

UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS



DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGIA Y QUIMICA AGRICOLA

LOS SUELOS EN EL PAISAJE
DEL
SECTOR ORIENTAL DE SIERRA NEVADA:
SUS RELACIONES CON LA VEGETACION.

Memoria presentada por el Ldo. Carlos Gil de Carrasco,
para aspirar al grado de DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Granada a 2 de Septiembre de 1.988

Tesis realizada en el Departamento de Edafología y Q. Agrícola
de la Universidad de Granada, bajo la dirección del Dr. D. Mariano
Simón Torres, Profesor Titular de dicho Departamento.

VO Bº
Director

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'M. Simón Torres', written over a horizontal line.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN _____

Curso de 19 ⁸⁸ a 19 ⁸⁹

Folio _____

Número _____

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. Carlos Gil de Laraso, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: La novela en el paisaje del interior: ejemplo de la obra de María Mercedes de Laraso en la época

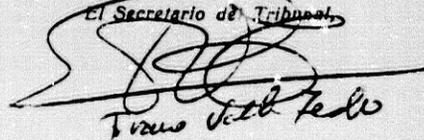
Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de Apto "cum laude"

Granada 11 de Noviembre de 19 88

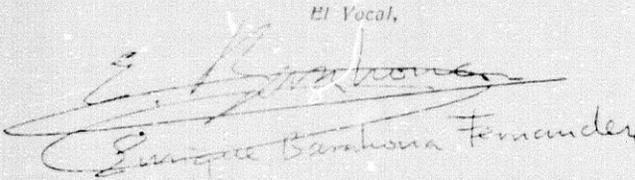
EL PRESIDENTE,



El Secretario del Tribunal,



El Vocal,



Enrique Barahona Fernández

El Vocal,



José Luis Prardiels

El Vocal,



Juan Sánchez

Firma del Graduando,



INVESTIDURA

En el día de la fecha se ha conferido a D. _____ el Grado de Doctor en la Facultad de _____ conforme a lo prevenido en las disposiciones vigentes.

Granada _____ de _____ de 19 _____

EL DECANO,

CERTIFICO: Que esta Acta que antecede concuerda con la del expediente del interesado remitida a la Secretaría de la Universidad.

Granada _____ de _____ de 19 _____

El Catedrático Secretario,

V.º B.º
EL DECANO

La presente Tesis Doctoral se ha realizado dentro del marco del Proyecto L.U.C.D.E.M.E. (Lucha contra la desertificación del Mediterráneo.), subvencionado por el I.C.O.N.A.

À mis padres y a Lola

Con estas líneas deseo expresar mi agradecimiento, en primer lugar, a D. Mariano Simón Torres, director de esta Tesis Doctoral, por su acertada dirección, las innumerables horas de trabajo y dedicación al desarrollo de la misma y la estoica paciencia manifestada con mi frecuente e innata terquedad.

A D. José Aguilar Ruiz, Director del Dpto. de Edafología y Q. Agrícola de la Universidad de Granada, por las facilidades y ayuda prestada durante el desarrollo de esta memoria y, en su nombre, a todos los miembros del citado Departamento.

A D. J. Angel Carreras, Jefe de la 9a Inspección Regional del ICONA y Director del Proyecto LUCDEME, a cuyo amparo se ha realizado la presente Tesis Doctoral

A D. Francisco Valle Tendero, del Dpto. de Biología Vegetal de la Universidad de Granada, por su inestimable ayuda tanto en el campo como en la supervisión de los capítulos de vegetación.

A Dña Inés García Fernández, del Dpto de Edafología y Q. Agrícola de la Universidad de Granada, y a D. Alfredo Polo Sánchez, de la Sección de Humus del Instituto de Edafología y Agrobiología de Madrid (C.S.I.C), por su colaboración en la caracterización de la materia orgánica de los suelos.

A D. Juan Fernández García, por su colaboración y ayuda recibida en el análisis y procesamiento de los datos climáticos.

