunica con la Depresión de Granada por el "Corredor de Bogarre", y hacia el Norte por el sector del Guadiana Menor con la Depresión del Guadalquivir.

Este conjunto sedimentario, pertenece al llamado Surco Intrabético. En él se pueden diferenciar cinco grandes unidades edafogeomorfológicas (Figura 3): Glacis cálcico, Glacis rojo, Glacis gris, Unidad de badland y Unidad aluvial (Martínez 1991).

El Glacis cálcico se ubica al pie de los relieves montañosos de la sierras de Baza y Arana y en él dominan los Calcisoles cámbicos, pétricos y háplicos. El Glacis rojo se extiende por la comarca del Marquesado del Zenete al pie de Sierra Nevada y toma su nombre por la presencia masiva de Luvisoles ródico-crómicos y cálcicos. Sobre esta unidad se deposita otra llamada Glacis gris con Regosoles y Cambisoles eútricos o calcáricos en función a la proximidad de los materiales Nevado Filábrides o Alpujárrides. Bajo estas unidades de glacis aparecen los badlands con gran variedad de Regosoles y en un nivel inferior la unidad aluvial con Fluvisoles y Antrosoles. Esta unidad desde el punto de vista geográfico constituye la conocida como Hoya de Guadix.

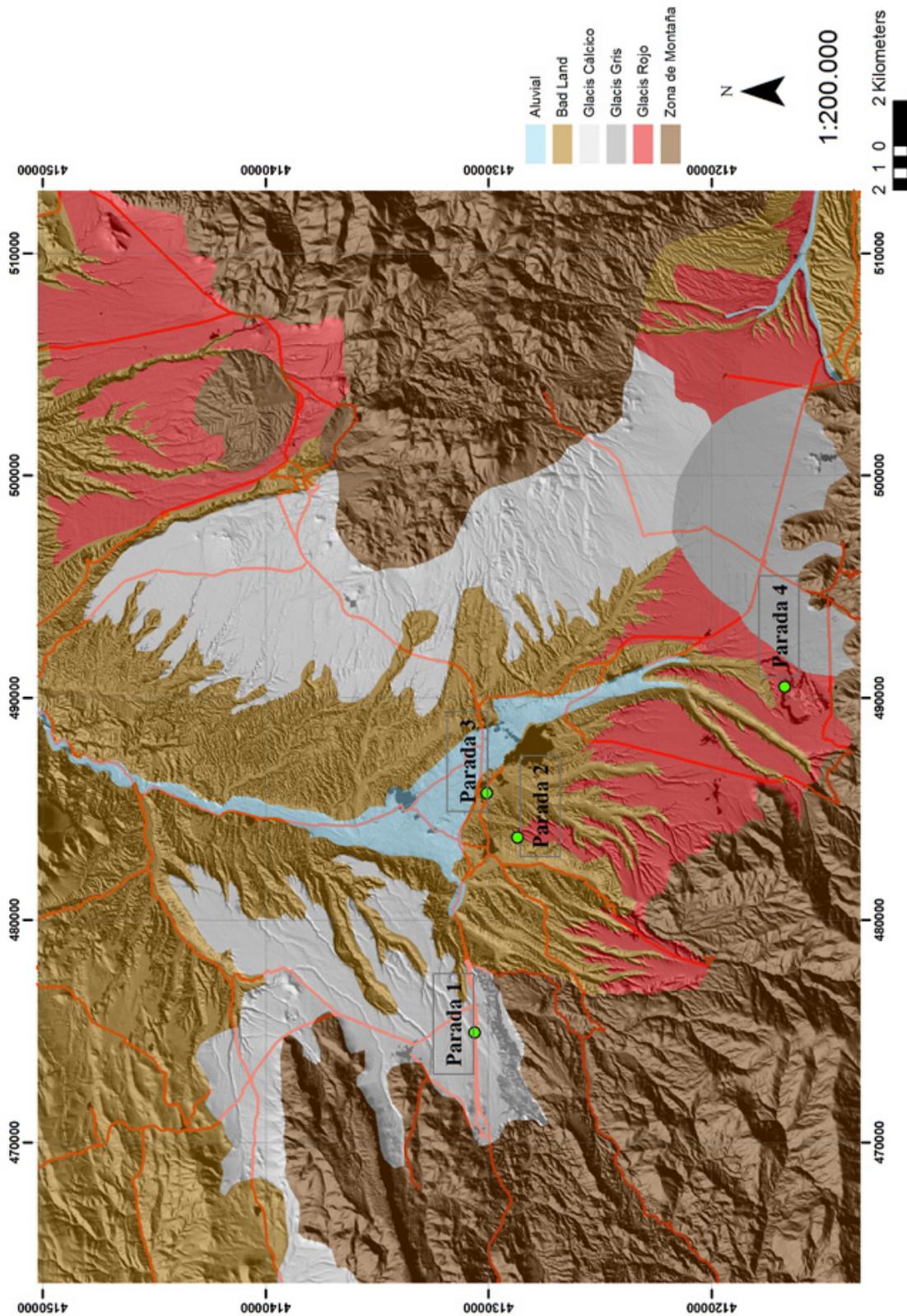


Figura 3. Unidades edafogeomorfológicas

Clima

La aridez reinante es quizás el rasgo climático más destacable en esta Depresión Intrabética. En general, salvo en alturas superiores a los 1000 m.s.n.m., no se superan los 350 mm de precipitación anual, concentrándose principalmente en invierno (35%) y en menor medida en primavera-otoño (30%). El verano es prácticamente seco, aunque no faltan tormentas (7%), producto de la termoconvección que se deriva de la continentalidad y la fuerte insolación; en todo caso, esta pluviometría no es suficiente para contrarrestar la fuerte evaporación estival.

La evapotranspiración potencial media anual (ETP) es más del doble de la precipitación media anual, presentando valores negativos entre 7 y 8 meses, ya que sólo en invierno, más por las bajas temperaturas que por la intensidad de las lluvias, presenta superávit. A ésta característica de la aridez, se une un clima térmico extraordinariamente continentalizado y contrastado porque las montañas lo aíslan de los flujos húmedos del Oeste, haciendo de pantalla, pero no actúan de la misma manera con los provenientes del Norte y Noreste. Se crean además las condiciones necesarias para considerar la zona como un "laboratorio natural frío", debido a procesos de inversión térmica originados y acrecentados por la escasa humedad relativa.

La temperatura media anual ronda entre los 10 y 15°C, destacando el contraste acentuado entre los meses invernales (media mensual próxima a los 5°C) y los meses estivales (media mensual entorno a los 25°C).

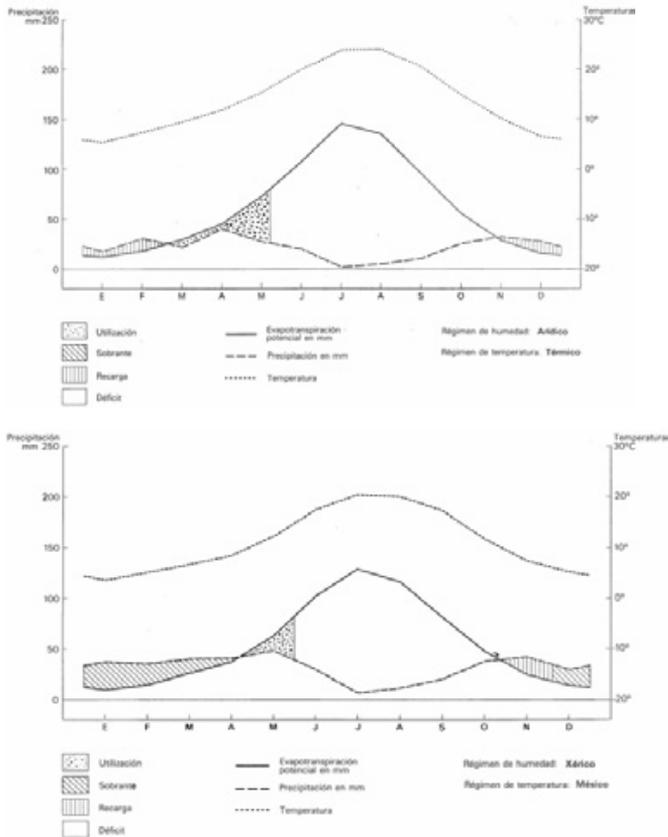


Figura 4. Ombróclimas de los suelos característicos de la Depresión de Guadix.

Estos datos termométricos enmascaran de alguna manera los perjuicios que ocasionan a la agricultura. Las temperaturas extremas son más expresivas, al mismo tiempo que frecuentes en épocas críticas para los cultivos. Un dato importante es el hecho de que en primavera se alcanzan, algunas veces, temperaturas bajo cero e incluso nieve, mientras que en otras estaciones se han registrado mínimas absolutas de -14°C .

Siguiendo el sistema Debracket, para el cual se requieren datos de temperaturas máximas y mínimas, el clima de la zona se puede clasificar como de tipo Semicontinental Moderado. Bosque Mauriel (1971) condiciona el clima del Marquesado a la altura y orientación Norte frente al macizo de Sierra Nevada, que dificulta el flujo de vientos húmedos del mediterráneo motivando, dice, «un clima riguroso, continental de montaña, con indudables matices mediterráneos: inviernos normalmente fríos con nieves y heladas abundantes,

y veranos que se caracterizan tanto por el calor intenso como por las fuertes oscilaciones térmicas diurnas.»

Los Regímenes de humedad y de temperatura varían considerablemente en una distancia lineal de aproximadamente 10 km, pasando de Xérico/Mésico en el corazón del Marquesado del Zenete a Arídico/Térmico en el centro de la cubeta (Figura 4).

Geomorfología

En la Hoya de Guadix confluyen materiales Plioceno-Cuaternarios detríticos de origen aluvial y lacustre, con diferencias texturales en función de la posición en la cuenca y de los distintos episodios que la configuraron. Están constituidos fundamentalmente por conglomerados en los bordes de la cuenca y materiales más finos en el centro de la misma, cuya naturaleza y heterometría depende del área fuente y su proximidad



Figura 5. Badland.



Figura 6. Fondo de valle y terrazas.



(Figura 5). La aridez climática y las actividades humanas enfocadas hacia la deforestación para cultivos intensivos, incentivan la erosión y con ella el relleno del fondo de los valles, creando nuevas terrazas (Figura 6).

Sobre los materiales de la Formación Guadix se acumulan otros que constituyen lo que Vera (1970) denomina Cuaternario Antiguo (Figura 7), que suponen el glacis de colmatación del relleno de la depresión sobre el que se desarrollan suelos rojos, que quedaron desconectados de los procesos erosivos actuales tras la individualización de la red fluvial actual.

La naturaleza de los cantos de este glacis es idéntica a la de los relieves circundantes, ricos en cuarzo, cuarcitas y micaesquistos, asociados a una matriz arcillosa de color rojo fuerte, rica en ilita, con cantidades moderadas de caolinita y paragonita, que indican la proximidad del área fuente (Sierra Nevada).



Figura 7. Badland cubierto con suelos del cuaternario antiguo

En épocas más recientes del Cuaternario, los glaciares rojos se cubren localmente y de forma discordante por un glacis de color gris que constituye el piedemonte de la ladera Norte de Sierra Nevada (Figura 8).

El levantamiento progresivo de la Depresión ha acelerado los desequilibrios geomorfológicos y ha adaptado la red hidrográfica existente provocando el progresivo desmantelamiento de los

materiales que han ido configurando el paisaje. La superficie uniforme de los glaciares queda festoneada y rota, en el sentido de su pendiente, por cauces que se implantan sobre ella. El resultado final es una superficie discontinua diferente a la anterior, donde hay amplias zonas recubiertas con restos de glaciares y en otras aparecen los materiales de la Formación de Guadix, allí donde la erosión hídrica fue más intensa (Figura 9).

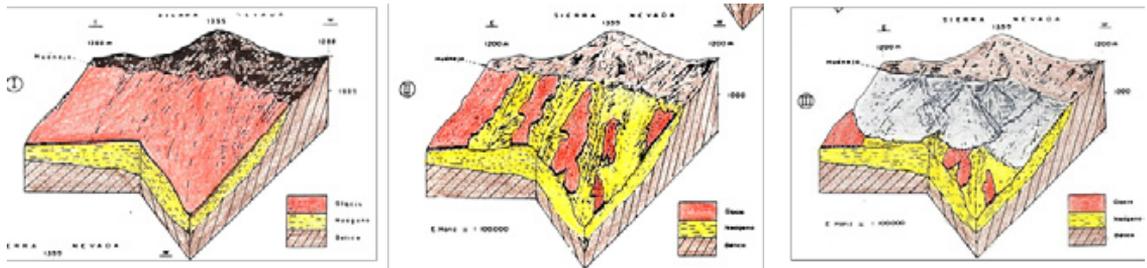


Figura 8. Relación geomorfológica entre el glacis rojo y el glacis gris.



Figura 9. Glacis de la Depresión de Guadix. Marquesado del Zenete

Los glaciares que bordean el macizo montañoso de la Sierra de Baza y Sierra Arana, pertenecen al Cuaternario antiguo y recubre gran parte de la formación pliocena de Guadix. Está formado por cantos de diámetro variable y un cemento de naturaleza calcárea, formando auténticas costras con distribución homogénea por toda la comarca. Es casi superficial en la raíz del glacis y algo más profundo, hacia el centro de la cuenca. El glacis presenta una inclinación del orden de los 12° en la raíz, descendiendo a sólo 2-4° en la zona central.

El relieve está vinculado estrechamente con la geología. En los glaciares cálcicos la presencia de costras calcáreas condiciona una topografía suave, festoneada por numerosos arroyos, muy su-

perficiales en el centro de la depresión (Figura 10). Donde las costras se rompen, el relieve se hace ligeramente ondulado, aflorando los materiales aluviales subyacentes a la costra o margas pliocenas. En cuanto a la altitud, queda delimitado por la cota 1200 m de la zona próxima a la montaña y los 1100 m, donde rompe la pendiente hacia la Hoya de Guadix (950 m).

El contacto entre montaña y planicie queda definido por una estrecha franja formada por derrumbios, hoy escalonados por el hombre, quedando así protegida de la erosión y donde se encuentran las tierras más fértiles. Está disectada por arroyos de corto y empinado recorrido que nacen en Sierra Nevada, donde se ubican los principales núcleos de población.

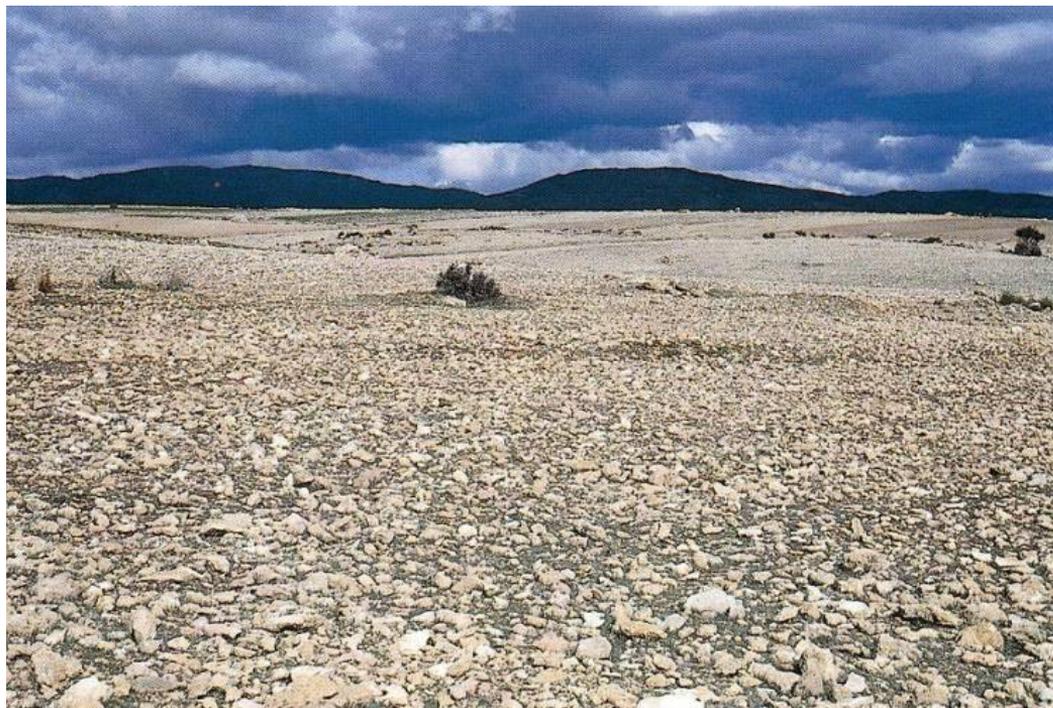


Figura 10. Glacis cálcico al pie de la Sierra de Baza.

Vegetación

Los Altiplanos y Hoyas de Guadix-Baza

Por su localización geográfica, rodeados de sierras y en contacto con otras depresiones (ej. Valle del Guadalquivir), los altiplanos y hoyas de Guadix y Baza, son una encrucijada biogeográfica que recibe múltiples influencias, lo que confiere al territorio cierta originalidad, tanto en los elementos florísticos, como en las comunidades vegetales presentes.

La vegetación potencial de la zona, corresponde en su mayoría al dominio del encinar, con algo más del 50 % de la superficie, o del Pinar-coscojar semiárido, con un área potencial de un 45 % aprox. Las zonas correspondientes al dominio del encinar se suelen ubicar en una amplia banda periférica que coincide con las zonas de altiplano, mientras que el dominio del pinar suele aparecer en zonas de bandlands y zonas interiores de la depresión. Sin embargo, debido a una intensa

acción humana, ejercida desde antiguo, los fragmentos de esta vegetación que potencialmente se desarrollaría sobre zonas muy amplias, son relativamente escasos, sobre todo en el caso del encinar. Hoy día encontramos sobre todo los matorrales ligados a estas formaciones, cubriendo extensas áreas en el territorio.

A) Dominio del encinar

La zona del altiplano, como se ha comentado, correspondería sobre todo al dominio del encinar basófilo, establecido fundamentalmente sobre materiales cuaternarios y en menor medida del Plioceno. Este dominio de vegetación, con ligeras variantes, está muy extendido en las zonas basales de las Sierras béticas y Valle del Guadalquivir (*sensu lato*).

La comunidad más desarrollada en este dominio es el encinar, dominado casi exclusivamente por la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*), aunque también pueden aparecer otros árboles como

pino carrasco (*Pinus halepensis*) o incluso quejigo (*Quercus faginea*), este último muy raro en la zona, puesto que necesita condiciones más húmedas que las que aparecen localmente. Las formaciones densas y bien estructuradas de encinar son raras, debido a la intervención del hombre y también a cuestiones topográficas, edáficas y climáticas. Así que conviviendo con fragmentos de bosque o sustituyéndolo, encontramos una gran variedad de comunidades, que vamos a describir de forma genérica y de las cuales indicaremos las especies más abundantes.

Existe una orla formada por arbustos, que se coloca en los claros y bordes del bosque, sobre suelos profundos. En zonas secas como ésta, la orla está formada por arbustos esclerófilos como coscoja (*Quercus coccifera*), aladierno (*Rhamnus alaternus*) o enebro de la miera (*Juniperus oxycedrus*), siendo más raros los arbustos caducifolios como el majuelo (*Crataegus monogyna*) o los rosales silvestres (*Rosa* spp.).

Sobre suelos profundos, pero en condiciones de menor humedad, encontramos una formación en la que abundan las especies retamoides (especies de tallo clorofílico parecidas a la retama), en los que además de la retama (*Retama sphaerocarpa*), aparece el escobón (*Cytisus scoparius*) o las hiniestas (*Genista cinerea* subsp. *speciosa* y *Cytisus fontanesii*).

Sobre suelos poco profundos y pedregosos, encontramos una gran cantidad de formaciones de matorral de bajo porte, que cuando los suelos son carbonatados y ricos en bases, están formados por varias especies de labiadas como romero (*Rosmarinus officinalis*), salvia (*Salvia lavandulifolia* subsp. *vellerea*), lavanda (*Lavandula latifolia*) y diversas especies de tomillos (*Thymus* spp.).

Sobre suelos más margo-limosos aparecen formaciones de gramíneas vivaces, que en ambientes secos o semiáridos como éste, son fundamentalmente espartales (formaciones de *Stipa tenacissima*), mientras que hacia los piedemontes de las montañas colindantes (algo más lluvio-

sas) son sustituidos por lastonares, con distintas especies de gramíneas (*Festuca scariosa*, *Helictotrichon filifolium*, etc.).

En zonas alteradas por roturación o sobrepastoreo es frecuente encontrar tomillares colonizados, donde son características las bojas (*Artemisia campestris* subsp. *glutinosa*, *A. herba-alba*), manzanillones (*Santolina rosmarinifolia*) y perpetuas (*Helichrysum* spp.). En cuanto a los pastizales anuales, son tremendamente variados dependiendo del sustrato, tipo de suelo, presión de herbívoros, así como de cuestiones microclimáticas como orientación, pendiente, etc. Puede decirse que lo más frecuente son especies de gramíneas, tréboles (*Trifolium* spp.) y carretones (*Medicago* spp.).