A D. Antonio Díaz de Federico, del Dpto. de Petrología, por su ayuda en los aspectos geológicos, realización de las láminas delgadas de las rocas y el análisis petrográfico de las mismas.

A D. Luis García Rossell, del Dpto. de Geotectónica, del que he recibido valiosos consejos y ayuda en el análisis de los aspectos geomórficos.

A Dña. Asunción Linares y D. Cayetano Sierra, por la preocupación manifestada en todo momento, su constante estímulo y por su ayuda para finalizar esta memoria.

Por último, quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento, de todo corazón, a los miembros de la Unidad Estructural de Edafología de la Estación Experimental del Zaidín y muy especialmente D. Enrique Parahona Fernández, D. José L. García Chicano, D. José L. Guardiola Saenz, D. Angel Iriarte Mayo, D. José Linares, D. José Quirantes Puertas y D. Juan Rodríguez Robledo, por su colaboración e inestimable ayuda en el análisis estadístico, su ayuda en los aspectos analíticos y lo que, para mi, es mucho más importante, por el afecto, el buen trato y las continuas muestras de amistad de las que he sido objeto en todo momento. Muchas gracias.

Los eslabones de un todo se comprenden
conjunta y simultaneamente.....
o no se comprenden.

K. Lorenz

INDICE

	Pag.

0. JUSTIFICACION.....	1
1. INTRODUCCION.....	5
1.1. Concepto de paisaje.....	7
1.2. Sistema de relaciones ecológicas.....	9
1.2.1. Flujo energético.....	9
1.2.2. Ciclos biogeoquímicos.....	14
1.3. Dinámica del paisaje.....	19
1.4. Sistemas de análisis y representación del paisaje..	25
1.4.1. Metodologías Sintéticas.....	25
1.4.2. Metodologías Analíticas.....	32
2. OBJETIVOS.....	35
3. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO. ACCESOS.....	39
4. ANTECEDENTES.....	47
5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.....	57
5.1. Delimitación del territorio.....	59
5.2. Analisis de Factores Formadores.....	59
5.2.1. Material Original.....	61
5.2.2. Clima.....	67
5.2.3. Relieve y Geomorfología.....	79
5.2.4. Vegetación.....	105
5.2.4.1. El Paisaje Vegetal.....	105
5.2.4.2. Biogeografía y Bioclimatología.....	113
5.2.4.3. Series de Vegetación.....	123
5.2.5. Actividad antrópica.....	141
5.2.6. Tiempo.....	149
5.3. Sectorialización del territorio.....	151
5.4. Analisis y Caracterización de las unidades.....	153
5.4.1. Metodos Experimentales.....	155
6. PLANTEAMIENTO DE BASE.....	163
7. ANALISIS SECUENCIAL DEL AREA DE ESTUDIO.....	179
7.1. Litosistemas: Diversificación por el material original.....	181
7.1.1. Litosistema ácido.....	197
7.1.1.1. Climofacies ácida oromediterránea.....	211
7.1.1.1.1. Sector ácido aireado.....	228
- Unidad 1.....	232

	Pag.

- Unidad 2.....	234
- Unidad 4.....	235
- Unidad 5.....	238
- Unidad 6.....	240
- Unidad 7.....	241
- Unidad 8.....	241
7.1.1.1.2. Sector de cumbres.....	249
- Unidad 3.....	249
7.1.1.1.3. Sector hidromorfo.....	259
- Unidad 9.....	259
7.1.1.2. Climofácies Ácida supra-mesomediterránea.....	271
- Unidad 11.....	286
- Unidad 12.....	289
- Unidad 13.....	291
- Unidad 14.....	291
- Unidad 15.....	292
- Unidad 16.....	293
- Unidad 17.....	294
- Unidad 18.....	295
- Unidad 19.....	296
- Unidad 20.....	297
- Unidad 21.....	298
- Unidad 22.....	299
- Unidad 30.....	300
7.1.1.3. Análisis de la Materia Orgánica y de la fracción Arcilla en el Litosistema Ácido.....	307
7.1.2. Litosistema ultrabásico.....	327
7.1.2.1. Climofácies ultrabásica oromediterránea.....	327
- Unidad 10.....	327
- Unidad 32.....	340
7.1.3. Litosistema carbonatado.....	343
7.1.3.1. Climofácies carbonatada meso-supramediterránea... ..	344
- Unidad 23.....	344
- Unidad 24.....	347
- Unidad 27.....	348
- Unidad 28.....	349
- Unidad 29.....	350
- Unidad 26.....	351
- Unidad 25.....	352
- Unidad 31.....	353
e. CONCLUSIONES.....	357

	Pag.
9. BIBLIOGRAFIA.....	367
10. ANEXO I: Descripción de perfiles, resultados analíticos y fichas climáticas.....	385
- Perfil 1.....	387
- Perfil 2.....	390
- Perfil 3.....	393
- Perfil 4.....	396
- Perfil 5.....	399
- Perfil 6.....	402
- Perfil 7.....	405
- Perfil 8.....	408
- Perfil 9.....	411
- Perfil 10.....	414
- Perfil 11.....	417
- Perfil 12.....	420
- Perfil 13.....	424
- Perfil 14.....	427
- Perfil 15.....	430
- Perfil 16.....	433
- Perfil 17.....	436
- Perfil 18.....	439
- Perfil 19.....	442
- Perfil 20.....	445
- Perfil 21.....	448
- Perfil 22.....	451
- Perfil 23.....	454
- Perfil 24.....	457
- Perfil 25.....	460
- Perfil 26.....	463
- Perfil 27.....	466
- Perfil 28.....	469
- Perfil 29.....	472
- Perfil 30.....	475
- Perfil 31.....	478
- Perfil 32.....	481
- Perfil 33.....	484
- Perfil 34.....	487
- Perfil 35.....	490
- Perfil 36.....	493
- Perfil 37.....	496
- Perfil 38.....	499
- Perfil 39.....	502
- Perfil 40.....	505
- Perfil 41.....	508
- Perfil 42.....	511
- Perfil 43.....	514

	Pag.

- Perfil 44.....	517
- Perfil 45.....	520
- Perfil 46.....	523
- Perfil 47.....	526
- Perfil 48.....	529
- Perfil 49.....	532
- Perfil 50.....	535
- Perfil 51.....	538
- Perfil 52.....	541
- Perfil 53.....	544
- Perfil 54.....	547
- Perfil 55.....	550
- Perfil 56.....	553
- Perfil 57.....	556
- Perfil 58.....	559
- Perfil 59.....	562
- Perfil 60.....	565
- Perfil 61.....	568
- Perfil 62.....	571
- Perfil 63.....	574
- Perfil 64.....	577
- Perfil 65.....	580
- Perfil 66.....	583
- Perfil 67.....	586
- Perfil 68.....	589
- Perfil 69.....	592
- Perfil 70.....	594
- Perfil 71.....	597
- Perfil 72.....	600
- Perfil 73.....	603
11. ANEXO II: Cartografía.....	607

JUSTIFICACION.

Si bien el interés del hombre por la naturaleza data de muchos años atrás, en los últimos tiempos ha experimentado un renovado auge. Paralelamente al abandono del medio rural y a la concentración de los seres humanos en grandes urbes, la humanidad ha vuelto su mirada al medio natural, interesándose por los elementos que lo componen y por las relaciones de interdependencia entre los mismos. Pero a lo largo de la historia este interés no ha variado únicamente en su aspecto cuantitativo, sino también cualitativo.