Variante sobre suelos descarbonatados

En las zonas en contacto con Sierra Nevada, sobre materiales cuaternarios procedentes de este macizo, se desarrollan suelos con pH neutro o ligeramente básico, pero con ausencia de carbonatos. Por ello las formaciones vegetales, casi ausentes debido a la acción humana, serían las típicas del encinar silicícola, desarrollado en las zonas de piedemonte de Sierra Nevada. Es posible encontrar el rascaviejas o aznacho (*Adenocarpus decorticans*), en algunos fondos de barranco, aunque la mayor diferencia en cuanto a composición, la encontramos en los matorrales. En ellos domina la bolina (*Genista umbellata*), el cantueso (*Lavandula stoechas*), junto con distintas especies de jaras (*Cistus albidus*, *C. monspeliensis*, *C. salvifolius*). Siendo menor la presencia de labiadas, aunque es bastante frecuente la mejorana (*Thymus mastichina*).

Variante nororiental

En las zonas orientales del altiplano, en el norte de las provincias de Granada y Almería, hay una influencia significativa de la zona Manchega, caracterizada por una acusada continentalidad. Hay algunos elementos singulares que caracterizan esta influencia Manchega, como es la sabina al-

bar (*Juniperus thurifera*), aunque es una vez más a nivel de los matorrales, donde encontramos las diferencias más significativas. Así encontramos algunas especies de tomillos (*Thymus vulgaris*, *Th. membranaceus*), zajareña (*Sideritis leucantha* subsp. *bourgaeana*), *Vella pseudocytisus*, *Onobrychis pedicularis*, *Onosma tricosperma* subsp. *tricosperma*, o *Astragalus clusii*, todos ellos distribuidos también por las mesetas manchegas surorientales.

B) Pinares-coscojares sobre margas

Sobre sustratos margosos, típicos de badlands y de zonas de la depresión intracuenca, las condiciones de aridez son más acusadas y encontramos unas formaciones de pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) abiertas, mezcladas con especies arbustivas como coscoja (*Quercus coccifera*), enebro de la miera (*Juniperus oxycedrus*), sabina mora (*J. phoenicea*), espinos (*Rhamnus lycioides*) o *Ephedra fragiliso* incluso el lentisco (*Pistacia lentiscus*), que aparece en las zonas bajas de la cuenca del Guadiana Menor (Figura 11).

Mezclado con este pinar abierto aparecen retamas (*Retama sphaerocarpa*) y otras especies similares, así como matorrales, con las especies ya descritas para el encinar, entre los que destacamos los espartales, muy frecuentes en la zona.



Figura 11. *Pinus halepensis*, Rambla del Baúl.

C) Vegetación de saladares

En general, la vegetación desarrollada en los saladares, tanto litorales, como continentales, está constituida por especies vegetales que presentan notables adaptaciones a un alto grado de salinidad.

Esta vegetación de saladares, en la zona que nos ocupa, tiene una superficie restringida a las proximidades de cursos de agua, o algunas ramblas del territorio y zonas adyacentes, donde se van desdibujando a medida que la salinidad y las condiciones de hidromorfía temporal desaparecen, en contacto con las formaciones de matorrales antes descritas. Estas comunidades, tienen en la zona un valor de conservación importante, puesto que albergan gran cantidad de especies raras y/o endémicas (Figura 12). Son además ecosistemas frágiles y amenazados por la actividad humana (explotación de acuíferos, agricultura intensiva, cambios de uso del suelo, etc.), que han visto reducida su extensión drásticamente en los últimos años.

Si se exceptúa la posibilidad de que ocasionalmente aparezcan algunos tarayales con muy alto grado de halofilia (hiperhalófilos) de *Tamarix canariensis*, las formaciones halófilas de la zona están constituidas por pequeñas matas, o como mucho arbustos. Las comunidades vegetales de estos saladares se disponen en un mosaico, dependiendo del grado de salinidad y humedad del suelo, cuestión que a su vez depende de la microtopografía del terreno.

Entre las formaciones de mayor talla y apariencia se hallan los sapinares (*Sarcocornia fruticosa*) y los almajales (*Arthrocnemum macrostachyum*), rodeados de praderas de saladillos (con algunos endemismos locales como *Limonium majus*, *L. minus* o *L. alicunense*), juncuales negros (*Schoenus nigricans*) con llantenos halófilos (*Plantago maritima*) y juncuales-herbazales halófilos de *Juncus maritimus* con especies raras como *Carum foetidum*, *Centaurea dracunculifolia* y *Dorycnium gracile*. Cabe destacar los pastizales del endemismo ibérico *Puccinellia espitosa* (cuyas únicas localidades andaluzas son las de la Hoya de Baza) y numerosos pastizales efímeros que pueden desarrollarse en primavera, tales como los de *Frankenia pulverulenta*, *Sphenopus divaricatus*, *Spergularia spp.*, *Hordeum marinum*, etc. En caso de desarrollarse en verano, estos pastos están for-

mados por terófitos suculentos que pertenecen en su mayor parte a la familia quenopodiáceas, destacando por su extremada rareza y amenaza, pequeñas joyas botánicas como *Microcnemum coralloides*.

En zonas de borde de estos saladares, cultivadas tradicionalmente, y muchas de ellas abandonadas en los últimos años, encontramos formaciones ricas en quenopodiáceas como *Atriplex*

halimus, *Suaeda pruinosa*, *Salsola vermiculata*, junto a otras especies como *Artemisia herba-alba*, etc. También es frecuente la presencia de albardín (*Lygeum spartum*). Todas estas especies nos están indicando, además de alteración del suelo (cultivos abandonados normalmente), una elevada presencia de sales y una cierta hidromorfía, normalmente estacional, que aparece solo en las épocas más húmedas del año.



Figura 12. Albardín (*Lygeum spartum*) en suelos salinos y con hidromorfía.

Formación de la Depresión Guadix-Baza

La cuenca de Guadix-Baza es una de las depresiones intramontañosas neógenas más importantes de las zonas Béticas. Está genéticamente relacionada con la cuenca de Granada y ambas se localizan en el contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética. Tiene una extensión de unos 4600 km² y se trata de una depresión postorogénica en la que los depósitos sedimentarios más recientes se sitúan a unos 1000 m de altitud y está totalmente rodeada por relieves montañosos de las Zonas internas, formados esencialmente por esquistos, cuarcitas y calizas o dolomías metamórficas (Sierra Nevada, Sierra de Baza y Sierra de las Estancias), y de las Zonas Externas, constituidos por rocas sedimentarias dominadas por calizas y margas (Sierra Arana, Sierra de Cazorla, Sierra de Segura, Sierra de Castril y Sierra de Orce).

Esta cuenca tiene un enorme interés dentro del conjunto de depresiones postorogénicas de la Cordillera Bética (Fernández Martínez et al. 2004). Por un lado, por haber sufrido una transformación muy brusca en un tiempo relativamente corto, ya que pasó de ser una cuenca endorreica a ser capturada por la red de drenaje del río Guadalquivir, que provocó un rápido encajamiento de la red fluvial originando barrancos muy profundos en los que se puede contemplar el registro estratigráfico de los últimos millones de años de una forma muy completa. Por otro lado, hacia finales del Plioceno se produjo una importante migración faunística desde África hacia Europa y Asia, que involucró a muchos géneros de animales, incluido al *Homo*, debido al clima benigno y a la abundancia de agua (presencia de ríos y lagos). En este sentido, el relleno sedimentario alberga multitud de yacimientos de fósiles de vertebrados, con indicios de ser una de las primeras zonas de Europa ocupadas por el hombre, y contiene numerosos ejemplos

de paleosuelos con los que poder reconstruir la historia edafogeomorfológica desde el Plioceno hasta la actualidad. Los principales intervalos de tiempo y los fenómenos geológicos singulares ocurridos desde el Mioceno superior se describen a continuación:

Mioceno superior (Tortonense); 8,7 - 7,5 Ma.

Las Cordilleras Béticas estaban separadas del antepaís (Macizo Ibérico) por la denominada Cuenca Norbética, precursora de la Cuenca del Guadalquivir, que comunicaba ampliamente el océano Atlántico con el mar Mediterráneo. En este periodo se produce una sedimentación marina sobre los materiales anteriores, depositándose calcarenitas bioclásticas en las zonas más costeras y margas o lutitas en las zonas más profundas. En el Tortonense superior (7,7 - 7,5 Ma) se cierra la comunicación atlántica y la Cuenca de Guadix-Baza se transforma en una cuenca marina con comunicación exclusiva con el Mar Mediterráneo hacia el Este, por lo que hoy conocemos como el valle del Río Almanzora. Se producen episodios regresivos que provocan una transformación en subcuencas más o menos interconectadas, en las que se producen depósitos deltaicos, playas carbonatadas y sedimentación evaporítica.

Mioceno superior (Messiniense); 7,5 - 5,3 Ma.

El levantamiento tectónico asociado al empuje de la placa Africana es progresivo (entre 6 y 5,3 Ma llega a secarse el Mediterráneo casi por completo) y la Cuenca Guadix-Baza se desconecta por completo del Atlántico y del Mediterráneo y se convierte en una gran cuenca endorreica. Se depositan materiales continentales procedentes de la erosión de los relieves adyacentes en los márgenes de la cuenca, y en el resto dominan los depósitos lacustres caracterizados por materiales detríticos finos (limos y arcillas).

Plioceno; 5,3 - 2,3 Ma.

Continúa la elevación progresiva de los relieves y el funcionamiento de la cuenca como un sistema endorréico. Cerca de los sistemas montañosos,

se producen depósitos gruesos (conglomerados) en áreas marginales de la cuenca, de naturaleza silíceo cuando proceden de Sierra Nevada y de naturaleza carbonatada cuando proceden del resto de sierras de las Zonas Externas. En el resto de la cuenca, se configura un medio con sistemas

fluviales asociados a lagos de extensión cambiante en el tiempo (Figura 13), que acumulan uno de los registros sedimentarios más continuo de medios continentales de los últimos millones de años de la historia de la Tierra que existen en toda Europa occidental.

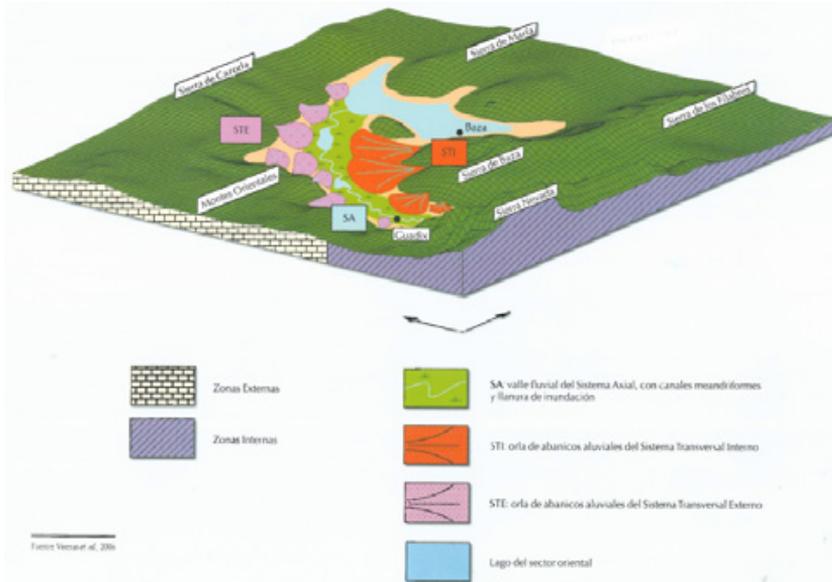


Figura 13. Esquema de los sistemas deposicionales en la Cuenca de Guadix-Baza durante la etapa de relleno continental (Viseras et al. 2006).

Pleistoceno inferior - medio; 2,3 - 0,5 Ma.

Ocurren nuevas deformaciones tectónicas que implican la fracturación y elevación del conjunto de la Cordillera Bética. Se produce un nuevo cambio paleogeográfico y la cuenca de Guadix-Baza se compartimenta en dos subcuencas interconectadas entre sí, al tiempo que ensancha notablemente. En la zona de Guadix se genera un sistema fluvial, alimentado por pequeños abanicos aluviales procedentes de Sierra Nevada y Sierra de Baza, que transportaba conglomerados y arenas hacia un gran lago situado en la zona de Baza, donde se depositan arcillas, calizas y yesos. Hacia el Pleistoceno superior, la cuenca queda colmatada con el depósito de grandes glaciares al pie de los relieves y dando fin a la sedimentación continental. Durante este periodo las condiciones climáticas son cálidas y húmedas (como lo

demuestran los yacimientos paleontológicos de Venta Micena, entre otros), y la edafogénesis se orienta hacia la formación de suelos rojos.

Pleistoceno superior /actualidad; <0,5 Ma.

Al final del Pleistoceno hay una nueva elevación de la zona que coincide con la colmatación de la cuenca y la implantación de la red fluvial actual, produciéndose un cambio en la cuenca de drenaje, pasando de ser vertiente Mediterránea a Atlántica (cuenca del Guadiana Menor) y provocando el inicio de los procesos de erosión y transporte. La velocidad de este fenómeno junto con la altitud de la superficie de colmatación (cerca de 1000 m) provoca el fuerte encajamiento de la red fluvial y la aparición de multitud de formas erosivas que configuran el paisaje de "badlands" actual.



En este periodo, la formación de suelos rojos es recurrente en el tiempo, debido a la alternancia de episodios de biostasia - rexistasia relacionados con los periodos glaciales e interglaciares (Simón et al. 1989), apareciendo secuencias de éstos suelos a lo largo de toda la Cuenca de Guadix-Baza que se correlacionan fácilmente con los de otras cuencas adyacentes como la de Granada.

Parada 1: Perfil policíclico

En esta parada estamos situados en el Glacis cálcico, al pie de Sierra Arana (Figura 2 y 3), donde presentamos la descripción general de los suelos dominantes de esta unidad, para pasar posteriormente a la descripción del perfil policíclico seleccionado para esta parada.

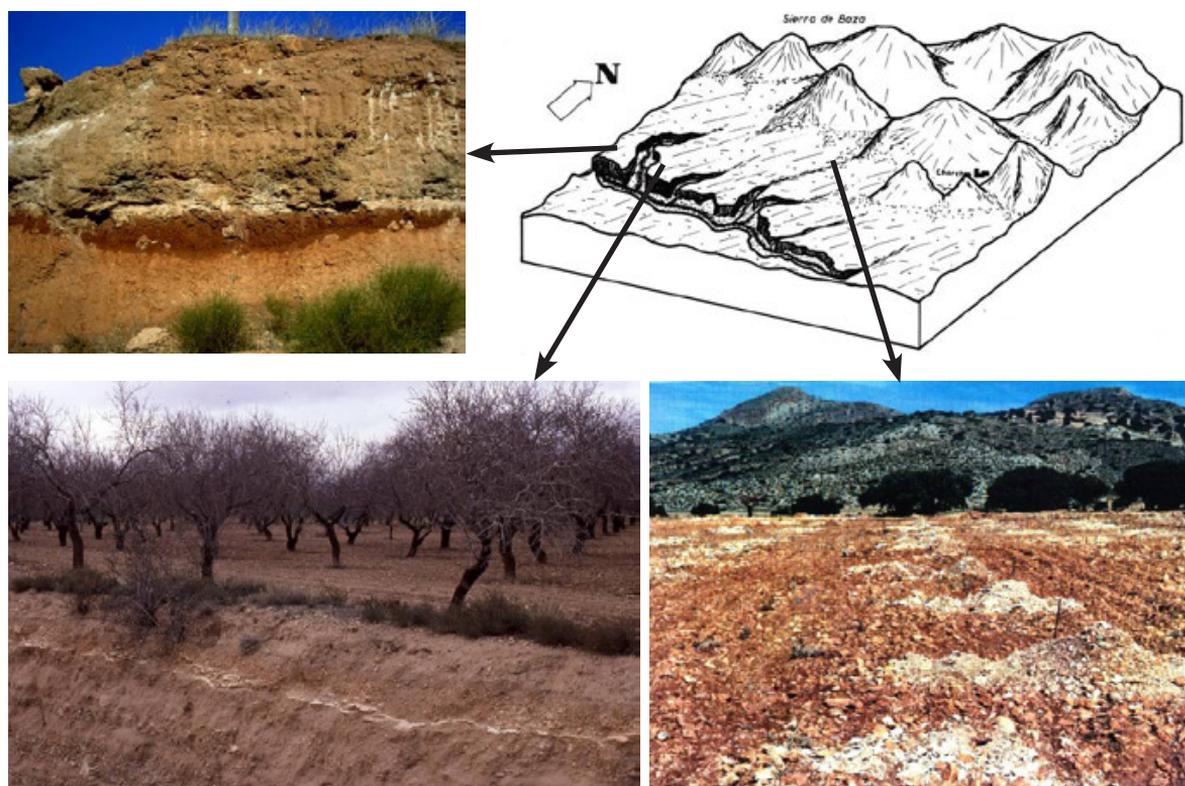


Figura 14. Esquema y fotos del Glacis cálcico.

El suelo característico del Glacis cálcico es el Calcisol con una secuencia de horizontes de tipo Ap-Cmk, pudiendo aparecer por encima del horizonte petrocálcico un horizonte cálcico. La erosión es fundamentalmente hídrica laminar y en surcos, dejándose sentir intensamente, en éstas superficies de glacis, la erosión eólica. Se dedican preferentemente al cultivo de cereales, con diferentes rendimientos, siempre bajos, influenciados por la profundidad a la que se encuentra el horizonte petrocálcico y la aridez ambiental; en otras zonas se está instaurado el cultivo del almendro.

La profundidad media del horizonte cultivado se sitúa en los 23 cm, de ahí que como segundo calificador se introduzca el término epi-pétrico, con una textura dominante de tipo franca, que en algunos casos puede ser franco arenosa e incluso tener la suficiente cantidad de arcilla como para ser franco arcillo arenosa. La estructura es granular fina, débil, ligada a las intensas labores a que se somete el epipedon. Localmente puede desarrollar un horizonte cámbico.

Son abundantes o moderadamente abundantes las gravas, heterométricas y de naturaleza variada, con abundantes restos de la costra subyacente. Con éste motivo diferenciamos dos subunidades, esqueléticos y háplicos respectivamente. El pH está situado en valores que oscilan entre 7.5 y 8, creciendo éste con la profundidad. El complejo de cambio está dominado por el calcio, seguido en importancia por el magnesio. Los suelos son fuertemente calcáreos.

Los valores de carbono orgánico son moderados y, en algún, caso altos dadas las características del medio; no obstante el contenido en nitrógeno es bajo en todos los casos y la relación C/N manifiesta el alto grado de alteración de la materia orgánica. La capacidad de almacenamiento de agua por parte del suelo es baja, justificado por el escaso espesor del suelo y los regímenes de humedad y temperatura. Los valores termométricos hacen que el régimen de temperatura sea Térmico y Mésico pero en el límite del Térmico. El régimen de humedad oscila entre Arídico y Xérico/Arídico.

En la clasificación WRB (2014), todos se clasificarían como Calcisoles por tener un horizonte cálcico o petrocálcico, que se encuentra dentro de los 100 cm superficiales. Para la Soil Taxonomy (2014) son Aridisoles, y por tener un horizonte cálcico o petrocálcico quedan incluidos dentro del suborden Orthid; unos pertenecen al gran grupo de los Paleorthid, mientras que otros son Calciorthid, estableciéndose la diferencia entre ellos según tengan horizonte petrocálcico o cálcico.