Ya en el siglo XIX, los estudiosos de la naturaleza recomendaban los estudios integrados del medio natural como un todo de carácter unitario, donde los distintos elementos eran interdependientes e interactuantes (TRICKART Y KILLIAN, 1979)

Esta primera etapa, denominada por PEDRAZA (1978,1981) ETAPA DESCRIPTIVA, está asociada al período preindustrial y se caracteriza por el análisis global de entes y fenómenos en base a la determinación de sus características evidentes. Según este mismo autor, la llegada del período preindustrial trajo consigo grandes avances científicos en el campo de las ciencias ambientales, lo que, unido a la propia limitación del ser humano, obligó a una especialización en el conocimiento, primando los estudios temáticos específicos en detrimento de los integrados; de ahí su denominación de ETAPA LOGICA o TEMATICA.

El fuerte desarrollo que a todos los niveles experimentó la sociedad durante la etapa industrial se tradujo en una fuerte presión del hombre hacia su medio y puso de manifiesto la vulnerabilidad de éste. El paulatino agotamiento de los recursos naturales y la, cada vez más acelerada, degradación del medio ambiente, fueron los detonantes de la denominada ETAPA ECOLOGICA. En ella, los científicos, ante la imperiosa necesidad de dar respuesta a problemas tan complejos como los ecológicos, en los que convergen un gran número de disciplinas temáticas o monográficas, se vuelve al modelo de integración mediante el desarrollo de estudios interdisciplinarios. Se trata de una etapa en la que se tiende a globalizar el conocimiento, por lo que se ha dado en llamar también "etapa de modelos globalizados por integración" o ETAPA SOCIOLOGICA.

Indica PEDRAZA que cada etapa se apoya en la anterior sin que esto signifique su anulación, como lo prueba la actual coexistencia de las ciencias temáticas y los estudios integrados, y que, al igual que ninguna ciencia temática podría estudiar los entes y los fenómenos sin usar el método descriptivo, la etapa ecológica no puede desarrollarse sin usar el método temático. En la misma línea de pensamiento se encuentran MOLINIER Y VIGNES (1976) cuando afirman que el tránsito a los estudios globalizados sólo ha sido posible gracias a los estudios monográficos que han constituido el zócalo de las disciplinas sociológicas.

No obstante, el paso de la etapa temática a la ecológica necesita, como cualquier cambio, un periodo de tránsito en el que el proceso de integración multidisciplinar se produce de forma paulatina, siendo las propias incógnitas de una primera colaboración interdisciplinar las que dan cabida a nuevas disciplinas, hasta alcanzar en esta cadena la culminación del aspecto globalizador que debe presidir los estudios del medio ambiente y que aún estamos lejos de lograr.

La gran preocupación que en la actualidad suscitan los problemas ecológicos, que ya quedó reflejada en la Conferencia de las Naciones Unidas de Estocolmo (1972) en la que se afirmaba: "The natural resources of the earth including the air, water, land, flora and fauna, and specially natural ecosystems must be safeguarded for benefit of present and future generations through careful planning or management, as appropriate" y la necesidad de avanzar en la cadena que nos conduzca al conocimiento globalizado, a fin de dar la respuesta más adecuada, son los motivos que han impulsado el presente trabajo.

La elección del sector oriental de Sierra Nevada está basada, por un lado, en las peculiaridades propias de la sierra que la convierten en uno de los enclaves ecológicos más importantes de la Península Ibérica, y, por otro lado, en el escaso conocimiento que se tiene de este sector, de gran importancia si tenemos en cuenta que constituye una auténtica barrera natural frente al avance inexorable del proceso de desertificación que afecta al SE español.

1. INTRODUCCION

El abordar una problemática tan compleja como la del medio ambiente necesariamente lleva implícita una gran dificultad, incluso cuando se hace a nivel introductorio, debido, no sólo a la gran cantidad de factores y procesos que intervienen en su configuración, sino también a los innumerables conceptos básicos y metodológicos utilizados en su estudio.

Como se puede ver en el título del trabajo, hemos adoptado el término "PAISAJE" para referirnos al objeto principal de nuestro estudio; no obstante, este vocablo universalmente conocido presenta tal diversidad de acepciones que su utilización puede resultar comprometida, de ahí que el primer paso sea intentar su clarificación o, al menos, dejar constancia de lo que nosotros entendemos como tal.

1.1. CONCEPTO DE PAISAJE

S. DE MUNIAIN (1945) comentaba: "Es curioso observar que esta realidad del paisaje tan accesible al hombre civilizado y tan manejada en su literatura, no ha sido hasta ahora satisfactoriamente definida ni aún explicada. El hombre tarda mucho en darse cuenta racional y perfecta de algunas cosas que conoce con anterioridad intelectualmente (...). El concepto de paisaje es uno de éstos que se van perfilando inconscientemente, una generación tras otra, hasta que cristaliza en un conocimiento propiamente científico".

No obstante, tras la revisión bibliográfica de las distintas definiciones que se han acuñado del término "paisaje", no existe una gran variabilidad; de forma genérica, todas ellas se podrían agrupar bajo dos concepciones diferentes.

Una primera, hace referencia al paisaje como término perceptual. Según LEPORE (1972), "la primera acepción del paisaje nace con la pintura como una posesión contemplativa y desinteresada del mundo circundante". En esta misma línea está la Real Academia de la Lengua Española cuando define el paisaje como "imagen, pintada o fotografiada, de un territorio".

Conforme se avanza en el conocimiento científico de las leyes que rigen la génesis y evolución de nuestro medio natural, tiene lugar la aparición de la segunda concepción y en la que, más que definir el paisaje en sí, se intenta explicar la relación entre los elementos que lo conforman y la dinámica que dicha relación impone. Dentro de este grupo, cabe destacar la definición de BERTRAND (1970; en TRICKART Y KILLIAN, 1979): "Porción del espacio caracterizada por un tipo de combinación dinámica, por consiguiente inestable, de elementos geográficos diferenciadores (físicos, biológicos y antrópicos) que, al relacionarse dialectica-

mente entre sí, hacen del paisaje un conjunto geográfico indisociable que evoluciona en bloque, tanto bajo el efecto de las interacciones entre los elementos que lo constituyen como por la dinámica subyacente a cada uno de dichos elementos considerados separadamente".

Como vemos, en esta última definición se prescinde del aspecto perceptual, lo que la hace equivalente al término "ecosistema", que, tal y como fue definido por TANSLEY (1935), sería "cualquier área de la naturaleza desde el punto de vista de las interacciones de factores bióticos y abióticos".

Posteriormente, DIAZ PINEDA y col. (1973; en G. BERNALDEZ, 1981) establecen un concepto de "paisaje" en el que, si bien prima el aspecto perceptual, se deja constancia de su origen. Lo definen como "la percepción plurisensorial de un sistema de relaciones ecológicas". En esta línea se encuentra también GONZALEZ BERNALDEZ (1981), al considerarlo como "supraestructura visible de un sistema de interacciones"; no obstante, este autor, parece reducir el aspecto perceptual, al que se accede a través del órgano de la vista, lo que, a nuestro entender, limita el concepto al excluir de él el resto de sensaciones que se perciben de su contemplación y que, en gran medida, están relacionadas con el particular conocimiento o sensibilidad de cada espectador.

El aceptar "percepción plurisensorial" da al término paisaje un concepto amplio y ambiguo, cuya propia ambigüedad posibilita su utilización a todos los niveles, desde el simple espectador a los distintos especialistas, al tiempo que mantiene una diferencia entre ellos en función de la "capacidad de apreciación" particular. Asimismo, esta ambigüedad conlleva un carácter subjetivo que queda recogido en la definición de VILLARINO (1984): "Paisaje es la percepción polisensorial y subjetiva del medio ambiente". Aunque este autor utiliza el término "medio ambiente" que, a su vez, es de compleja definición, tal y como la Dirección del Medio Ambiente pone de manifiesto en su monografía "Medio Ambiente en España - 1984", en la que textualmente se dice: "El concepto de medio ambiente, teniendo en cuenta que integra factores físicos, biológicos y sociales y que está estrechamente relacionado con el de calidad de vida, es tan amplio que se hace necesario concretar los aspectos a tratar". Por lo tanto, creemos más apropiada la utilización de los términos "sistema de interacciones" de GONZALEZ BERNALDEZ o "sistema de relaciones ecológicas" de DIAZ PINEDA.