PERFIL SUELO POLICÍCLICO

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLOGICAS

Localización. Darro **Coordenadas U.T.M.** 30S VG 745303

Altitud. 1100 m **Posición fisiográfica.** Valle

Topografía circundante. Plano o casi plano

Pendiente. Llano o casi llano

Vegetación o uso. Cultivos de secano

Material original. Formación Guadix

Drenaje. Bien drenado

Condiciones de humedad. Seco

Profundidad de la capa freática. Desconocida

Pedregosidad. Alta

Afloramientos rocosos. Sí (conglomerados)

Erosión. Hídrica muy fuerte en cárcavas y eólica

Influencia humana. Cultivos y escombreras

Clasificación. **Calcisol hipercálcico lúvico (crómico)** WRB (2014)

Calcic Haploxeralf (Soil Taxonomy, 2014)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
Ap	0-15	Pardo rojizo (5YR 5/4) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Estructura granular fina, débil. Textura franco arcillosa. Ligeramente duro, friable, adherente y plástico. Abundantes poros. Frecuentes gravas. Calcáreo. Raíces comunes, finas y muy finas. Límite inferior brusco y plano.
2Cmk	15-80	Conglomerado calcáreo discontinuo con los horizontes adyacentes.
3Ck	80-162	Pardo rojizo claro (5YR 6/4) en seco y pardo rojizo (5YR 5/4) en húmedo. Estructura masiva. Textura franco arcillosa. Duro, firme, adherente y plástico. Pocos poros. Frecuentes gravas y muy alteradas. Fuertemente calcáreo. Muy escasas raíces. Límite inferior brusco y plano.
4Cmk	162-225	Costra caliza cementada, tendiendo a pulverulenta en el contacto con el horiz. inf.
5Btb	225-240	Rojo (2,5YR 4/6) en seco y rojo (2,5YR 4/8) en húmedo; Textura franco arcillo arenosa. Estructura en bloques angulares. Ligeramente calcáreo. Escasas gravas. Límite brusco y plano con el horizonte inferior.
5B/C	240-259	Horizonte Bt con inclusiones de nódulos petrificados de carbonato cálcico procedentes del horizonte Ck inferior.
6Ckb	> 259	Amarillo rojizo (2,5YR 4/6) en seco y rojo amarillento (2,5YR 4/8) en húmedo. Textura franca. Estructura masiva. Fuertemente calcáreo y localmente cementado. Frecuentes gravas.

DATOS ANALÍTICOS

Análisis textural (%)										
	Prof.	Arenas					Limo		Arcilla	Grava
Hor.	(cm)	M.Gr	Gr.	Med.	Fina	M.Fina	grueso	fino		> 2
Ap	0-15	2,2	3,7	2,3	7,6	6,8	17,1	18,0	25,2	19,7
2Cmk	15-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3Ck	80-162	2,1	3,8	2,5	8,3	2,6	8,0	8,1	24,4	24,3
4Cmk	162-225	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5Btb	225-240	4,7	7,8	9,9	16,1	6,3	7,1	15,3	32,8	12,1
5B/C	240-259	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6Ckb	> 259	6,0	7,2	6,6	9,9	6,1	9,7	35,9	18,7	48,2

	Prof.	pH	Bases y capacidad de cambio (cmol _c kg ⁻¹)					V	CE	
Hor.	(cm)	(H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CIC	(%)	(dS m ⁻¹)
Ap	0-15	8,2	18,1	2,0	0,4	0,8	21,3	21,3	sat.	0,4
2Cmk	15-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3Ck	80-162	8,4	10,1	2,0	0,1	0,2	12,4	12,4	sat.	0,4
4Cmk	162-225	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5Btb	225-240	8,7	9,3	2,9	0,1	0,2	12,5	12,5	sat.	0,4
5B/C	240-259	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6Ckb	> 259	8,9	5,0	2,1	0,1	0,1	7,3	7,3	sat.	0,6

	Prof.	CO	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃	Humedad (%)		
Hor.	(cm)	(%)	(%)		(mg 100g ⁻¹)	(%)	(%)	33 KPa	1500 KPa	A.Útil
Ap	0-15	0,87	0,11	8	6,0	28,6	19,8	25,0	11,3	13,7
2Cmk	15-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3Ck	80-162	0,28	0,05	5	8,9	9,5	62,3	25,3	10,7	14,6
4Cmk	162-225	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5Btb	225-240	0,25	0,05	5	-	-	8,3	23,6	14,5	9,1
5B/C	240-259	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6Ckb	> 259	0,17	0,04	4	-	-	44,3	23,7	9,1	14,6

Configuración actual de la Depresión de Guadix

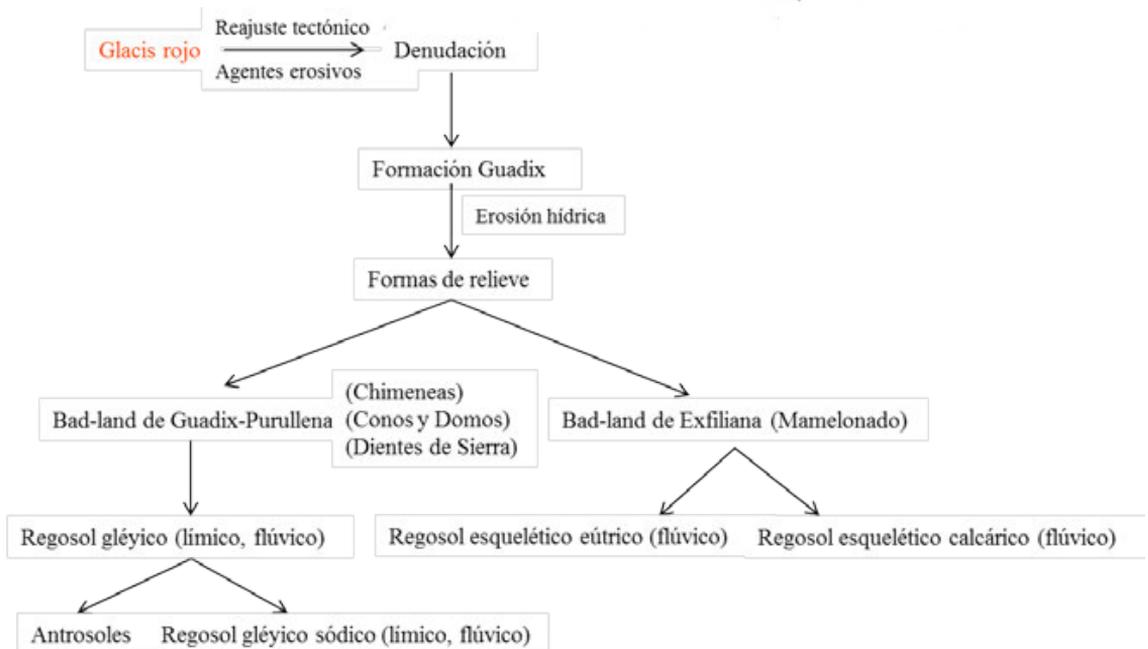
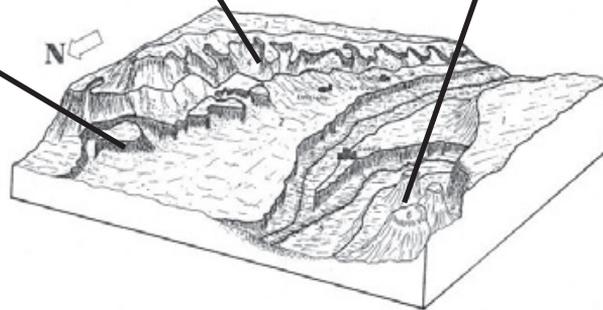
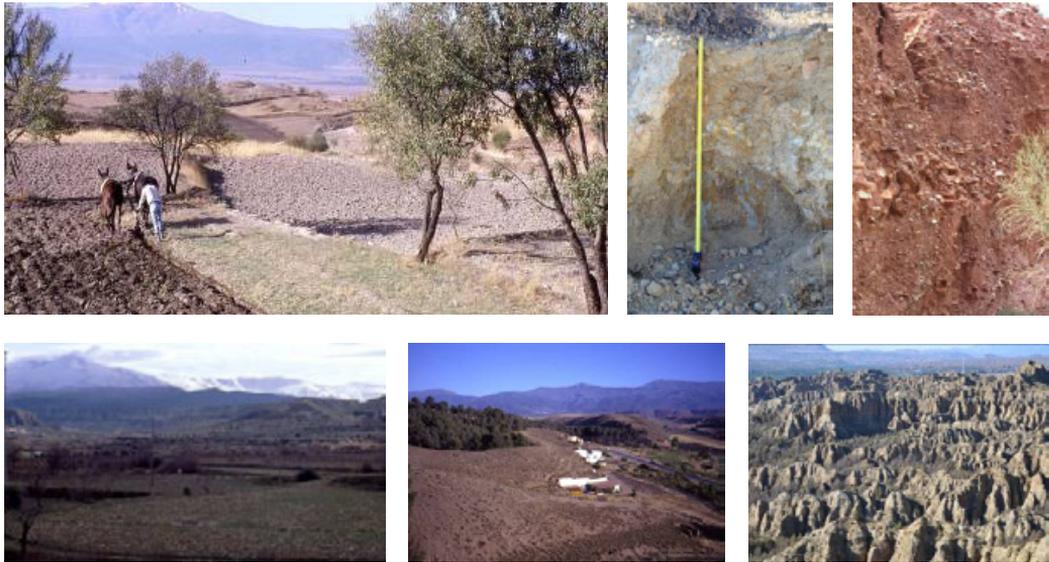


Figura 15. Fotos y esquema de la Hoya de Guadix

Después de la colmatación de la cuenca, uno de los mecanismos de erosión que contribuyen a la evacuación de material y al dismantelamiento del glacis rojo, con el consiguiente ensanche progresivo de los cauces, es la tubificación o "piping" (pipe: en inglés tubo), conocida también por los paisanos de la comarca como "rateras" (Figura 16a y b).

El típico paisaje de "badlands" de los ambientes áridos y semiáridos-cálidos, está sujeto a una dinámica erosiva, dirigida por el clima agresivo de altas temperaturas y escasas pero intensas lluvias, que afecta desigualmente a los materiales

dependiendo del tipo y densidad de vegetación presente, y de la propia composición y cohesión de los sedimentos, creando así una compleja red de drenaje diseñada por angostas y desiguales ramblas e interfluvios alomados (Zona de Esfiliana), o de modelado característico, en forma de crestas, conos, chimeneas,...etc. (Zona de Guadix-Purullena). Este último paisaje es dismantelado por el hombre en las áreas más frescas y con abundante agua, próximas al cauce fluvial, porque la práctica ausencia de piedras y en general la granulometría fina de los materiales geológicos permiten su adecuación agrícola.



Figura 16. Erosión por tubificación en el glacis rojo, detalle (a) y vista general del frente (b)

Parada 2: Perfil Glacis rojo (superficial)

Itinerario 2
10/9/2015

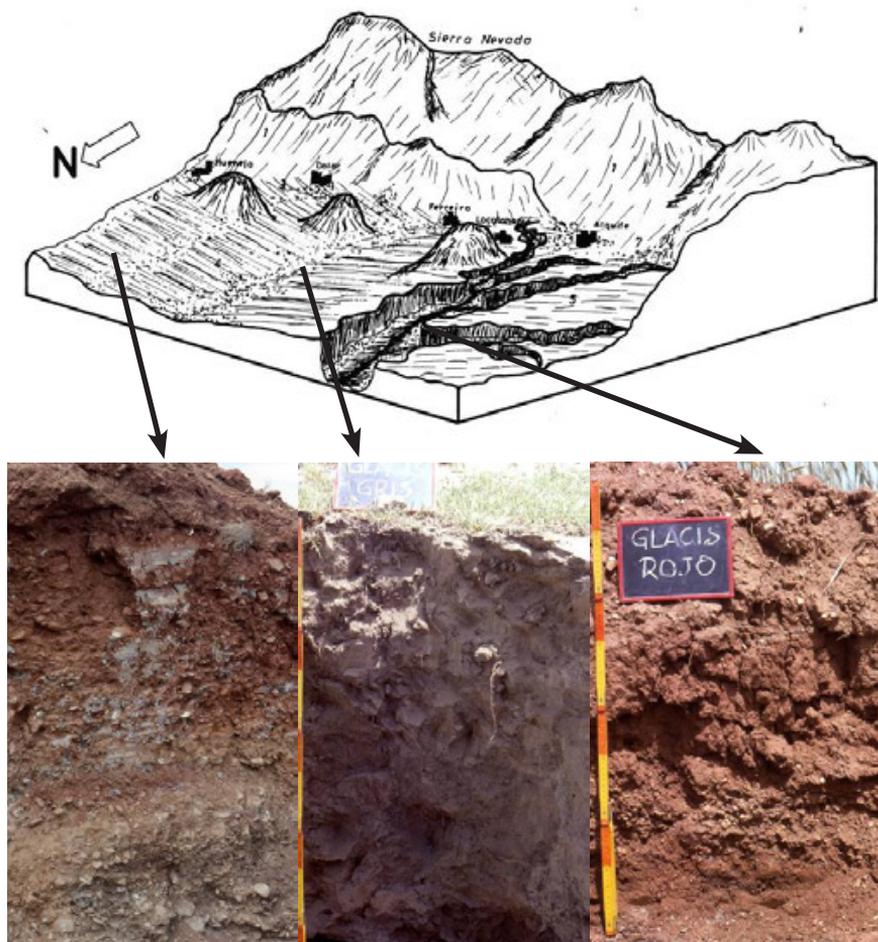


Figura 17. Fotos y esquema del Glacis rojo superficial.

Los Luvisoles cálcicos son suelos profundos, de textura franca a franco arcillosa en superficie, que se hace arcillosa en el horizonte árgico. El contenido en grava es variable, en muchos casos supera el 40% y aumentan en profundidad. El pH oscila de ligeramente básico (7,4) a netamente alcalino (8,4). El complejo de cambio está dominado por Ca^{2+} , siendo el Mg^{2+} el segundo catión en importancia. La CIC presenta valores que se pueden considerar moderados en superficie, mientras que en los horizontes Bt suele ser mayor, para decrecer nuevamente en los horizontes inferiores.

Son pobres en materia orgánica y en nitrógeno, con una relación C/N en el epipedon próxima a 7. El contenido en carbonatos es nulo o ligeramente

calcáreo en superficie. El horizonte cálcico o petrocálcico aparece siempre en el contacto entre el material rubefactado y los de la Formación de Guadix, que dependiendo de la profundidad, delimitan el marco de las dos unidades de Luvisoles. Los valores de retención de agua son moderados a altos, y en todos los casos supera los 50 mm de AWC; no obstante en suelos de mayor desarrollo, la capacidad de almacenamiento de agua sobrepasa los 100 mm. El régimen de temperatura es Mésico y el de humedad Xérico aunque bordea las características de Árido.

Para Soil Taxonomy (2014) son Alfisoles los que poseen régimen Xérico, y Aridisoles si el régimen llega a Árido. Dentro de los Alfisoles, la

mayor parte pertenecen al suborden Xeralf y más concretamente son Rhodoxeralf cálcicos; si el régimen fuese Arídico los suelos serían Argids, pero en estas áreas difícilmente se alcanzan estas condiciones. Otros entran en el gran grupo de los Palexeralfs y no siempre por tener costra calcárea, pues ésta aparece por debajo de los 1,5 m, sino por presentar un salto textural brusco y evidencias de iluviación en forma de arcilanes. En la clasificación WRB (2014) todos ellos son Luvisoles crómicos y se pueden dar como ródicos en función del color, más rojo que 5YR y value en húmedo < 3.

Los Cambisoles del área del Marquesado del Zenete se han clasificado como flúvicos, cuando han evolucionado sobre materiales aluviales antiguos o se forman en un régimen netamente fluvial, y definen el eslabón evolutivo superior

de la cronosecuencia iniciada por los Regosoles detrítico-flúvicos. Los Cambisoles calcáricos tienen una profundidad moderada a alta; presentan ligero incremento de arcilla en el horizonte Bw y una cantidad de gravas moderada, aumentando en los horizontes C, con una textura franco arenosa en todos los casos.

El valor de retención de agua es moderado en los Cambisoles calcáricos del área, el régimen de humedad Xérico y el de temperatura Mésico. Según WRB (2014), estos suelos son Cambisoles calcáricos. En clasificación americana pertenecen al orden Inceptisoles, encuadrándose dentro del suborden Ochrept, y por tener un régimen Xérico, Xerochrept. Cuando tienen un horizonte cálcico se incluyen como Xerochrept calcixerólico y si no, como Xerochrept típicos.

PERFIL GLACIS ROJO (SUPERFICIAL)

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLOGICAS

Localización. Cañada del Hongo

Coordenadas U.T.M. 30S VG 866235

Altitud. 1060 m

Posición fisiográfica. Planicie

Topografía circundante. Casi plana

Pendiente. Suavemente inclinado

Vegetación o uso. Cereales

Material original. Materiales de la Formación Guadix

Drenaje. Moderadamente bien drenado

Condiciones de humedad. Seco todo el perfil

Profundidad de la capa freática. Desconocida

Pedregosidad. Moderadamente pedregoso

Afloramientos rocosos. Ninguno

Erosión. Eólica fuerte e hídrica laminar débil

Influencia humana. Labor

Clasificación. Luvisol ródico esquelético (Flúvico) (WRB, 2014) Palexeralf típico (Soil Taxonomy, 2014)



Hor.	Prof. (cm)	Descripción
Ap	0-27	Rojo amarillento (5YR 5/6) en seco y rojo amarillento oscuro (5YR 4/6) en húmedo. Estructura granular a bloques subangulares media, fuerte. Textura franco arcillo arenosa a franco arenosa. Duro, friable, ligeramente adherente y no plástico. No se observan cútanos. Frecuentes poros finos y muy finos, caóticos, inped; frecuentes, finos y muy finos, oblicuos y horizontales, exped. Abundantes gravas, forma subangular, esquistos en un 70% y el resto cuarzo y cuarcitas. No calcáreo. Frecuentes raíces finas y muy finas. Poca actividad biológica. Límite con el horizonte subyacente brusco y plano.
Bt	124-40	Rojizo (2,5YR 5/6) en seco y más oscuro (2,5YR 4/6) en húmedo. Estructura en bloques subangulares a angulares, moderada. Textura franco arcillo arenosa. Muy duro, friable, adherente y plástico. Cútanos zonales alrededor de las gravas y en algunas grietas. Pocos poros, oblicuos, inped; frecuentes, verticales y oblicuos, finos y medianos, exped. Frecuentes gravas planares y subredondeadas bastante meteorizadas, de esquistos en un 60% y de cuarcitas en un 40%. No calcáreo. Pocas raíces, finas y muy finas. Límite con el horizonte inferior, ondulado y neto.
Bt	240-71	Rojo amarillento (2,5YR 4/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 4/6) en húmedo. Estructura en bloques angulares, medianos a gruesos, fuerte. Textura arcillosa. Muy duro, friable, muy adherente y muy plástico. Cútanos continuos, finos, situados alrededor de los cantos y las grietas. No calcáreo. Frecuentes poros, finos y muy finos, tubulares, inped; otros oblicuos y horizontales, exped. Frecuentes gravas de esquistos grafitosos con granate que representan el 70% del total, el resto son de cuarcitas, más o menos redondeadas y bien conservadas. Hay muy pocas raíces, finas y muy finas. Límite inferior gradual y ondulado.
C/B	71-150	Horizonte constituido por abundantes piedras, redondeadas, bien conservadas, cubiertas por una fina patina roja, hay otras planares, de coloración grisácea, parcialmente meteorizadas, son cuarcitas en un 20% y esquistos en un 20% y filitas en un 10% aproximadamente. Los huecos están ocupados por tierra fina, no carbonatada, de color rojo (10R 5/8) en húmedo y rojo claro (10R 6/8) en seco. Límite con el horizonte inferior ondulado y neto.
C	150-182	Horizonte en el que aumenta sensiblemente el porcentaje de gravas y piedras, disminuyendo su tamaño y grado de redondez; dominan los materiales esquistosos, 60% de esquistos y 20% de filitas, meteorizados, siendo el resto cuarcitas. Calcáreo. Los huecos están rellenos de una matriz ligeramente calcárea, rojiza (2,5YR 6/8) en seco y (2,5YR 5/8) en húmedo. Límite inferior ondulado y brusco.
2Cmk	182-197	Es una costra caliza formada por abundantes cantos redondeados y gravas bien conservadas, de igual naturaleza que el horizonte superior, cementada por una matriz parda a pardo amarillenta (10YR 5/3,5) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo.
2Ck	> 197	Horizonte pedregoso de cantos redondeados y subredondeados englobados por una matriz arenosa y gravosa fina y un material calcáreo; aparecen pseudomicelios y nódulos de CO ₃ Ca.

DATOS ANALÍTICOS

Análisis textural (%)											
	Prof.	Arenas					Limo	Limo	Arcilla	Grava	
Hor.	(cm)	M.Gr	Gr.	Med.	Fina	M.Fina	grueso	fino		> 2	
Ap	0-27	16,4	11,2	9,6	11,9	10,6	9,9	9,7	20,7	44,4	
Bt1	27-40	10,2	4,3	2,0	2,1	3,4	9,8	1,2	67,0	36,3	
Bt2	40-71	10,6	5,5	3,3	3,0	1,9	2,4	2,8	70,5	29,5	
C/B	71-150	19,3	16,0	10,3	5,9	3,0	2,6	4,7	38,2	63,6	
C	150-182	41,5	19,6	7,3	3,5	1,9	2,0	3,0	21,2	78,3	
2Cmk	182-197	-	-	-	-	-	-	-	-	80,0	
2Ck	> 197	24,1	15,9	18,9	18,2	6,2	4,3	6,5	5,9	82,0	

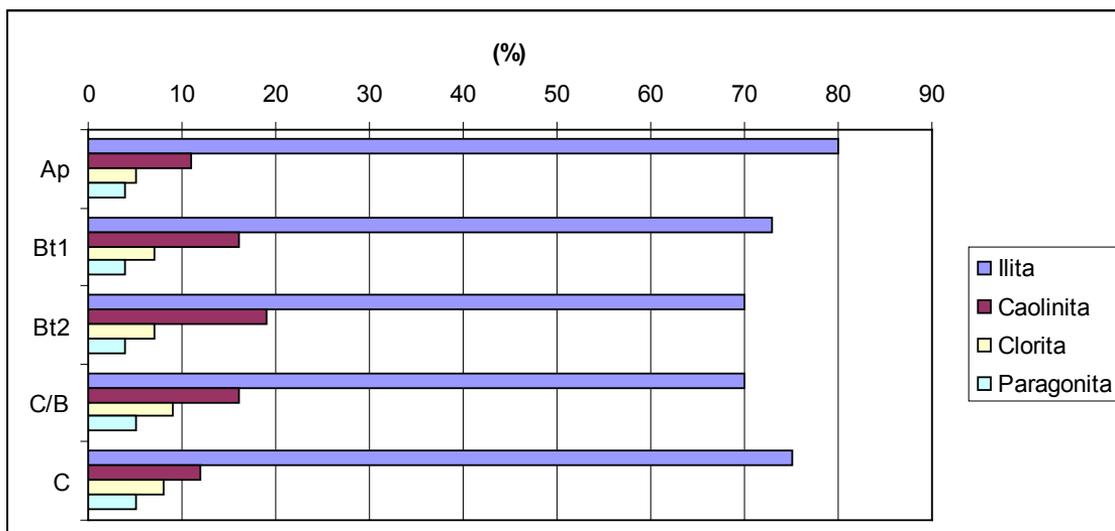
	Prof.	pH	Bases y capacidad de cambio (cmol _c kg ⁻¹)				S	CIC	V	CE	
Hor.	(cm)	(H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺			(%)	(dS m ⁻¹)	
Ap	0-27	7,2	13,99	3,90	0,07	0,29	18,25	14,76	Sat.	0,30	
Bt1	27-40	7,3	15,24	6,42	0,27	0,51	22,44	14,16	Sat.	0,30	
Bt2	40-71	6,5	19,83	4,18	0,16	0,24	24,41	23,44	Sat.	0,30	
C/B	71-150	7,0	9,24	5,79	0,96	0,21	16,20	14,01	Sat.	0,45	
C	150-182	7,9	11,55	1,62	0,33	0,12	13,62	10,35	Sat.	0,35	
2Cmk	182-197	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	
2Ck	> 197	8,1	9,45	0,62	0,03	0,04	10,14	-	-	-	

	Prof.	CO	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃	Humedad (%)		
Hor.	(cm)	(%)	(%)		(mg 100g ⁻¹)		(%)	33 KPa	1500 KPa	A.Útil
Ap	0-27	0,48	0,066	7,3	9	10	0	15,76	9,05	27,74
Bt1	27-40	0,36	0,045	8,0	7	23	0	17,51	11,73	11,45
Bt2	40-71	0,49	0,047	10,4	20	11	0	27,72	20,16	32,04
C/B	71-150	0,22	0,032	-	25	10	1,4	18,75	15,83	2,92
C	150-182	0,17	0,037	-	25	6	1,5	13,81	9,12	4,69
2Cmk	182-197	-	-	-	-	-	12,6	-	-	-
2Ck	> 197	-	-	-	-	-	18,7	-	-	-

Hor.	Formas de Hierro (%)					Formas de Aluminio (%)				
	Total	Libre	Amorfo	L/T	A/L	Total	Libre	Amorfo	L/T	A/L
Ap	6,00	4,55	0,28	75,83	6,15	13,23	0,65	0,21	4,91	32,31
Bt1	7,33	5,87	0,22	80,08	3,75	15,12	0,88	0,29	5,82	32,95
Bt2	10,55	8,97	0,30	85,02	3,34	22,67	1,09	0,31	4,81	28,44
C/B	8,79	4,62	0,21	52,56	4,55	17,01	0,79	0,20	4,64	25,32
C	6,57	3,83	0,22	58,30	5,74	15,12	0,62	0,62	4,10	27,42

Mineralogía total (%)					
Hor.	Cuarzo	Filosilic.	Calcita	Dolom.	Otros
Ap	60	40	trazas	trazas	Hemat./Goet.
Bt1	55	45	-	-	Hemat./Goet.
Bt2	40	60	-	-	Hemat./Goet.
C/B	56	40	2	2	Hemat./Goet.
C	56	24	6	4	Hemat./Goet.

MINERALOGÍA DE ARCILLAS



Parada 3: Perfil suelo salino-sódico. Paleohidromorfía

Los Regosoles en éste área corresponden a dos unidades netamente diferenciadas por rasgos heredados que marcan distancias significativas, íntimamente ligadas al sustrato subyacente, su origen y posición en la cuenca. La composición granulométrica y morfométrica del conglomerado basal en cada punto de la Formación de Guadix, es el dato más significativo ya que afectará tanto a la textura y pedregosidad de los suelos, como al drenaje y, con ello, a la posible lixiviación de bases.

Las zonas donde los materiales de la Formación Guadix son finos (textura limosa), los suelos están escasa a moderadamente drenados, con fuerte erosión hídrica en cárcavas. Presentan una curiosa proliferación de manchas amarillentas y decoloraciones asociadas a procesos relictos de hidromorfía, que aparecen a partir de los 20/30cm de profundidad. Son suelos apelmazados y que condicionan una vegetación escasa y de porte bajo.

A estos cambios texturales hay que añadir otros, como el contenido relativo en sodio del complejo (Na^+/T) y la conductividad eléctrica, que es moderada a alta, lo que da carácter sódico a los suelos y sedimentos sobre los que se desarrollan, de ahí que cuando ésto sucede se clasifiquen los suelos como Regosoles sódicos. El contenido en sodio hay que relacionarlo con la presencia de paragonita en el suelo y sedimentos procedentes de Sierra Nevada.

Las zonas donde los materiales de la Formación de Guadix constituyen un conglomerado de cantos rodados heterométricos, presentan contrastes cromáticos mayores y la percolación es más fácil. Se asocian a formas de relieve mamelonadas y vegetación de alto porte. Los Regosoles más gravosos son más permeables y pueden presentar carbonatos, incluso un encostramiento calizo a cierta profundidad, fuera de los límites de diagnóstico. El contenido en sodio de cambio decrece, gracias al mejor drenaje de los materiales.

La clasificación WRB (2014) los clasifica como Regosoles y no Gleysoles porque a pesar de tener propiedades gleycas no tiene condiciones reductoras. Otro hecho destacado es la pedregosidad que confiere el carácter esquelético, mientras que los calificadores secundarios límico y flúvico ponen de manifiesto el origen y composición de los sedimentos.

Según Soil Taxonomy (2014), entrarían dentro de los Entisoles, y al no cumplir exactamente los requisitos necesarios para el suborden Fluvent quedarían enclavados dentro de los Orthent. Por tener un régimen de humedad Xérico, serían Xerorthent.

PERFIL SUELO SALINO-SÓDICO

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLOGICAS

Localización. Purullena

Coordenadas U.T.M. 30S VG 835309

Altitud. 915 m

Posición fisiográfica. Terraza

Topografía circundante. Plano o casi plano

Pendiente. Llano o casi llano

Vegetación o uso. Matorral esclerófilo aclarado

Material original. Materiales de la Formación Guadix

Drenaje. Escasamente drenado

Condiciones de humedad. Seco

Profundidad de la capa freática. Desconocida

Pedregosidad. Nula

Afloramientos rocosos. No

Erosión. Hídrica muy fuerte en cárcavas y eólica

Influencia humana. Aterrazamientos

Clasificación. **Regosol gleyco sódico (límico, flúvico)** WRB (2014). **Xerorthent típico** (Soil Taxonomy, 2014)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
A	0-9/15	Gris pardo claro (10YR 6/2) en seco y pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo; frecuentes manchas difusas de color amarillento. Estructura granular fina, débil. Textura franco limosa. Ligeramente duro, friable, adherente y plástico. Pocos poros. Frecuentes gravas y muy alteradas. Ligeramente calcáreo. Raíces comunes, finas y muy finas. Límite inferior brusco y plano.
Cgz	>9/15	Sedimento masivo del mismo color que el horizonte A, observándose manchas difusas entre gris (2,5Y 6/0) y amarillentas (10YR 7/8). Estructura masiva. Textura limosa. Muy duro, friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico. Pocas gravas muy alteradas otras redondeadas sin meteorizar, Raíces comunes finas y muy finas.

DATOS ANALÍTICOS

Análisis textural (%)

Hor.	Prof. (cm)	Arenas					Limo		Arcilla	Grava > 2
		M.Gr	Gr.	Med.	Fina	M.Fina	grueso	fino		
A	0-9/15	0,1	0,5	0,9	10,6	11,5	29,2	29,9	17,3	30,0
Cgz	> 9/15	0,0	0,4	0,3	14,1	18,7	33,1	17,2	16,2	12,0

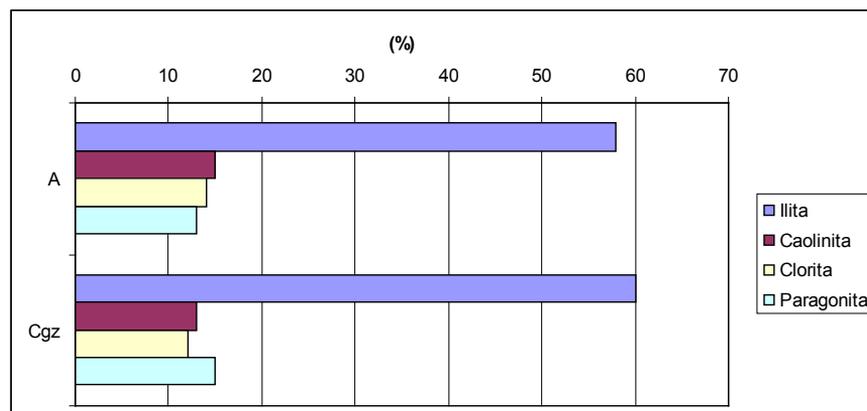
Hor.	pH (H ₂ O)	Bases y capacidad de cambio (cmol _c kg ⁻¹)					CIC (%)	Na ⁺ /T (%)	V (%)	CE (dS m ⁻¹)
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S				
A	8,2	5,61	2,42	0,61	0,09	8,73	8,62	7,1	sat.	1,80
Cgz	8,2	3,11	2,53	1,06	0,09	6,79	6,07	17,5	sat.	4,00

Hor.	CO (%)	N (%)	C/N	P ₂ O ₅ K ₂ O (mg 100g ⁻¹)		CaCO ₃ (%)	Humedad (%)		
				33 KPa	1500 KPa		A.Útil		
A	0,60	0,06	10,0	29	8	1,5	32,02	7,56	20,20
Cgz	0,35	0,03	10,9	2	5	1,1	30,24	6,19	15,18

Mineralogía total (%)

Hor.	Cuarzo	Filosilic.	Calcita	Dolom.	Yeso	Otros
Ap	49	28	12	9	2	-
C	51	19	14	11	5	Goet.

MINERALOGÍA DE ARCILLAS



La explotación minera: características y antecedentes

La explotación de las minas de Alquife (Figura 18) está situada en el sector nororiental de la provincia de Granada en los términos municipales de Alquife, Lanteira, Aldeire, y Jérez del Marquesado, cuatro de los ocho municipios que componen la comarca del Marquesado del Zenete.

Debido a que se encuentra en una zona de contacto entre dos formaciones de orogénesis muy distinta (Sierra Nevada y la Depresión de Guadix-Baza) se distinguen dos grandes grupos de materiales:

1) Materiales sedimentarios neógenos postorogénicos que se depositaron en la Depresión de Guadix-Baza durante el Mioceno Superior (dichos materiales han sido previamente descritos).

2) Materiales del complejo Nevado-Filábride. Se trata de un manto de cabalgamiento compuesto de materiales paleozoicos plegados y reactivados durante la orogénesis Alpina (Mioceno Superior) que aflora en el núcleo de Sierra Nevada. El manto tectónico superior del complejo Nevado-Filábride está compuesto por mármoles calcíticos y dolomíticos triásicos donde aparecen importantes mineralizaciones de Fe estratoligadas (Figura 19). La mayor parte de estas mineralizaciones están constituidas por óxidos e hidróxidos de Fe, principalmente, hematites y goethita las cuales han sido objeto de explotación en las minas de Alquife (Torres-Ruiz 1992).



Figura 18. Minas de Alquife.

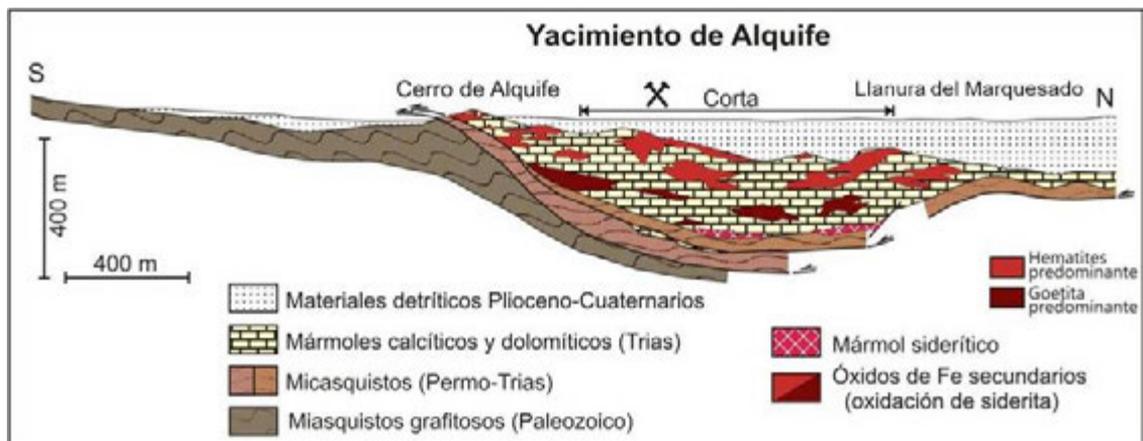


Figura 19. Corte geológico del yacimiento de Fe de Alquife (Informe Interno de Minas de Alquife S.L., modificado de Torres-Ruiz 1983).

Aunque los primeros vestigios de la explotación minera en la comarca del Marquesado del Zenete datan del s. IV a.C., estos se situaron en yacimientos filonianos del complejo Nevado Filábride donde la presencia de Cu y Ag desplazaron en un primer lugar al Fe. Fue en el s.XI, durante las épocas Omeya y Taifas, cuando el Fe tomó protagonismo y la actividad minera se concentró en la explotación del Cerro de Alquife, donde el mineral afloraba en la superficie (Martín Civantos 2008). Tras la Reconquista (1489) comenzaron las labores semisubterráneas, sin embargo, el gran auge de la Comarca minera se inició a finales del s.XIX gracias a la construcción del enlace ferroviario Guadix-Almería en 1895 y a la inauguración del "Cable Inglés" en 1904 (Cohen, 1987). La elevada riqueza del mineral (50-54% de ley en Fe), favoreció que las minas de Alquife, a un centenar de kilómetros del puerto de Almería, lugar de embarque del mineral, fuera entre las más productivas del continente europeo.

Hasta 1929 la extracción del mineral se realizó mediante la excavación de galerías subterráneas. Pero en esta fecha, la Compañía Andaluza de Minas inició la extracción del mineral a cielo abierto

y posteriormente (1963), las galerías quedaron inutilizadas. La capacidad de producción incrementó anualmente hasta alcanzar 3,5 a 3,7 millones de toneladas anuales. En 1996, cesó la explotación debido a una bajada muy importante del precio del metal que la hizo inviable.

El gran volumen de residuos acumulados es una de las principales preocupaciones ambientales en las explotaciones mineras abandonadas. En este sentido en los últimos años se han promovido alternativas con el objeto de caracterizar, restaurar y aumentar la productividad del suelo degradado, al tiempo que se fomenta una disposición adecuada de los residuos. En las minas de Alquife los residuos pueden clasificarse en dos categorías: 1) los lodos mineros y 2) la escombrera

Los lodos mineros

Existen ocho balsas que se sitúan entre la escombrera y la rambla de Alquife sobre las que se vertían los lodos provenientes de las plantas de tratamiento del mineral (separación en medio denso, clasificación hidráulica o separación electromagnética de alta intensidad) (Figura 20).



Figura 20. Balsa de lodos y la escombrera al fondo.

La Tabla 1 muestra algunas propiedades de los lodos. Se trata de un subproducto de carácter básico y textura arcillosa con elevado contenido en Fe (45,2%) del cual el 97% se encuentra en forma de óxidos. El contenido total de elementos traza es bajo y no representa riesgo ambiental (datos no mostrados) (Sevilla-Perea 2014).

Tabla 1. Propiedades físico-químicas y contenido total de elementos en lodos de las minas de Alquífe

Propiedad	Valor	Propiedad	Valor
Arena (%)	5	PO ₄ -P (mg kg ⁻¹)	< l.d.
Limo (%)	20	CO ₃ (%)	1,85
Arcilla (%)	75	Fe _{ox} (%)	43,9
pH	8,5	Mn _{ox} (%)	0,6
CE (dS m ⁻¹)	0,14	Fe (%)	45,2
CO (%)	0,04	Mn (%)	4,2
N _{Total} (%)	< l.d.	Al (%)	0,4

CE: conductividad eléctrica; CO: carbono orgánico; Fe_{ox}: óxidos de Fe; Mn_{ox}: óxidos de Mn.

Trabajo experimental

Los óxidos e hidróxidos de Fe pueden proporcionar una superficie adecuada para la adsorción de compuestos orgánicos, contribuyendo a la estabilización química del C orgánico y al aumento de su tiempo de residencia en el suelo. La estabilización mediante las asociaciones órgano-minerales se reconoce como un importante mecanismo responsable de la formación de agregados en el suelo (Kögel-Knabner et al. 2008). En este sentido, se evaluó la capacidad del Lodo-minero para adsorber compuestos orgánicos mediante ensayos en batch usando ácido gálico como adsorbato. La variación del espectro de absorción ultravioleta (UV) de ácido gálico en presencia de cantidades crecientes de lodo de la mina sugiere la adsorción del compuesto orgánico en la superficie del lodo (Figura 21).

Tras estos resultados preliminares, el lodo-minero fue usado como aditivo en el diseño de enmiendas para mejorar la estabilización y protección del C orgánico en suelos degradados (Hernández-Soriano 2013).

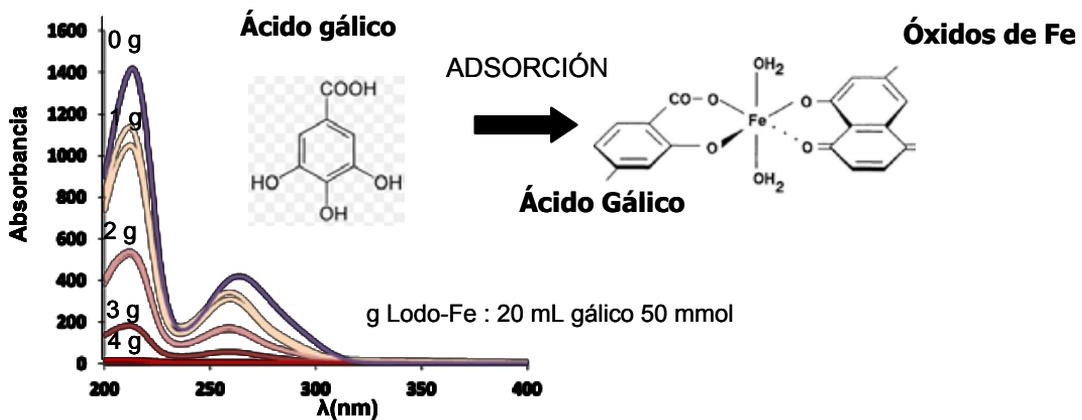


Figura 21. Variación del espectro de absorción ultravioleta (UV) del ácido gálico en presencia de cantidades crecientes de lodo de la mina.

La escombrera

La escombrera emerge dominando la Llanura del Marquesado con un aspecto, aparentemente ordenado, en forma de meseta o altiplano (Figura 22). Su altura media es de 80 m sobre la superficie del terreno y ocupa una extensión de 260 ha. Según la WRB (2014), el suelo de la escombrera se clasifica como Technosol spólico.



Figura 22. Escombrera de las minas de Alquife sobre los Llanos del Marquesado.



Figura 23. Erosión en la escombrera.