De acuerdo con todo lo expuesto anteriormente, nosotros consideraremos el paisaje como: "La manifestación de un sistema de relaciones ecológicas que llega al individuo a través de una percepción plurisensorial y subjetiva". En este sentido, ante una misma panorámica, dos cámaras fotográficas captarían la misma

imagen, pero dos pintores reflejarían en sus lienzos dos paisajes diferentes.

Desde nuestro científico punto de vista, es el sistema de relaciones ecológicas que subyace en cada paisaje el que suscita nuestro interés, el cual no es ya un concepto subjetivo, sino una realidad compleja y constante en cada área de nuestro planeta, con independencia del observador. Indiscutiblemente, cada investigador, en base a su propia formación, estará más o menos capacitado para comprender el funcionamiento de cada uno de los elementos que integran esa realidad compleja que es el sistema de relaciones ecológicas; pero a la realidad misma que será la resultante de la interacción de todos los elementos entre sí, únicamente se podrá acceder a través de estudios interdisciplinarios.

Dado que el sistema de relaciones ecológicas es el núcleo de nuestro trabajo, vamos a desarrollar a continuación un esquema del mismo, siempre dentro de nuestras propias limitaciones.

1.2. SISTEMA DE RELACIONES ECOLOGICAS.-

Como sistema de relaciones ecológicas, en el paisaje tienen lugar dos grandes procesos: Flujo energético y ciclo biogeoquímico de los elementos minerales. Ambos implican una interacción entre los componentes biótico y abiótico, son la esencia de la dinámica del paisaje y constituyen la razón de ser de los innumerables procesos que tienen lugar en él.

1.2.1. Flujo Energético

Sólo una parte de la energía emitida por el sol llega a la superficie terrestre, el resto o bien es reflejada por las nubes o el polvo, o bien es absorbida por la atmósfera o dispersada difusamente por las moléculas del aire y pequeñas partículas en suspensión; incluso, de la que llega a la superficie terrestre, parte es reflejada de nuevo a la atmósfera.

El que el porcentaje de energía que llega a la superficie terrestre sea mayor o menor depende de una serie de factores que, a su vez, son responsables de la diferenciación paisajística en base a sus directrices de actuación.

Todos estos factores se pueden distribuir en dos grandes grupos:

- En el primero se incluyen todos aquellos que son constantes para cada posición geográfica, como latitud, longitud y altitud.

- En el segundo se engloban los factores propios de cada área paisajística enmarcada en una determinada posición geográfica, de los que relieve (pendiente y orientación), naturaleza de los suelos y cobertura vegetal se encuentran entre los más importantes.

Los del primer grupo son responsables de la diferenciación de grandes áreas paisajísticas en base a un condicionamiento macroclimático; mientras que los del segundo grupo son los encargados de diversificar dichas áreas paisajísticas a través de variaciones, tanto microclimáticas como de otra índole, que inducen en el seno de las mismas.

Si nos centramos en una determinada área geográfica, cuyos parámetros: latitud, longitud y altitud nos marquen un clima base que, en toda ella, se puede considerar constante desde el punto de vista del paisaje que condiciona, serán los factores del segundo grupo los responsables de las variaciones paisajísticas que se produzcan dentro de la misma.