Los estériles acumulados en la escombrera son: de naturaleza detrítica, principalmente aluviones y material de relleno del Cuaternario; carbonatada, compuestos por restos de mármoles del Triásico que constituían la roca encajante del mineral y finalmente, restos de mineral de baja ley (hematita y goethita, principalmente). La Tabla 2 muestra las propiedades físico-químicas más relevantes del suelo de la escombrera, las cuales indican que se trata de sustrato degradado (Sevilla-Perea 2014). Las limitaciones físicas se deben principalmente a la elevada concentración de fragmentos gruesos (39,6%) y arena (66,5%), así como baja capacidad de campo (17,3%) y elevada compactación (1,7 g cm⁻³). La erosión en los taludes queda patente mediante la presencia de regueros y cárcavas (Figura 23). Por otra parte, el suelo presenta baja calidad agroquímica debido a la despreciable capacidad de intercambio catiónico (2,2 cmol₊ kg⁻¹) y bajos niveles de N y P dis-

ponibles (< 7 mg kg⁻¹). Es ampliamente conocido que dicho deterioro se relaciona principalmente con un severo déficit en CO (2,32 g kg⁻¹). Por el contrario, el pH básico (8,1), la despreciable salinidad (0,14 dS m⁻¹) y la baja concentración de elementos traza (Tabla 4.3) no obstaculizan el desarrollo de la vegetación, como ocurre en la mayoría de escombreras de minas. Sin embargo, el contenido en Fe y Mn supera hasta 4,6 y 9,0 veces, respectivamente, la concentración media de estos elementos en la corteza terrestre lo cual podría causar toxicidad en la vegetación. Los elementos traza se encuentran presentes en niveles inferiores a los valores máximos admisibles para suelos no contaminados en Andalucía (Tabla 3), excepto el As que lo supera ligeramente. No obstante, el suelo de la escombrera se encuentra enriquecido moderadamente en Cd > Zn > Ni > Cu > Pb respecto a los niveles de fondo en suelos de la provincia de Granada (Tabla 4.3).

Tabla 2. Propiedades físico-químicas del suelo de la escombrera (0-15 cm) (n=20).

Propiedad	Media	Máximo	Mínimo	Propiedad	Media	Máximo	Mínimo
Grava (%)	39,6	47,6	25,5	N _{Total} (g kg ⁻¹)	0,88	1,45	0,05
Arena (%)	66,5	75,3	54,3	N _{Disp} (mg kg ⁻¹)	3,26	5,70	1,65
Limo (%)	26,7	36,2	17,5	P _{Total} (mg kg ⁻¹)	477	732	30,0
Arcilla (%)	6,76	9,49	5,10	P _{Disp} (mg kg ⁻¹)	6,9	12,6	1,9
CC (%)	17,3	21,2	14,1	Fe _{Total} (g kg ⁻¹)	175	399	47,9
pH	8,1	8,5	7,6	Mn _{Total} (g kg ⁻¹)	5,39	22,5	0,68
CE (dS m ⁻¹)	0,14	0,30	0,06	Al _{Total} (g kg ⁻¹)	21,2	33,8	2,98
CO (g kg ⁻¹)	2,32	3,88	1,60	Fe _{Ox} (g kg ⁻¹)	106	264	23,0
CIC (cmol ₊ kg ⁻¹)	2,2	3,9	0,8	Mn _{Ox} (g kg ⁻¹)	4,90	17,7	0,50
CO ₃ (g kg ⁻¹)	78,3	283	2				

CC: capacidad de campo; CE: conductividad eléctrica; CO: C orgánico; P_{Disp}: P disponible (PO₄-P); N_{Disp}: N disponible (NO₃-N + NH₄-N); CIC: capacidad de intercambio catiónico; CO₃: carbonatos; Fe_{Ox}: óxidos de Fe; Mn_{Ox}: óxidos de Mn.

Tabla 3. Contenido total de elementos traza (mg kg⁻¹) de la escombrera (0-15 cm) (n=20)

	Media	Máximo	Mínimo	Suelos contaminados ^a	Valor fondo local ^b	Valor fondo europeo ^c
As	44	74	< l.d	36	7,9	11.6
Cd	1,1	2,9	< l.d	25	0,3	0,09
Cr	46	84	35	10000	44	22
Cu	35	46	26	595	20,4	12
Ni	37	59	10	1530	19,8	14
Pb	21	26	12	275	17,1	15
Zn	87	127	39	10000	37,1	48

l.d.: límite de detección (1 mg kg⁻¹).

^a Decreto 18/2015, por el que se aprueba el reglamento que regula el régimen aplicable a los suelos contaminados en Andalucía

^c Concentración total (mediana) en suelos de la provincia de Granada (Díez et al. 2009)

^d Concentración total (mediana) de los suelos en Europa (Salminen et al. 2005)

Mediante análisis de conglomerados (Figura 24), los puntos de muestreo se separaron en dos grupos bien diferenciados (Sevilla-Perea 2014).

Grupo A: puntos caracterizados por mayores valores de capacidad de intercambio catiónico, N_{Total}, P disponible y CO₃, y un bajo contenido en CO₃, Fe_{ox}, Mn_{ox}. Aunque globalmente el suelo de la escombrera presenta una baja calidad, sin embargo, en esta zona, el conjunto de indicadores evaluados

podrían indicar una mayor capacidad para el desarrollo de la vegetación.

Grupo B: puntos caracterizados, principalmente, por un alto contenido en Fe_{ox}, Mn_{ox} y CO₃. Corresponde al material de la roca madre de donde se extraía el mineral y a restos de mineral de baja ley. Es un sustrato esencialmente mineral con poca capacidad para el sustento de la vegetación.

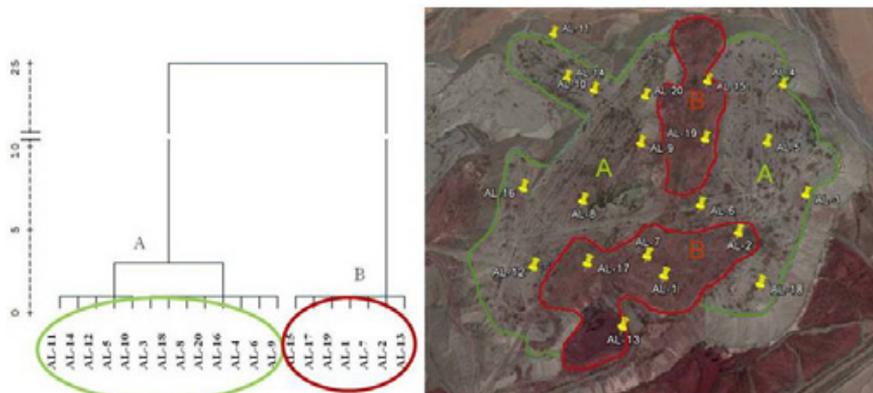


Figura 24. Dendrograma (izquierda) que agrupa los puntos muestreados de acuerdo a las características químicas del suelo y agrupación de los puntos de muestreo en la superficie de la escombrera (derecha).

Aunque las condiciones en la escombrera son desfavorables, no se trata de un ambiente que impida drásticamente el crecimiento de la vegetación. Esto ha permitido el desarrollo de una comunidad colonizadora que ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de la escombrera y su altura media es de 25 cm (Figura 25). La distribución de la vegetación no es homogénea, existen zonas donde es más densa "islas de fertilidad" y alcanza hasta un 80% de cobertura, mientras que otras permanecen totalmente desnudas. La comunidad constituye una fase de sustitución del encinar y pertenece a la asociación *Artemisio glutinosae-Santolinetum canescentis* (Peinado y Martínez Parras 1984), si bien se encuentra muy empobrecida. Adicionalmente, un muestreo de

raíces y suelo rizosférico realizado en 16 puntos distribuidos azarosamente por la superficie de la escombrera (Sevilla-Perea, 2014) indicó que: 1) sólo el 59% de los puntos muestreados presentaron raíces con estructuras propias de la colonización micorrícica; 2) el porcentaje de colonización de las raíces infectadas fue inferior al 10%; y 3) no se encontró propágulo micorrícico alguno en el suelo rizosférico. La simbiosis de las plantas con los hongos micorrícicos es fundamental para favorecer su adaptación a ecosistemas semiáridos degradados con baja disponibilidad de nutrientes. Así, la ausencia de colonización micorrícica bien establecida podría crear una situación de vulnerabilidad en la vegetación colonizadora de la escombrera.

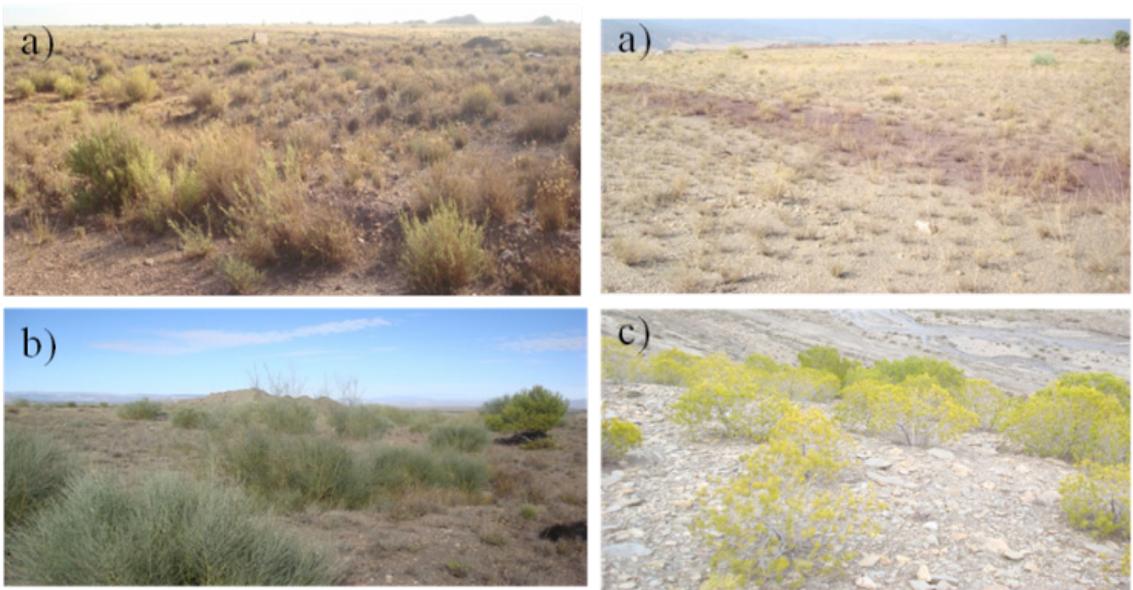


Figura 25. a) Aspecto general de las zonas de la escombrera con vegetación. b) Ejemplo de una "islas de fertilidad". c) Aspecto raquítico de algunos ejemplares de pinos plantados por la Compañía Andaluza de Minas en 1990.

Trabajo experimental

Se llevó a cabo un ensayo de campo preliminar utilizando: 1) compost de lodo de depuración de aguas residuales y restos de poda del olivo y 2) un biofertilizante comercial que contenía propágulos de hongos micorrícicos. Se evaluó la capacidad de estos enmendantes para solventar las principales limitaciones que dificultan el crecimiento de la vegetación en la escombrera, particularmente, en la zona que comprende los materiales ricos en Fe_{Ox} y Mn_{Ox} (Sevilla-Perea y Mingorance 2015).

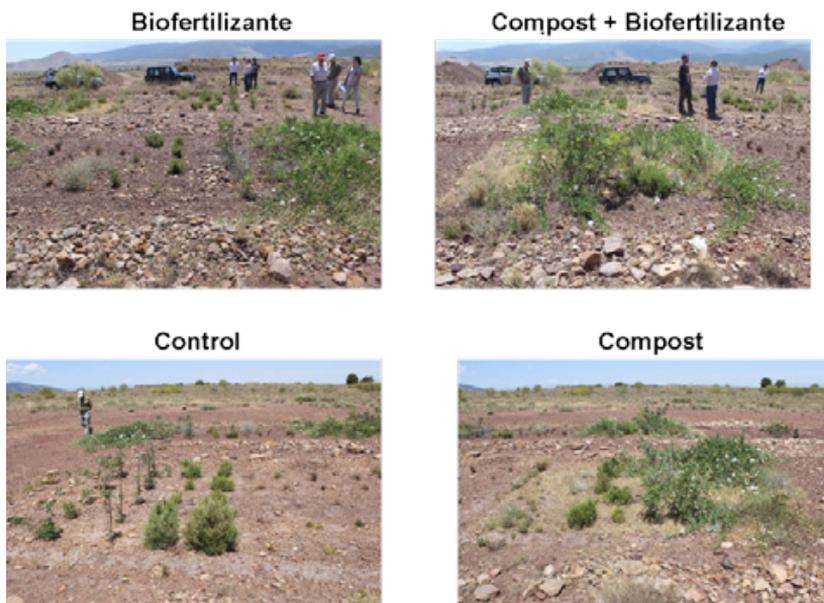


Figura 26. Aspecto de las parcelas 4 años y 6 meses después de la plantación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bosque Maurel J. 1971. Granada, la tierra y sus hombres. Depto. de Geograf. Facul. de Letras. Univ de Granada. p. 106-121.
- Cohen A. 1987. El Marquesado del Zenete, tierra de minas. Transición al capitalismo y dinámica demográfica (1870-1925), Diputación Provincial de Granada, Granada, España.
- Díez M, Simón M, Martín F, Dorronsoro C, García I, Van Gestel CAM. 2009. Ambient trace element background concentrations in soils and their use in risk assessment. *Science of the Total Environment*. 497:4622-4632.
- Fernández Martínez J, Vera Torres JA, Viseras Alarcón C. 2004. Las cuencas neógenas postorogénicas. En: Rodríguez Iglesias F, editor. Proyecto Andalucía. Tomo XXVI: Geología II. Capítulo 8. Publicaciones Comunitarias - Grupo Hércules, Sevilla. p. 329-376.
- Hernández-Soriano MC, Sevilla-Perea A, Kerré B, Mingorance MD. 2013. Capítulo 8: Stability of organic matter in anthropic soils: a spectroscopic approach. In: Hernández-Soriano MC, editor. Soil processes and current trends in quality assessment. InTech-Open Access Publisher in Science, Technology and Medicine. p. 231-247.
- Kögel-Knabner I, Guggenberger G, Kleber M, Kandeler E, Kalbitz K, Scheu S, Eusterhues K, Leinweber P. 2008. Organo-mineral associations in temperate soils: Integrating biology, mineralogy, and organic matter chemistry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 171:61-82.
- Martín Civantos JM. 2008. La minería medieval en el Zenete (Granada). En: Cara L y Vázquez Guzmán JP, editores. La minería preindustrial en Almería y el sudeste. Instituto de Estudios Almerienses, Almería, España. p. 55-85.
- Martínez EJ. 1991. Estudio edáfico de la Hoja de Guadix 1011. Evaluación y uso de los suelos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Molero Mesa J, Pérez Raya F, Valle F. 1992. Parque Natural de Sierra Nevada: Paisaje, fauna, flora e itinerarios. Editorial Rueda. Madrid.
- Peinado M, Martínez-Parras JM. 1984. Sobre la Clase Pegano-Salsoletea: *Helichryso-Santolinetalia* Ord. Nov. *Anuales Jardín Botánico de Madrid*. 40:437-444.
- Rivas Martínez S. 1987. Memoria del mapa de Series de Vegetación de España. I.C.O.N.A. Serie técnica. Madrid.
- Rivas Martínez S. 1996. Geobotánica y Bioclimatología. Discurso Investidura Dr. Honoris Causa. Universidad de Granada.



- Salazar C, Valle F. (coord.) 2004. Series de vegetación edafohigrófila de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Salminen R, Batista MJ, Bidovec M, Demetriades A, De Vivo B, De Vos W. et al. 2005. FOREGS Geochemical Atlas of Europe, Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Geological Survey of Finland, Espoo, Finland.
- Sevilla-Perea A. 2014. El uso de enmiendas para la recuperación de la escombrera de una mina de Fe abandonada (Alquife, sureste español). Incidencia sobre la calidad y productividad del suelo. Tesis Doctoral Universidad de Granada.
- Sevilla-Perea A, Mingorance MD. 2015. Field approach to mining-dump revegetation by application of sewage sludge co-compost and a commercial biofertilizer. *Journal of Environmental Management*. 158:95-102.
- Simón M, García I, Sánchez S. 1989. Evolución de los suelos durante el Cuaternario en el Piso Oromediterráneo Nevadense. Actas 2ª Reunión Nacional del Cuaternario Ibérico. Madrid.
- Soil Taxonomy 2014. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture (USDA) and Natural Resources Conservation Service (NRCS). 12ª edición.
- Torres-Ruiz J. 1983. Genesis and evolution of the Marquesado and adjacent iron ore deposits, Granada, Spain. *Economic Geology*. 78:1657-1673.
- Torres-Ruiz J. 1992. Los yacimientos estratoligados de hierro de las Cordilleras Béticas: El distrito del Marquesado del Zenete (Granada). En: García Guinea J y Martínez Frías J, editores. Recursos Minerales de España. C.S.I.C, Madrid, España. p. 571-584.
- Valle F. (ed.) 2003. Mapa de series de vegetación de Andalucía. Ed. Rueda.
- Valle F, Lorite J, Salazar C. 2007. Series de vegetación de Andalucía. Proyecto Andalucía. Naturaleza. Volumen XXII: 43.96. Ediciones Comunitarias. Hércules Ediciones.
- Vera JA. 1970. Estudio estratigráfico de la Depresión Guadix-Baza. *Bol. Geol. Min.* LXXXI (5):429-462.
- Viseras C, Soria JM, Durán JJ, Pla S, Garrido G, García-García F, Arribas A. 2006. A large-mammal site in a meandering fluvial context (Fonelas P-1, Late Pliocene, Guadix Basin, Spain). Sedimentological keys for its paleoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 242:139-168.
- WRB 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports 106. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome.

ITINERARIO 3

Contenidos

Visita a la Finca Experimental El Zahorí

Introducción

Objetivos del proyecto

Diseño experimental

Caracterización de la zona de estudio

Funcionamiento de la finca

Geología y relieve

Clima

Vegetación

Suelos

Perfiles de la zona de estudio

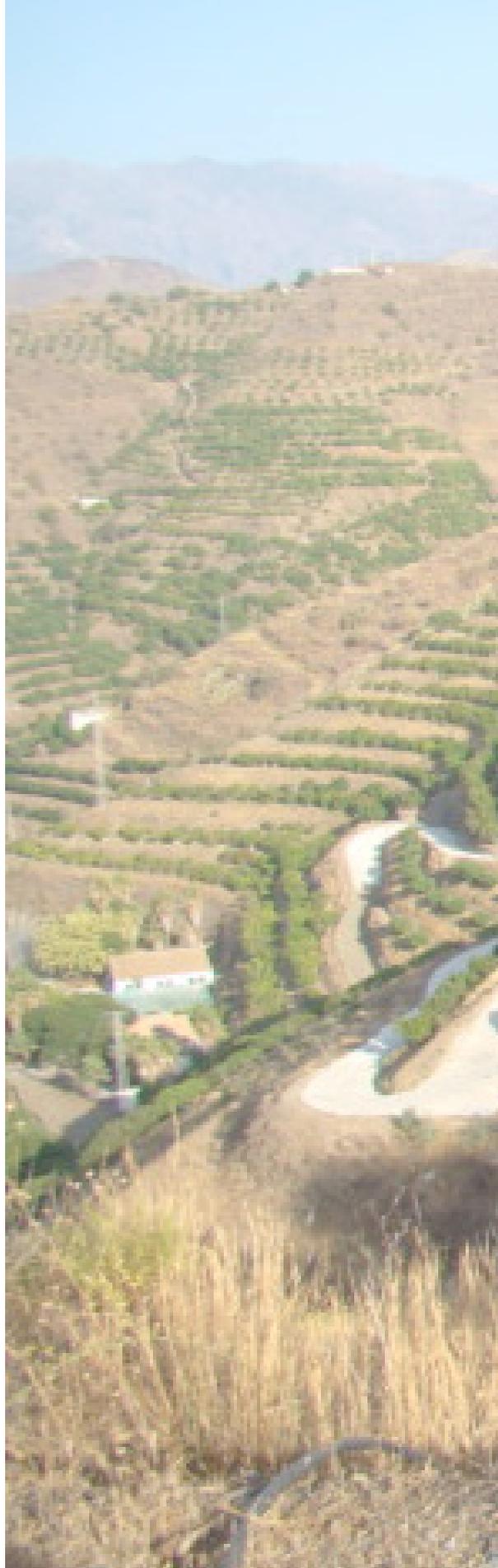
Resultados

Suelos

Restos de poda

Biomasa

Bibliografía



11 SEPTIEMBRE · ITINERARIO 3

FINCA EL ZAHORÍ

**APLICACIÓN DE RESTOS DE PODA
Y EVOLUCIÓN DE LOS SUELOS**

Itinerario 3
11/9/2015

CUADERNO DE CAMPO
XXX REUNIÓN DE SUELOS DE LA SECS · GRANADA · SEPTIEMBRE DE 2015

VISITA A LA FINCA EXPERIMENTAL EL ZAHORÍ (ALMUÑÉCAR, GRANADA)



Figura 1. Panorámica de la Finca Experimental "El Zahorí" (Almuñécar, Granada, SE España).

Esta excursión está dedicada a presentar las actividades científicas que se llevan a cabo en la actualidad en el marco del proyecto de investigación "Reutilización de restos agrícolas en suelos para la optimización de recursos en cultivos subtropicales", en el que participan la Universidad de Granada, la Universidad de Jaén y la Universidad de La Laguna. Este proyecto fue concedido por el Ministerio de Economía y Competitividad, dentro de la convocatoria 2013 de ayudas a Proyectos de I+D "Excelencia" del Subprograma de Generación de Conocimiento (Referencia: CGL2013-46655-R), y se extiende hasta diciembre de 2017.

La primera parada de esta excursión la dedicaremos a observar los suelos que se desarrollan sobre las superficies aterrazadas. Durante la segun-

da parada se hará una presentación del proyecto de investigación en curso y, finalmente, se dedicará una tercera parada a presentar los resultados preliminares más relevantes de estos estudios.

Las actividades que abarcan este proyecto de investigación se desarrollan en la finca experimental El Zahorí, situada cerca de la localidad de Almuñécar (Granada, SE de España). Esta explotación está gestionada por el Ayuntamiento de Almuñécar y constituye un excelente lugar de ensayo, ya que cuenta con las especies de cultivo y los manejos característicos de toda la costa tropical andaluza. Además, en esta finca experimental se realizan prácticas de empresa del Máster de Gestión, Conservación y Recuperación de la Biodiversidad de la Universidad de Granada (Figura 1).

La costa de Granada se caracteriza por unas condiciones climáticas especiales que han permitido la introducción de una agricultura intensiva de regadío basada en cultivos tropicales y subtropicales, entre los que destacan el aguacate (*Persea americana* Mill.), el mango (*Mangifera indica* L.), el chirimoyo (*Annona cherimola* Mill) y el litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Una parte importante de la producción se exporta a otros países europeos lo que, junto con la gran extensión que ocupan, los convierte en especialmente valiosos. Así, por ejemplo, de acuerdo con el Anuario Estadístico de Andalucía (2012), la extensión dedicada al cultivo del aguacate en Granada equivale casi al 30% de la extensión en toda Andalucía, mientras que el chirimoyo alcanza valores superiores al 92%.

El desarrollo de estos cultivos se ha enfrentado a dos problemas principales: el relieve accidentado y la escasez de agua de riego. Las frecuentes pendientes, a menudo muy inclinadas, incluso escarpadas, han condicionado que tradicionalmente en la zona se hayan realizado terrazas para el cultivo. Más recientemente, las estructuras agrícolas tradicionales de la zona han sido sustituidas por otras que incluyen terrazas de mayor tamaño, hechas con maquinaria pesada y que han provocado un gran impacto paisajístico. El aterrazado es una técnica agraria utilizada para acondicionar el terreno para el cultivo, recoger agua, reducir la erosión y las pérdidas de nutrientes (Posthumus and De Graaff 2005), haciendo útiles desde el punto de vista agrario determinados terrenos que de otra forma no lo serían. Las terrazas han transformado los agroecosistemas mediterráneos desde hace siglos, así como en muchos lugares del mundo (Treacy and Denevan 1994; Beach and Dunning 1995; Gardner and Gerrard 2003).

El cultivo de especies subtropicales en este tipo de ambientes presenta diversos problemas en el uso y aprovechamiento del agua de riego. La disponibilidad de agua es un problema de dimensiones globales, agravado en la cuenca mediterránea por las propias características de este

tipo de clima. En España, el uso del agua para agricultura supone un 80% del total del consumo (Ministerio de Medio Ambiente 2000). La disponibilidad de agua de riego afecta a la producción, el crecimiento y estado nutricional del árbol, así como a la dinámica del agua en el suelo. La baja disponibilidad se ha convertido en un problema en la costa andaluza en donde los acuíferos se han visto afectados por una sobreexplotación provocada por el incremento de la agricultura de riego subtropical (Calvache and Pulido 1990; Durán et al. 2004) unida a la expansión turística que supone un incremento considerable del consumo durante el verano, época en la que se produce también la floración y fructificación de la mayoría de las especies. Esto ha condicionado que la adopción de estrategias para incrementar la eficacia del uso de agua en la agricultura sea cada vez más necesaria. Una de estas estrategias consiste en disminuir las pérdidas de agua por evapotranspiración. La aplicación de restos de poda a la superficie del suelo contribuye, entre otras cosas, a evitar las pérdidas de agua por escorrentía (Findeling et al. 2003) y por evapotranspiración (Rathore et al. 1998), incrementando la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo (Ji and Unger 2001). De acuerdo con Zhang et al. (2009), la aplicación de restos de poda tiene efectos claramente positivos frente al cultivo convencional. Estos efectos son especialmente importantes bajo condiciones áridas y semiáridas. La alta capacidad para almacenar agua en suelos con mulching compuestos de restos de poda en sistemas de agricultura de conservación se atribuye al cambio en el contenido en materia orgánica y en la distribución y tamaño de los poros (Bescansa et al. 2006).

Para establecer los niveles adecuados de agua de riego es necesario conocer las características del suelo, las necesidades del cultivo y el aporte de agua efectiva en la zona (precipitación menos evapotranspiración). Por tanto, son necesarios estudios detallados dentro de cada área agrícola que tengan en cuenta todos estos parámetros.

Introducción

La productividad de los cultivos está ligada a determinadas operaciones culturales: poda, fertilización, riego, control de plagas, manejo del suelo, etc. Los sistemas de cultivo tradicionales están siendo revisados en los últimos años para enfrentar problemas ecológicos (cambio global, erosión, etc.) agronómicos (fertilidad del suelo, manejo de residuos, control de plagas, etc.) y económicos (costes del cultivo, inversiones, etc.). Dados los cambios a escala global que se están produciendo y la velocidad de los mismos, es de extrema importancia la práctica de una agricultura sostenible y respetuosa del medio natural. Los agricultores precisan de herramientas que les permitan la adaptación de los sistemas agrícolas tradicionales para conservar los recursos de agua y suelo, mantener la diversidad biológica reduciendo posibles fuentes de contaminación y fomentando el desarrollo de la producción.

La emisión de gases de efecto invernadero y el cambio climático son cuestiones importantes para la agricultura, ya que afectan a su producción potencial y porque determinadas prácticas agrícolas, como la quema de restos de poda, contribuyen en la emisión de dichos gases (Paustian et al. 2000). En 2011, The European Environmental Agency (EEA) estimó que la agricultura era la responsable del 10,3% de la emisiones de gases invernadero (European Environmental Agency 2011). Las técnicas agrícolas tienden a disminuir de forma considerable el contenido en carbono orgánico en el suelo y, sin embargo, la materia orgánica es clave en la calidad del suelo, en su fertilidad (Gregorich et al. 1994; Rhoton et al. 1993), mejorando las propiedades físicas del suelo (Reeves 1997) y sirviendo como fuente de nutrientes y energía para las poblaciones de microorganismos, hongos, invertebrados y lombrices de tierra (Birkhofer et al. 2008; Leroy 2008).

Por otro lado los suelos agrícolas pueden jugar un papel importante en la mitigación del cambio climático, ya que la reducción de las emisiones

de CO₂ pueden ser asimiladas al incremento de carbono secuestrado (Jarecki and Lal 2003). Se estima que el potencial de secuestro de C por actividades agrícolas en los suelos de Europa oscila entre 0,3 y 0,8 Mg C ha⁻¹ año⁻¹ (Smith 2008). Sin embargo las condiciones climáticas del área mediterránea incrementan el potencial de fijación de carbono de esta zona (Vleeshouwers and Verhagen 2002). Estudios realizados en cereal han señalado valores muy superiores con el cambio al no laboreo y el aporte de residuos al suelo (Hernanz et al. 2009). En olivar, Sofo et al. (2005) indicaron el papel de los restos de poda en la fijación de carbono y Nieto et al. (2010) señalaron incrementos en el contenido en carbono orgánico en suelos con restos de poda de 4 a 6 veces respecto a suelos desnudos en 6 y 10 años de manejo continuado. La restitución de los restos de poda en olivar mejora las propiedades químicas y físicas del suelo, con incrementos en los contenidos de potasio, materia orgánica y nitrógeno, y mejoras en la estructura con aumentos en la infiltración (Nieto 2011) y descensos de más del 70% en la pérdida de suelo por erosión con respecto al laboreo convencional (Nieto et al. 2013). A pesar de los estudios realizados en los últimos años relacionados con la fijación de carbono orgánico, faltan procedimientos simples pero rigurosos para estimar el potencial de secuestro de carbono de cultivos arbóreos o de sistemas agroforestales bajo diferentes condiciones ambientales, distintas prácticas de manejos de suelo, etc. (Nair and Nair 2014).

En la costa subtropical andaluza, concretamente en las provincias de Málaga y Granada, zonas con características climáticas adecuadas, se ha desarrollado un cambio de uso de suelo que ha generado la introducción de una agricultura intensiva de regadío basada en cultivos tropicales y subtropicales como el aguacate (*Persea americana* Mill.), el mango (*Mangifera indica* L.), el chirimoyo (*Annona cherimola* Mill) y el litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). El cultivo se realiza en una orografía muy accidentada y precisa terrazas. Como

en olivar, los restos de poda de estos cultivos están empezando a ser triturados y aplicados a las terrazas. Estos restos de poda pueden contribuir a mejorar la calidad del suelo, muy deteriorado en este cultivos, ya que la construcción de las terrazas ha modificado profundamente los horizontes y los ha empobrecido en materia orgánica. Hay poca información sobre el efecto de esta práctica agrícola en estos medios ya que aún no está muy generalizada. A nivel mundial, el clima en el que se realizan estos cultivos favorece una intensa mineralización de la materia orgánica, por lo que la capacidad de almacenar carbono en el suelo se ve muy restringida. Sin embargo, en las zonas de estudio, con temperaturas moderadas/altas todo el año pero con menores precipitaciones, cabe esperar que el proceso de mineralización ocurra a una velocidad diferente (Rodríguez et al. 2009).

Algunos autores (Navarro et al. 2010) han señalado que el efecto mulching de los restos vegetales sobre el suelo impide la germinación de numerosas semillas y favorece el desarrollo de otras debido al aporte extra de nutrientes, modificando así la flora. No se han encontrado trabajos sobre este efecto en cultivos subtropicales, pero puede resultar muy beneficioso si permite reducir la cantidad de herbicidas a utilizar y favorece la sustitución de las especies adversas por otras con propiedades tales como fijación de nitrógeno en el suelo o especies de denso enraizamiento que actúen de freno a la erosión.

La utilización de restos de poda en olivar se extendió lentamente debido a la reticencia de los agricultores que asocian esta práctica con la aparición de plagas como el barrenillo (*Phloeotribus scarabeoides*, Bern). Han sido necesarios varios estudios, y la difusión adecuada de los mismos, que han demostrado que estos coleópteros no pueden completar su ciclo reproductor cuando los restos de poda son triturados correctamente (Saavedra y Pastor 2002). Mango, aguacate y chirimoyo son proclives a padecer diversas plagas de hongos y otros patógenos (Farré et al. 1999), entre los que destaca por su importancia económica

la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) y el ácaro *Oligonychus perseae*. Cualquier modificación de los sistemas de cultivo debe tener previsto un sistema de control de los posibles patógenos.

Actualmente existen grandes áreas de jardines ligadas al desarrollo urbano y otras dedicadas al recreo que generan también importantes cantidades de residuos orgánicos. Bratkovich et al. (2008) estimaron que la cantidad de residuos de jardinería en EE.UU es más alta que la producción anual de los Bosques Nacionales. Este recurso está siendo considerado por su potencial para obtener energía renovable y sostenible (Shi et al. 2013), pero también ha sido considerado por otros autores debido a su potencial de secuestro de carbono y para el manejo sostenible de explotaciones forestales (MacFarlane 2009). Sin embargo estos restos orgánicos deben ser añadidos al suelo teniendo en cuenta que pueden modificar los microorganismos del mismo, suprimiendo unos y favoreciendo el desarrollo de otros (Bonanomi et al. 2010), por lo que la aplicación de los restos de poda exógenos a la plantación, como restos de jardines, debe realizarse bajo la supervisión de un análisis de la evolución de la calidad microbiana del suelo (Moeskops et al. 2012).

Otra cuestión a considerar es el ciclo de nutrientes restos/suelo/árbol/fruto, para intentar establecer los aportes nutritivos de los restos de poda. La mineralización del litter ha sido estudiada por varios autores en diversos tipos de climas, tropicales y subtropicales (Pandey et al. 2007), semiáridos (Tateno et al. 2007), templados (Lensing and Wilse 2007), y mediterráneos (Sirulnik et al. 2007). No obstante existen menos trabajos relacionados con la liberación de nutrientes en bosques (Teklay and Malmer 2004), y para restos de poda de diferentes tipos de cultivos (Chaves et al. 2004). Pero en general la mineralización y dinámica de nutrientes en cultivos arbóreos ha recibido escasa atención. Algunos estudios realizados en climas semiáridos en especies tales como *Vitellaria paradoxa* y *Parkia biglobosa* en

Burkina Faso (Bayala et al. 2005), señalan que la liberación de nutrientes no supe las necesidades nutritivas de los árboles, aunque contribuye a disminuirlas y a controlar las pérdidas por lavado y escorrentía. Rodríguez et al. (2009), en un ensayo realizado en la misma finca experimental que la que se propone este proyecto, concluyeron que el tiempo de mineralización de los residuos no cubría las necesidades de la plantación y era distinto en las diferentes especies ensayadas, tanto arbóreas como arbustivas. Señalaban, sin embargo, la importancia de los restos como protección frente a la erosión del suelo y como reserva de nutrientes. Un factor importante para estimar el proceso de mineralización del N en los residuos orgánicos es su composición bioquímica, además del contenido en N y la relación C/N, el contenido en fracción soluble en agua, hemicelulosa, celulosa, lignina y en polifenoles. La mayoría de los estudios realizados en este sentido han sido en cultivos de legumbres o pastos (Trinsoutrot et al. 2000). Estos resultados parciales parecen indicar que, para poder establecer los cambios asociados a la aplicación de restos de poda en el ciclo de nutrientes, es necesario tener en cuenta las condiciones ambientales, la composición química y bioquímica de los restos aportados, pero también las características químicas, físicas y biológicas del suelo, el efecto en el desarrollo de los árboles y en la calidad/cantidad de la cosecha.

El agua de riego es un factor limitante del cultivo en la costa subtropical andaluza. La expansión del turismo de la zona incrementa el consumo de agua en los meses de verano justo cuando la demanda de los cultivos también es mayor. La programación del riego es fundamental para obtener fruta de calidad y en ella debe tenerse en cuenta las necesidades de agua de los árboles, el factor suelo y las necesidades fisiológicas de la fruta. Varían de una especie a otra y son más abundantes en los meses de verano cuando los recursos hídricos son más escasos. Hay pocos estudios sobre programación de riego en esta región (Rodríguez 2009) y menos con aportes de

restos de poda que cabe esperar limiten la evaporación y optimicen el consumo de agua.

Objetivos del proyecto

Una de las principales diferencias entre medios naturales y cultivados es que la mayor parte de los nutrientes que se obtienen del suelo regresan al mismo en el caso de medios naturales y son retirados con la cosecha en medios cultivados. En cultivos arbóreos, algunos de los nutrientes asimilados regresan al suelo por la caída de las hojas o constituyen subproductos como restos de poda que se eliminan generalmente por combustión. Esta práctica agrícola, muy extendida en ambientes muy variados, constituye una pérdida importante de nutrientes y devuelve a la atmósfera el CO₂ secuestrado por los árboles mediante la fotosíntesis. Estos restos vegetales, triturados adecuadamente (Figura 2) y aportados en la superficie del suelo, pueden cambiar el ciclo de los nutrientes, restituyendo parte de las pérdidas y contribuyendo a la fijación de carbono orgánico en el suelo.



Figura 2. Aspecto de los restos de poda y de la trituradora utilizada.

El mulch originado tendría varios efectos reseñables que están siendo estudiados y evaluados, tales como:

- a) La atenuación de la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo por la disminución de la temperatura del mismo al reducir la incidencia directa de la radiación solar en superficie, aumentando el contenido en materia orgánica del suelo.
- b) La mejora de propiedades físicas del suelo como la estructura y la porosidad, que puede aumentar la capacidad de retención de agua.
- c) La reducción de la pérdida de agua por evaporación, lo que puede contribuir a la disminución de las dosis de riego y mejorar la gestión de este recurso natural, disminuyendo así los costes de producción.
- d) La disminución de la emergencia de malas hierbas que compiten por los recursos con el cultivo, contribuyendo a la mejora de la calidad ambiental al reducir el uso de plaguicidas.

Los objetivos generales de las actividades que se están desarrollando en la finca experimental El Zahorí son evaluar el efecto de la aplicación de restos de poda sobre la superficie del suelo en las propiedades físicas del mismo, el ciclo de nutrientes, la fijación de carbono orgánico, la evolución de la flora arvense, el control de plagas, la optimización de las dosis de riego y la calidad y cantidad de frutos recolectados.

Estos objetivos generales se pretenden alcanzar a partir de los siguientes objetivos específicos:

- 1) Estudiar las características edáficas de las parcelas seleccionadas en las diferentes localidades geográficas al inicio de la experiencia y su evolución en el tiempo con la aplicación de los restos de poda. Se están analizando las propiedades físicas y químicas de cada parcela al inicio de la experiencia y anualmente durante el tiempo que dura el proyecto.
- 2) Estudiar la humificación/mineralización de residuos de poda de aguacate, chirimoyo, mango y jardines en las distintas parcelas experimentales. Para ello se está utilizando una técnica de embolsado, que permite evaluar la tasa de descomposición y liberación de nutrientes de los diferentes tipos de restos seleccionados. El análisis bioquímico y químico de los restos se realiza con una periodicidad establecida de acuerdo con la velocidad de mineralización de cada parcela y/o tipo de residuo.
- 3) Estudiar la biodiversidad y actividad enzimática en los suelos de las diferentes parcelas seleccionadas. Para evaluar los cambios en los microorganismos del suelo se ha propuesto la utilización de técnicas de biogenómica.
- 4) Establecer la capacidad de fijación de carbono del suelo con los diferentes tipos de restos de poda y caracterizar las diferentes fracciones orgánicas mediante técnicas de fraccionamiento.
- 5) Evaluar la eficacia del aporte de restos de poda en la calidad de las plantaciones y en la producción de los cultivos. Para ello se realizan anualmente medidas dasométricas de los árboles y se cuantifica la producción total de las parcelas experimentales. También se llevan a cabo análisis foliares para establecer el estado nutritivo de los árboles.
- 6) Estudiar las diferencias en la composición de flora y biomasa en parcelas cubiertas con restos de poda y en parcelas desnudas. Se van a realizar ensayos con especies fijadoras de nitrógeno y especies fijadoras del suelo para evaluar su efecto sobre el incremento de la calidad del suelo y el control de la erosión.
- 7) Evaluar la calidad de la fruta y establecer el ciclo de nutrientes. Para ello, se está analizando el contenido en azúcares y la concentración de macro y micronutrientes en piel, hueso y pulpa de cada cosecha durante los años de duración del proyecto.

8) Estudiar el efecto de la aplicación de restos de poda en la humedad del suelo y en las dosis de riego. Para ello se han emplazado tubos de acceso para sondas de humedad y se realizan medidas periódicas a distintas profundidades en el suelo. Se están aplicando sistemas de riego de acuerdo con las dosis normales en las zonas de estudio y otras ajustadas a las necesidades de los árboles de acuerdo con las medidas realizadas.

9) Establecer el efecto de la aplicación de los restos de poda en las plagas, especialmente en

aquellas más frecuentes en este tipo de cultivos como el ácaro *Oligonychus perseae* (ácaro cristalino), y evaluar la eficacia de técnicas culturales específicas en el control de las mismas.

Para que esta técnica de adición de restos de poda sea aceptada por los agricultores y utilizada de forma generalizada debe demostrarse que no contribuye a la propagación de plagas, que aumenta la cantidad y la calidad de la producción condicionada por la mejora de la calidad del suelo y que reduce los costes económicos asociados al riego y al uso de herbicidas.

Diseño experimental

El diseño experimental incluye 60 parcelas de muestreo (3 especies x 5 tratamientos x 4 repeticiones x 1 planta) teniendo en cuenta que:

- Se realizan los ensayos con 3 especies: mango, chirimoyo y aguacate.
- Se aplican cinco tratamientos: restos de poda de las tres especies, restos de jardines y testigo (en este último el manejo actual es con el suelo desnudo).
- De cada ensayo se realizan 4 repeticiones.

Una representación esquemática del diseño del ensayo (para bancales con mango en este caso) puede observarse en la Figura 3.

Bancal 1	Mm1	Mj2	Ma3	Mm3	Ma1	
Bancal 2	Mc3	Mj1	Mc4	Ms4	Mc2	
Bancal 3	Mj4	Mm2	Mj3	Ms1	Mm4	
Bancal 4	Ms2	Ma4	Mc1	Ma2	Ms3	

Figura 3. Representación esquemática del diseño experimental. Ejemplo: 4 bancales. Total: 44 árboles. Siglas: Especie-Tratamiento-Repetición. Especie: M = mango; C = chirimoyo; A = aguacate. Tratamiento (restos): m = mango; c = chirimoyo; a = aguacate; j = jardines; s = sin tratamiento. Repetición: 1, 2, 3, 4 (eg. Ma2 = Mango - con restos de aguacate - repetición 2).

Caracterización de la zona de estudio



Funcionamiento de la finca

La finca experimental El Zahorí (36°48'00"N, 3°38'0"W) se encuentra ubicada a unos 7 km hacia el norte de la costa de Almuñécar (Granada, SE España), a 180 m a.s.l. (Rodríguez et al. 2011) (Figura 4). Está gestionada por el Ayuntamiento de Almuñécar y constituye un excelente lugar de ensayo, ya que cuenta con las especies y los manejos característicos de los cultivos tropicales y subtropicales en España y es un referente para los agricultores de la zona. La coordinación de las actividades en esta finca la realiza D. Jesús Ruiz Álvarez, técnico de medioambiente del Ayuntamiento de Almuñécar, y la dirección de los trabajos la lleva a cabo D. Dionisio Franco Tarifa.

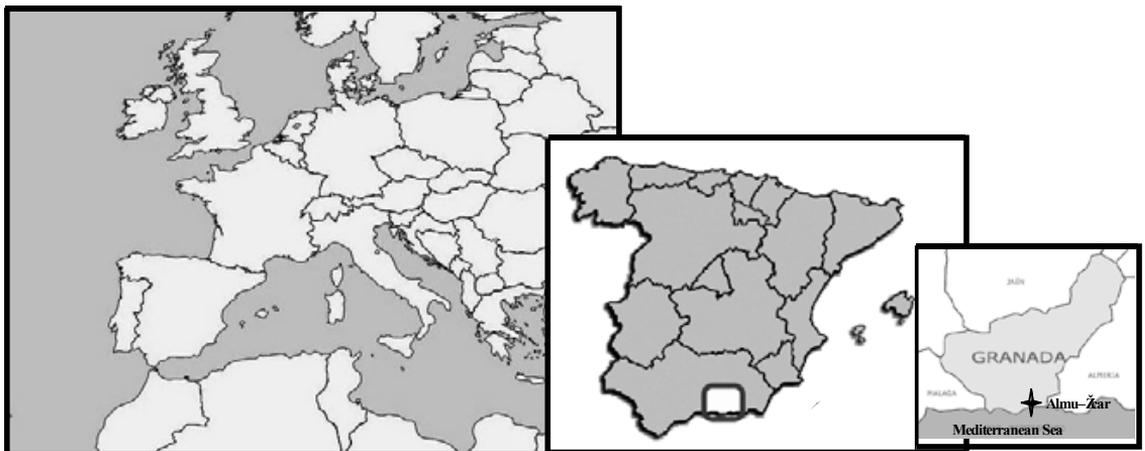


Figura 4. Localización de la zona de estudio (Almuñécar, Granada, SE España).

Las terrazas de cultivo presentan unos 160-170 m de longitud con una plataforma de 2-3 m y una altura de 3-5 m (Figura 5). El relieve es en muchos casos fuertemente inclinado, con pendientes superiores al 30%. Los árboles se plantan con densidades diferentes, de acuerdo con su tamaño y sus necesidades nutricionales e hídricas. Así por ejemplo, el mango ocupa unos 600 árboles/ha, el chirimoyo unos 280 árboles/ha y el aguacate 300 árboles/ha. Todos los árboles en la zona de experimentación son adultos, están libres de parásitos y en plena producción. El riego se realiza por goteo (seis, ocho o diez goteros en

cada árbol dependiendo de la especie) y durante los meses de invierno y primavera se realiza cada dos días y el resto de los meses se incrementa y se realiza diariamente. La cantidad de agua mensual por árbol se puede observar en la Tabla 1. Los nutrientes (N, P, K, aminoácidos, Zn, B, etc.) se aplican por fertirrigación. El control de malas hierbas se realiza mediante pases sucesivos de desbrozadora. Además, la finca dispone entre sus instalaciones de una estación meteorológica propia que se utiliza para la interpretación de los resultados de estos estudios.



Figura 5. Panorámicas del aterrazamiento en la Finca Experimental "El Zahori" (Almuñécar, Granada).

Tabla 1. Consumo de agua de cada especie estudiada por árbol y mes.

Meses	Consumo de agua de cada árbol (L)		
	Aguacate	Chirimoyo	Mango
Enero	960	768	576
Febrero	960	768	576
Marzo	960	768	576
Abril	960	768	576
Mayo	960	768	576
Junio	2240	1792	1344
Julio	2240	1792	1344
Agosto	2240	1792	1344
Septiembre	2240	1792	1344
Octubre	2240	1792	1344
Noviembre	2240	1792	1344
Diciembre	960	768	576

Geología y relieve

Desde el punto de vista geológico, el sector de Almuñécar se encuentra dentro de las zonas internas de las Cordilleras Béticas, en el complejo Alpujárride, situado sobre el complejo Nevado-Filábride y bajo el Maláguide (Sanz de Galdeano y López-Garrido 2003). Los depósitos aluviales, constituidos por gravas, limos y arenas, reposan en el área estudiada sobre un substrato paleozoico impermeable formado por esquistos oscuros y cuarcitas del Manto de Salobreña, aunque en el borde suroriental afloran esquistos grises biotíticos del Manto de la Herradura, desconociéndose la conexión entre ambos mantos bajo el aluvial (Rubio y Plata 2002).

El área se encuentra surcada por formaciones montañosas: en la parte noroccidental se sitúa la Sierra de la Almirajara, que se continúa más al sur con la de Cómpea; al NE la Sierra del Chaparral

y las últimas estribaciones de la Sierra de Lújar (Aguilar et al. 1986).

La evolución geológica de esta región comenzaría con el depósito de materiales del Paleozoico Inferior (Aldaya 1969). En el Paleozoico Inferior, el Complejo Alpujárride sufrió efectos de una orogenia y una etapa de metamorfismo regional que originó una primitiva cordillera. A esta orogenia le siguió un proceso de erosión que eliminó gran parte de los materiales de la cordillera, para en el Paleozoico Superior, depositarse una superficie de materiales de naturaleza cuarzo-arcillosa. Al llegar al Trías Medio, la sedimentación empezó a enriquecerse de carbonatos, perdiéndose el material previamente depositado cuarzo-arcilloso, que se transformó en un material completamente carbonatado. En el Trías Superior tuvo lugar una tectónica alpina precoz principalmente sobre calizas y dolomías.

La orogenia alpina se produjo a partir del Cretácico Superior y hasta el Oligoceno, provocando un corrimiento debido a un esfuerzo de compresión, que originó las líneas maestras de la composición estructural de las Sierras Béticas. La neotectónica postorogénica ha elevado el conjunto del relieve, rejuveneciéndolo y potenciando en él la actuación de sistemas erosivos y el profundo encajamiento de la red fluvial.

El proceso que más ha influido en el paisaje reciente de la zona han sido los períodos glaciares-interglaciares desde el Plioceno al Cuaternario, determinantes en la actividad erosiva. La erosión obtiene como resultado terrenos aterrazados y acumulación de derrubios fluviales a lo largo de la costa, con formación de los deltas que ocupan grandes extensiones de la zona, sobre todo muy representados por la Vega de Motril-Salobreña.

Clima

El clima de la zona de estudio es Mediterráneo subtropical (Elías y Ruiz 1977), con temperaturas de subtropicales a semicálidas. El régimen de humedad es xérico, caracterizado por escasas precipitaciones a lo largo del año, siendo la precipitación anual media de 449 mm. Durante el verano las precipitaciones son escasas, por lo que la escorrentía superficial es mínima sobre todo en los meses julio y agosto, mientras que los meses de diciembre y enero son los que presentan mayores valores de precipitación. La temperatura media anual es de 20,8 °C, con máximos en los meses de julio y agosto y mínimos en enero y febrero. La proximidad al mar y al sistema montañoso Penibético reduce la influencia de los vientos del norte y da como resultado un microclima único en Europa que lo hace adecuado para el cultivo de especies subtropicales (Frontana 1984)

Vegetación

Los restos de vegetación natural son muy escasos y aparecen restringidos a las zonas carbonatadas donde, debido a las fuertes pendientes y al escaso desarrollo de los suelos, no han sido desplazados por los cultivos y las repoblaciones forestales. El área objeto del presente estudio pertenece cronológicamente al sector Malacitano almijarense de la provincia Bética (Rivas Goday y Rivas Martínez 1971), apreciándose algunas características del sector Alpujarra gadorense, e incluso del Mediterráneo semiárido. En general se reconocen dos tipos de comunidades: las de naturaleza boscosa (*Quercetalia ilicis*) y las arbustivas de carácter heliófilo (*Pistacio-Rhamnetalia alaterni*).

En la zona de estudio domina en general extensas áreas de cultivo. Junto a los típicos cultivos hortícolas aparecen asociaciones de estos con frutales como albaricoques, naranjos, nísperos, aguacates, chirimoyos, etc. El chirimoyo constituye el cultivo frutal de mayor importancia, seguido del aguacate y el mango (Figura 6). La aparición de nuevas plantaciones en los últimos años ha provocado la proliferación del aterrazamiento. Otros cultivos típicos de la zona como el almendro y la vid están en regresión y son sustituidos por plantaciones de cultivo subtropical siempre que las condiciones lo permitan.



Figura 6. Cultivo de mangos en la finca "el Zahorí".

Suelos

Los suelos de la zona de estudio se desarrollan preferentemente sobre esquistos meteorizados, en pendientes muy variadas (30-60%). Tienen un bajo grado de desarrollo, varían en profundidad y algunos son rocosos, lo que les confiere un buen drenaje que resulta beneficioso para la construcción de las terrazas. La acumulación de material erosionado de las pendientes más pronunciadas genera suelos con algo más de profundidad, mayor de 60 cm, pero también con elevados contenidos de gravas y piedras. Presentan un color pardo en general en todos sus horizontes. La textura es gruesa y oscila entre franco arenosa y arenosa. La estructura es fina y varía de granular a migajosa, aunque en ocasiones puede llegar a bloques angulares en razón de su contenido de arcilla. El contenido en carbonatos es nulo o muy bajo y dado su poco espesor y su textura gruesa, presentan una reserva de agua útil muy baja, lo que origina unos periodos de sequedad prolongados. El contenido en nutrientes es bajo, como ocurre con la capacidad de cambio, estando el complejo de cambio totalmente saturado y siendo el Ca el catión dominante. Los valores de pH suelen estar entre 7 y 8, dependiendo del contenido en carbonatos (Aguilar et al. 1986).

El suelo característico de la zona es un Xerorthent típico (Soil Survey Staff 2014) y un Regosol eútrico (IUSS Working Group WRB 2014). La textura es franco arenosa (con 684 g kg^{-1} de arena, 235 g kg^{-1} de limo y 81 g kg^{-1} de arcilla), el contenido en materia orgánica y nitrógeno es bajo ($9,4 \text{ g kg}^{-1}$ y $0,7 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente), así como de otros nutrientes como el fósforo ($14,6 \text{ mg kg}^{-1}$), y el potasio asimilable ($178,7 \text{ mg kg}^{-1}$). Tanto la textura como el resto de características coinciden con las de numerosas explotaciones de la comarca.

A continuación se describen las características macromorfológicas y analíticas de dos perfiles de la zona de estudio, de acuerdo con los estudios de Aguilar et al. (1986). La foto que acompaña al primer perfil descrito no se corresponde con el mismo sino que es el perfil que se puede observar en la Finca Experimental "El Zahorí" (Parada 1).

PERFIL 1

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLOGICAS

Localización: Carretera Almuñécar-Granada, NE Cortijo El Trapiche

Coordenadas U.T.M.: 4399-40707

Altitud: 180 m

Posición fisiográfica: Pendiente en V abierta hacia el valle de Río Verde

Topografía circundante: Montañoso

Pendiente: Escarpado (30%, Clase 5)

Vegetación o uso: Cultivo de chirimoyos, nísperos y almendros

Material original: Micaesquistos con granates

Drenaje: Bien drenado (Clase 4) y mal drenado en profundidad (Clase 2)

Condiciones de humedad: Húmedo desde los 10 cm

Pedregosidad: No pedregoso (Clase 0)

Afloramientos rocosos: Ninguno (Clase 0)

Salinidad en superficie: No

Clasificación: **Regosol eútrico** (IUSS Working Group WRB 2014). **Xerorthent típico** (Soil Survey Staff 2014)



DESCRIPCIÓN

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
O	2-0	Capa de hojarasca y restos vegetales sin descomponer.
Ah	0-10	Color pardo (10YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo. Estructura granular fina y muy fina. Textura franco-arenosa. No plástico, no adherente, sin cútanos. Abundantes poros. No calizo. Frecuentes fragmentos rocosos de tamaño grava. Sin nódulos. Raíces muy abundantes, medianas, finas y muy finas. Límite inferior brusco y plano.
Bw	10-20	Color pardo (10YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo. Estructura granular fina y débil. Textura franco-arenosa. No plástico, no adherente, muy friable. Aumenta la cantidad de grava respecto al horizonte anterior. No calizo. Raíces escasas. Límite inferior difuso.
C	> 20	Formado por micaesquistos de facies melanocratas, alterados. Estructura de roca. Se ha profundizado hasta los 55 cm.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Arenas (%)				Limo (%)				Arcilla (%)	Unifed (%)	CaCO ₃ (%)
		Muy gruesa	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino				
Ah	0-10	7,8	14,3	13,3	14,4	18,4	9,7	9,0	13,0	38,8	-	
Bw	10-20	6,1	10,1	11,2	12,2	20,3	10,2	12,4	18,1	51,0	-	

												Humedad (%)				
												pH	P ₂ O ₅ (mg/ 100 g)	K ₂ O (mg/ 100 g)	1/3 atm	15 atm
Bases y Capacidad de Cambio (cmol _c /kg)																
Hor.	CO (%)	N (%)	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CIC	V (%)	H ₂ O	KCl					
Ah	1,48	0,13	10,8	1,25	0,43	0,10	0,20	1,9	99	7,1	6,8	6,9	9,4	18,37	5,96	
Bw	0,96	0,12	7,8	0,75	0,21	0,05	0,05	1,1	98	7,1	6,9	5,1	2,4	32,33	25,83	

PERFIL 2

Itinerario 3
11/9/2015

CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLOGICAS

Localización: Ladera del Cerro de la Capellanía

Coordenadas U.T.M.: 4351-40688

Altitud: 140 m

Posición fisiográfica: En ladera

Topografía circundante: Colinado con cerros altos

Pendiente: Escarpado (30%, Clase 5)

Vegetación o uso: Pastizal muy claro

Material original: Esquistos grises biotíticos

Drenaje: Bien drenado (Clase 4)

Condiciones de humedad: Seco

Pedregosidad: No pedregoso (Clase 0)

Afloramientos rocosos: Ninguno (Clase 0)

Salinidad en superficie: No

Clasificación: **Regosol eútrico** (IUSS Working Group WRB 2014). **Xerorthent típico** (Soil Survey Staff 2014)

CUADERNO DE CAMPO
XXX REUNIÓN DE SUELOS DE LA SECS - GRANADA - SEPTIEMBRE DE 2015

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
A	0-18	Color gris pardo claro (10YR 6/2) en seco y pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo. Estructura migajosa, débil, suelta. Textura arenosa. No plástico, friable, no adherente, sin cútanos. Frecuentes poros intersticiales. Frecuentes fragmentos rocosos de tamaño grava. Sin nódulos. Raíces abundantes, medianas, finas y muy finas. Límite inferior neto.
C	> 18	Color pardo pálido (10YR 6/3) en seco y pardo (10YR 5/3) en húmedo. Estructura de roca. Textura arenosa. Sin cútanos. Sin nódulos. Escasísimas raíces. Se ha profundizado hasta 50 cm.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Arenas (%)				Limo (%)				Arcilla (%)	Unified (%)	CaCO ₃ (%)
		Muy gruesa	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino				
A	0-18	9,4	9,4	5,6	10,3	16,3	38,7	4,5	5,8	57,3	0,6	
C	> 18	9,4	12,9	8,3	14,9	16,1	18,7	13,5	6,2	48,0	0,4	

Hor.	CO (%)	N (%)	C/N	Bases y Capacidad de Cambio (cmol _c /kg)					V(%)	pH	H ₂ O	KCl	P ₂ O ₅ (mg/100 g)		K ₂ O (mg/100 g)		Humedad (%)	
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CIC					1/3 atm	15 atm				
A	0,69	0,06	11,1	Sat.	3,00	0,22	0,19	10,5	100	7,0	6,1	4,6	8,9	20,54	3,83			
C	0,30	-	-	Sat.	2,83	0,30	0,15	9,9	100	7,1	6,7	3,2	7,0	21,84	4,05			

Resultados

Suelos

Los restos de poda de aguacate, chirimoyo, mango y jardines se enterraron en octubre de 2012 en bolsas (Figura 7) y se tomaron muestras de los primeros 10 cm del suelo inmediatamente debajo de las bolsas. En las Tablas 2 y 3 se muestran los datos de algunos parámetros químicos de estos suelos en 2012. Estos datos se compararán con los obtenidos en la campaña de otoño de 2015 para evaluar su evolución con el tiempo.



Figura 7. Bolsas con los restos de poda aplicados sobre el suelo.

Tabla 2. Valores medios de carbono (C), carbono orgánico (CO), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), relación de carbono nitrógeno (C/N) y significación de cada parámetro en los suelos de cada uno de los seis tratamientos con restos de poda en el momento de enterrar los restos (2012).

Las muestras fueron analizadas por triplicado. $P < 0,05$. AA: suelos bajo restos de poda de aguacate sobre cultivos de aguacate; CC: suelos bajo restos de poda de chirimoyo sobre cultivo de chirimoyo; MM: suelos bajo restos de poda de mango sobre cultivos de mango; JA: suelos bajo restos de poda de jardines sobre cultivo de aguacate; JC: suelos bajo restos de poda de jardines sobre cultivo de chirimoyo; JM: suelos bajo restos de poda de jardines sobre cultivo de mango.

	C (%)	CO (%)	MO (%)	N (%)	C/N
AA	3,51 ± 0,51	4,51 ± 0,51	5,41 ± 1,02	0,21 ± 0,03	14,69 ± 0,49
CC	1,52 ± 0,34	2,13 ± 0,48	3,18 ± 0,69	0,09 ± 0,04	12,86 ± 1,81
MM	0,99 ± 0,01	1,53 ± 0,48	2,00 ± 0,02	0,09 ± 0,04	12,86 ± 1,81
JA	2,12 ± 0,30	3,01 ± 0,3	4,28 ± 0,60	0,15 ± 0,02	13,46 ± 0,34
JC	0,84 ± 0,13	1,23 ± 0,13	1,69 ± 0,27	0,6 ± 0,01	15,13 ± 1,06
JM	0,68 ± 0,17	0,68 ± 0,17	1,36 ± 0,34	0,07 ± 0,02	9,79 ± 0,63
Sig. (P)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014

Tabla 3. Valores medios de bases de cambio, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y significación de cada parámetro en los suelos de cada uno de los seis tratamientos con restos de poda en el momento de enterrar los restos (2012).

Las muestras fueron analizadas por triplicado. $P < 0,05$. AA: suelos bajo restos de poda de aguacate sobre cultivos de aguacate; CC: suelos bajo restos de poda de chirimoyo sobre cultivo de chirimoyo; MM: suelos bajo restos de poda de mango sobre cultivos de mango; JA: suelos bajo restos de poda de jardines sobre cultivo de aguacate; JC: suelos bajo restos de poda de jardines sobre cultivo de chirimoyo; JM: suelos bajo restos de poda de jardines sobre cultivo de mango.

	Ca (cmol _c /Kg)	Mg (cmol _c /Kg)	K (cmol _c /kg)	Na (cmol _c /kg)	CIC (cmol _c /Kg)
AA	8,01 ± 1,30	3,35 ± 1,58	0,32 ± 0,11	0,08 ± 0,28	14,10 ± 2,94
CC	8,11 ± 2,47	6,56 ± 2,28	0,34 ± 0,08	0,06 ± 0,1	7,86 ± 1,28
MM	5,32 ± 0,56	8,14 ± 2,04	0,44 ± 0,05	0,19 ± 0,01	7,89 ± 1,07
JA	6,28 ± 0,91	1,68 ± 4,33	0,36 ± 0,16	0,15 ± 0,15	11,62 ± 3,85
JC	5,17 ± 0,35	8,26 ± 2,13	0,38 ± 0,04	0,2 ± 0,00	6,92 ± 0,65
JM	5,7 ± 0,47	5,95 ± 3,84	0,42 ± 0,21	0,08 ± 0,04	8,01 ± 0,44
Sig.	0,853	0,066	0,968	0,863	0,221

Restos de poda

Como se ha mencionado anteriormente, los restos de poda de mango, chirimoyo y aguacate, junto con restos procedentes de jardines de la localidad de Almuñécar (Granada), fueron triturados e introducidos en bolsas que fueron enterradas en la superficie del suelo en octubre de 2012 y fueron recogidas en octubre de 2014. Se aplicaron seis tratamientos: restos de mango, chirimoyo y aguacate aplicados sobre sus propios cultivos (3 tratamientos), restos de jardines aplicados a cultivos de cada una de las especies (3 tratamientos), y de cada ensayo se realizaron 3 réplicas. En total se dispuso de 18 muestras, teniendo en cuenta que los ensayos se realizan con 3 especies subtropicales: mango (*Persea americana* M.), chirimoyo (*Mangifera indica* L.) y aguacate (*Annona cherimola* M.). En las Figuras 8, 9 y 10 se muestra la evolución en el tiempo del contenido en C, N, la relación C/N, macro y micronutrientes en cada tratamiento.

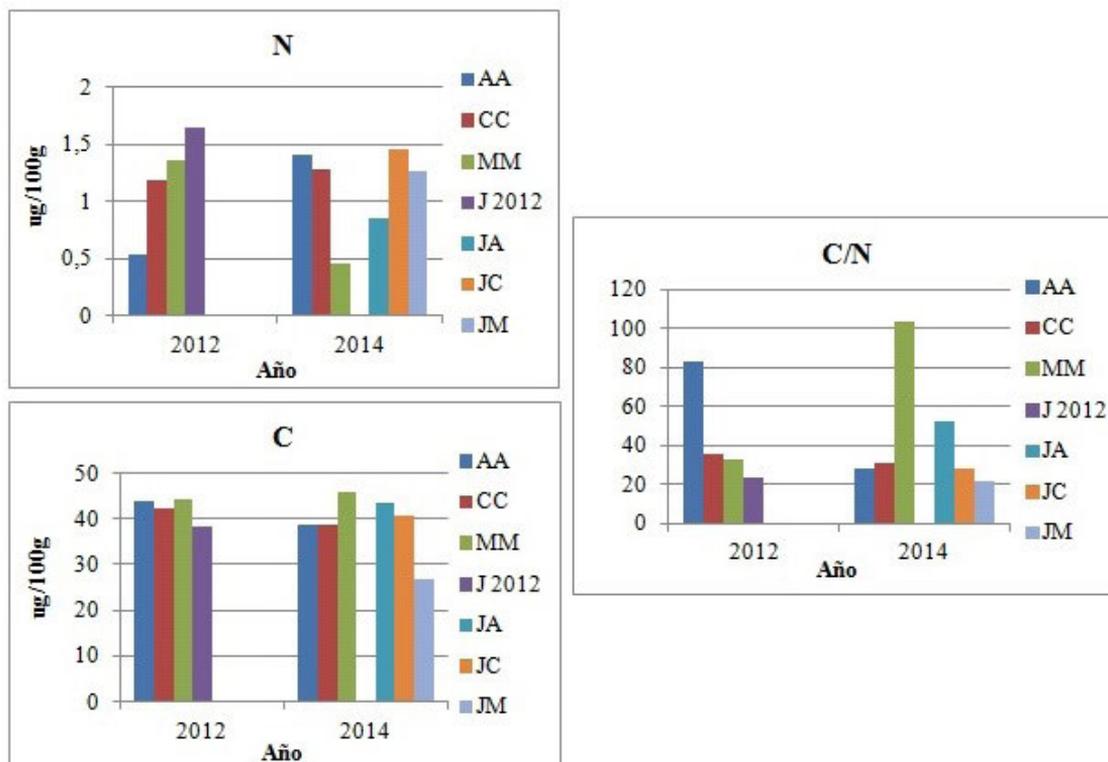


Figura 8. Comparación de la variación de C (%), N (%) y C/N entre los restos de poda iniciales de 2012 y los restos de poda recogidos en 2014 para los distintos tratamientos. La nomenclatura es la misma que se menciona en las Tablas 2 y 3.

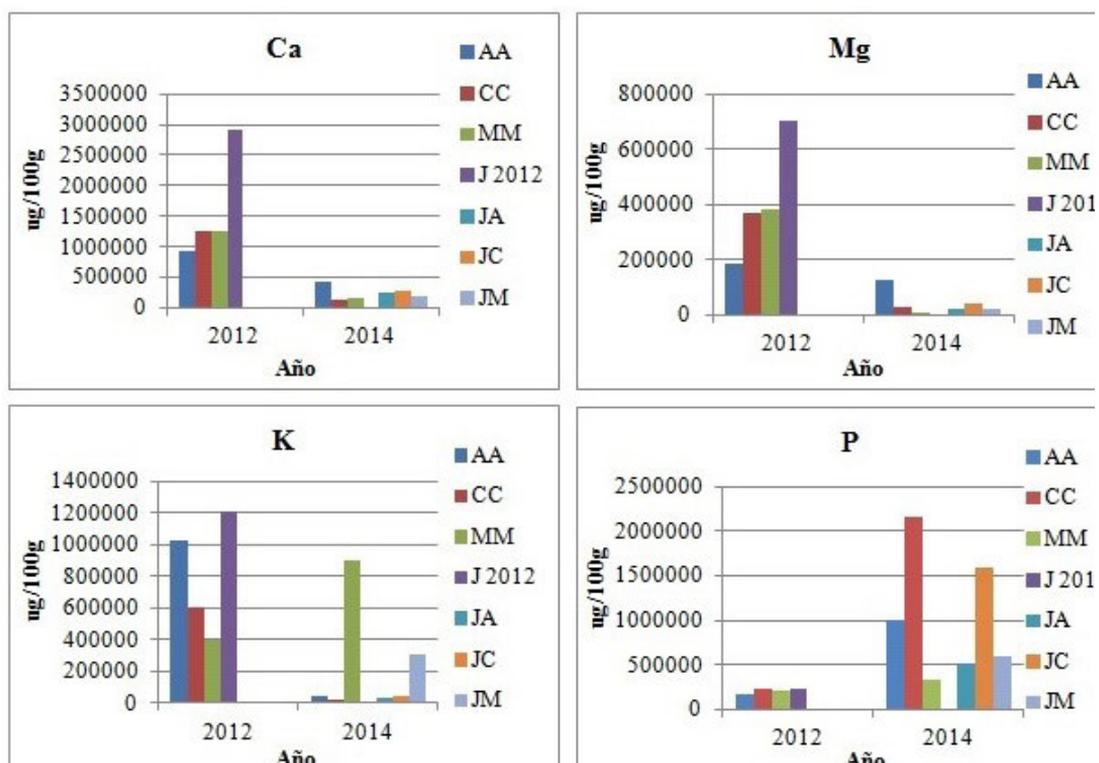


Figura 9 Comparación de la variación del contenido de macronutrientes entre los restos de poda iniciales de 2012 y entre los restos de poda recogidos en 2014 con los distintos tratamientos. La nomenclatura es la misma que se menciona en las Tablas 2 y 3.

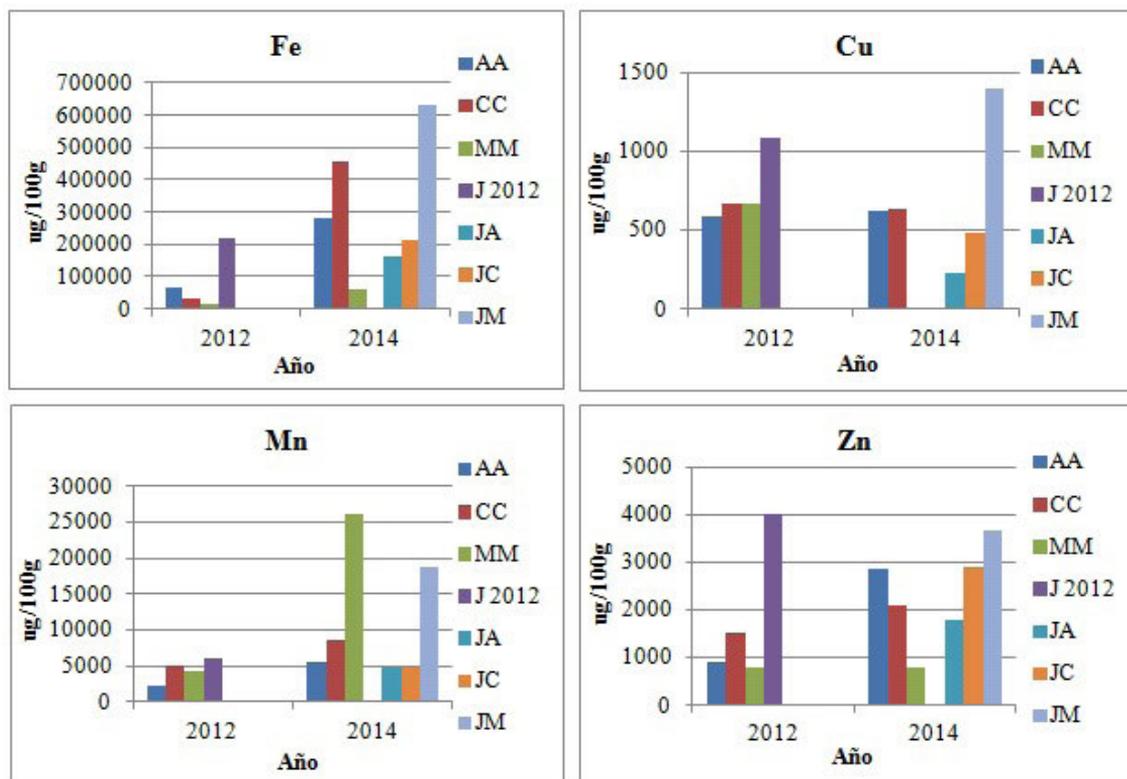


Figura 10. Comparación de la variación del contenido de micronutrientes entre los restos de poda iniciales de 2012 y los restos de poda recogidos en 2014 para los distintos tratamientos. La nomenclatura es la misma que se menciona en las Tablas 2 y 3.

Biomasa

La biomasa de los distintos bancales de cada cultivo se está recogiendo en las épocas de primavera y verano. Las muestras se toman en parejas de árboles seleccionadas previamente, a ambos lados de cada árbol, bajo su copa, y en un punto intermedio entre ambos árboles. El muestreo se realiza dentro de unos aros de 50 cm de diámetro que se extienden al azar en la superficie. La biomasa se pesa en húmedo y en seco y se identifican las distintas especies vegetales que presenta. La Tabla 4 muestra los datos correspondientes a la primavera de 2015.



Tabla 4. Valores medios de la biomasa por bancal (g), biomasa total (g), número de especies vegetales por bancal y número total de especies vegetales en los distintos bancales seleccionados de los cultivos estudiados.

Cultivo	Bancal	Biomasa por bancal (g)	Biomasa (g)	Nº especies vegetales por bancal	Nº especies vegetales
Aguacate	1	35,5	29,1	4,5	4,1
	2	34,6		4,9	
	3	27,8		4,0	
	4	29,6		3,7	
	5	15,0		3,3	
Chirimoyo	1	38,2	37,8	3,9	4,0
	2	38,3		4,0	
	3	36,6		4,4	
Mango	1	13,6	19,7	3,1	3,1
	2	20,1		3,1	
	3	29,5		3,2	

Bibliografía

- Aguilar J, Simón M, Fernández J, Gil C, Marañas A. 1986. Mapa de Suelos a escala 1:100000. Motril-1055. Proyecto Lucdeme. Madrid, Spain: ICONA.
- Aldaya F. 1969. Los mantos alpujárrides al Sur de Sierra Nevada. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Anuario Estadístico de Andalucía. 2012.
- <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticay-cartografia/anuario/anuario12/>.
- Bayala J, Mando A, Teklehaimanot Z, Ouédraogo SJ. 2005. Nutrient release from decomposing leaf mulches of karite (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) under semi-arid conditions in Burkina Faso, West Africa. *Soil Biology and Biochemistry* 37(3):533-539.
- Beach T, Dunning BP. 1995. Ancient Maya terracing and modern conservation in the Peten rain forest of Guatemala. *J Soil Water Conserv.* 50:138-145.
- Bescansa P, Imaz MJ, Virto I, Enrique A, Hoogmoed WB. 2006. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil and Tillage Research* 87:19-27.
- Birkhofer K, Bezemer TM, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois D. 2008. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biol Biochem.* 40:2297-2308.
- Bonanomi G, Antignani V, Capodilupo M, Scala F. 2010. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biol Biochem.* 42:136-144.
- Bratkovich S, Bowyer J, Fernholz K, Lindburg A. 2008. Urban tree utilization and why it matters. Minneapolis: Dovetail Partners, Inc.
- Calvache QML, Pulido BA. 1990. Simulación matemática del flujo subterráneo en el acuífero del Río Verde (Almuñécar, Granada). *Estudios Geológicos* 46:301-316.
- Chaves B, De Neve S, Hofman G, Boeckx P, Van Cleemput O. 2004. Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their biochemical composition. *Eur J Agron.* 21:161-170.
- Durán ZVH, Martínez RA, Aguilar RJ. 2004. Impact of salinity on the fruit yield of mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Osteen'). *Europ J Agron.* 21:323-334.
- Elías F, Ruiz L. 1977. Agroclimatología de España. Cuaderno INIA 7. Madrid.
- European Environmental Agency. 2011. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2009 and inventory report 2011. Copenhagen: EEA. p. 17.

- Farré JM, Hermoso JM, Guirado E, García-Tapia J. 1999. Techniques of cherimoya cultivation in Spain. *Acta Hort.* (ISHS) 497:91-118.
- Findeling A, Ruy S, Scopel E. 2003. Modeling the effects of a partial residue mulch on runoff using a physically based approach. *J Hydrol.* 275:49-66.
- Frontana GJ. 1984. El clima de la Costa del Sol de Granada. Aplicaciones socio-económicas. Universidad de Granada. Granada, España.
- Gardner RAM, Gerrard AJ. 2003. Runoff and soil erosion on cultivated rainfed terraces in the Middle Hills of Nepal. *Appl Geogr.* 1:23-45.
- Gregorich EG, Carter MR, Angers D, Monreal C, Ellert BH. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. *Can J Soil Sci.* 74:367-385.
- Hernanz JL, Sánchez-Girón V, Navarrete L. 2009. Soil carbon sequestration and stratification in a cereal/leguminous crop rotation with three tillage systems in semiarid conditions. *Agr Ecosyst Environ.* 133:114-122.
- IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report. No 106. Rome: FAO.
- Jarecki MK, Lal R. 2003. Crop management for soil carbon sequestration. *Crit Rev Plant Sci.* 22:471-502.
- Ji S, Unger PW. 2001. Soil water accumulation under different precipitation, potential evaporation, and straw mulch conditions. *Soil Sci Soc Am J.* 65:442-448.
- Lensing JR, Wilse DH. 2007. Impact of changes in rainfall amounts predicted by climate changing models on decomposition in a deciduous forest. *Appl Soil Ecol.* 35:523-534.
- Leroy BLM, Herath HMSK, Sleutel S, De Neve S, Gabriels D, Reheul D, Moens M. 2008. The quality of exogenous organic matter: short-term effects on soil physical properties and soil organic matter fractions. *Soil Use Manage.* 24:139-147.
- MacFarlane DW. 2009. Potential availability of urban wood biomass in Michigan: implications for energy production, carbon sequestration and sustainable forest management in the U.S.A. *Biomass Bioenergy* 33:628-34.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2000. Libro Blanco del Agua en España. Madrid.
- Moeskops B, Buchan D, Van Beneden S, Fievez V, Sleutel S, Gasper MS, et al. 2012. The impact of exogenous organic matter on SOM contents and microbial soil quality. *Pedobiologia* 55:175-184.
- Nair PK, Nair V. 2014. 'Solid-fluid-gas': the state of knowledge on carbon-sequestration potential of agroforestry systems in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:22-27.
- Navarro FB, Jiménez MN, Gallego E, Ripoll MA. 2010. Short-term effects of overstorey reduction and slash mulching on ground vegetation in a Mediterranean Aleppo pine woodland. *Eur J Forest Res* 129:689-696.
- Nieto OM, et al. 2010. Simulation of soil organic carbon stocks in a Mediterranean olive grove under different soilmanagement systems using the RothC model. *Soil Use Manage.* 26:118-125.
- Nieto OM. 2011. Propiedades de los suelos de olivar con diferentes manejos. Simulación del carbono orgánico fijado aplicando el modelo RothC. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada.
- Nieto OM, Castro J, Fernández-Ondoño E. 2013. Conventional tillage versus cover crops in relation to carbon fixation in Mediterranean olive cultivation. *Plant Soil* 365:321-335.
- Pandey RR, et al. 2007. Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecol. Manage.* 249:96-104.
- Paustian K, et al. 2000. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils *Biogeochemistry* 48:147-163.
- Posthumus H, De Graaff. 2005. Cost-Benefit analysis of bench terraces, a case study in Perú. *Land Degrad Dev.* 16:1-11.
- Rathore AL, Pal AR, Sahu KK. 1998. Tillage and mulching effects on water use, root growth, and yield of rainfed mustard and chickpea grown after lowland rice. *J Sci Food Agric.* 78:149-161.
- Reeves DW. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Tillage Res.* 43:131-167.
- Rhoton FE, Bruce RR, Buehring NWB, Elkins G, Langdale CW, Tyler DD. 1993. Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil Tillage Res.* 28:51-61.

- Rivas Goday S, Rivas Martínez S. 1971. Vegetación potencial de la provincia de Granada. *Pub Dep de Bot. y Fisiol Veg.* 4:53-85.
- Rodríguez CR, Durán VH, Martínez J, Martín FJ, Tarifa DF. 2009. Litter decomposition and nitrogen release in a sloping Mediterranean subtropical agroecosystem on the coast of Granada (SE, Spain): effects of floristic and topographic alteration on the slope. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134(1):79-88.
- Rubio FM, Plata JL. 2002. Nueva campaña geofísica en el acuífero aluvial del río Verde (Almuñécar, Granada). *Boletín Geológico y Minero* 113(1):57-69.
- Saavedra MM, Pastor M. 2002. Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas. Madrid: Editorial Agrícola Española, S.A. 439 p.
- Sanz de Galdeano C, López-Garrido AC. 2003. Revisión de las unidades alpujárrides de las Sierras de Tejeda, Almijara y Guájares (sector central de la Zona Interna Bética, provincias de Granada y Málaga). *Rev Soc Geol España* 16(3-4):135-149.
- Shi Y, Ge Y, Chang J, et al. 2013. Garden waste biomass for renewable and sustainable energy production in China: Potential, challenges and development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 22:432-437.
- Sirulnik AG, Allen EB, Meixner T, et al. 2007. Impacts of anthropogenic N additions on nitrogen mineralization from plant litter in exotic annual grasslands. *Soil Biol Biochem.* 39:24-32.
- Smith P. 2008. Land use change and soil organic carbon dynamics. *Nutr Cycl Agroecosys.* 81:169-178.
- Sofo A, Nuzzo V, Palese AM, Xiloyannis C, Celano G, Zukowskyj P, Dichio B. 2005. Net CO₂ storage in Mediterranean olive and peach groves. *Sci Hortic.* 107:17-24.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th edition. Washington D.C., USA: USDA, Natural Resources Conservation Service.
- Tateno R, et al. 2007. Comparison of litterfall production and leaf litter decomposition between an exotic black locust plantation and an indigenous oak forest near Yana'non the Loess Plateau. *China Forest Ecol Manage.* 241:84-90.
- Tecklay T, Malmer A. 2004. Decomposition of leaves from two indigenous trees of contrasting qualities under shaded-coffee and agricultural land-uses during the dry season at Wondo Genet. *Ethiop. Soil Biol Biochem.* 36:777-786.
- Treacy JM, Denevan WM. 1994. The creation of cultivable land through terracing. In: Miller NF, Gleason KL, eds.). *The Archaeology of Garden and Field.* Philadelphia, PA, USA: University of Pennsylvania Press. p. 91-110.
- Trinsoutrot I, Recous S, Bentz B, Nicolardot B. 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. *Soil Sci Soc Am. J.* 64:918-926.
- Vleeshouwers LM, Verhagen A. 2002. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Glob Change Biol.* 8:519-530.
- Zhang S, Lövdahl L, Grip H, Tong Y, Yang X, Wang Q. 2009. Effects of mulching and catch cropping on soil temperature, soil moisture and wheat yield on the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research* 102:78-86.



ISBN 978-84-16478-20-0



9 788416 478200