En la fig. 1.1 podemos ver un esquema del sistema de relaciones ecológicas que operan inducidas por este segundo grupo de factores y que describiremos brevemente a continuación.

a) Pendiente y orientación

Ambos vienen determinados por el relieve y condicionan, entre otros parámetros, la cantidad de energía solar recibida por el suelo. En la parte izquierda de la fig. 1.1, se puede observar cómo, dado que la cantidad de energía es proporcional a la anchura del flujo de radiación (a, b y c), es la zona 2 la que recibe una mayor cantidad de energía, seguida por las zonas 1 y 3 y finalmente la 4. Si esta energía se traduce en términos de energía térmica, será la zona 2 la que alcance mayor temperatura, lo que se traduce en una mayor evapotranspiración y, por lo tanto, en una menor humedad tanto ambiental como edáfica.

Al mismo tiempo, la pendiente, por sí sola, también condiciona el régimen de humedad edáfica, ya que, por un lado, influye en la escorrentía lateral de las aguas de lluvia que circularían por la zona 2 y se depositarían en la 1, y, por otro lado, a través de los procesos de erosión y deposición de materiales, influiría en la potencia y desarrollo de los suelos y en la cantidad de agua que éstos son capaces de retener. La zona 2 perdería materiales finos, con lo que disminuiría la capacidad de retención de humedad de sus suelos, mientras que en la zona 1 se depositarían dichos materiales finos y sus suelos verían incrementada dicha capacidad de retención. Todo ello tiende a acrecentar la sequedad de la zona 2 con respecto a la 1 y a disminuir las dife-

rencias entre ésta y la 3, de forma que incluso puede llegar a ser más húmeda si los procesos que dichos factores desencadenan llegan a alcanzar una cierta intensidad.

b) Naturaleza del suelo

En condiciones constantes de clima, topografía y orientación, el suelo, a través de sus propiedades, es el encargado de regular tanto la energía que llega a él como la distribución de la misma en su interior.

De todos es conocido que los cuerpos blancos reflejan la casi totalidad de las radiaciones que reciben, mientras que los cuerpos negros absorben la mayoría; según esto, se admite que los suelos oscuros pueden absorber hasta el 80% de la radiación incidente, mientras que en los claros este valor desciende hasta el 30%

Con respecto a las demás propiedades del suelo, no es que afecte directamente a la cantidad de energía recibida por él, sino que más bien afecta a la temperatura que alcanza el suelo para una determinada radiación energética y a la distribución de esta energía en su interior. Así, el calor específico del suelo varía en función de la naturaleza de sus constituyentes, de su textura, de su contenido en humedad, etc..., y, cuanto menor sea este calor específico, mayor temperatura alcanzará el suelo para una radiación dada; por lo que los suelos oscuros con calor específico bajo elevan más su temperatura que los claros con alto calor específico, lo que se traduce en un incremento de su evapotranspiración potencial y en el hecho de que sean suelos más secos.

Por otra parte, la cantidad de humedad que un suelo es capaz de retener viene condicionada por propiedades como textura, estructura, contenido en coloides, profundidad, etc...; de ahí que el conjunto de todas estas propiedades regule el régimen hídrico del suelo, el cual, junto con otras propiedades como pH, contenido en nutrientes, etc..., marcan la estructura de la vegetación que se asienta sobre él y que, a su vez, es otro de los parámetros que regulan el flujo energético.

c) Cobertura vegetal

Hace referencia tanto a la densidad de vegetación como a la de los restos vegetales que tapizan el suelo. Ambos actúan de pantalla interceptadora de las radiaciones solares y regulan directamente la temperatura que se alcanza a nivel del suelo, con todas las consecuencias que ello conlleva.

Si bien todo lo expuesto hasta ahora es cierto, sus consecuencias no son extrapolables por igual a todos los climas; ya que, aunque en un clima templado y seco como el que nos afecta la radiación solar se traduce en una fuerte desecación del suelo con todos los perjuicios que ello conlleva, en un clima frío y húmedo esta desecación no es tan perjudicial, al tiempo que la elevación de temperatura que provoca favorece la actividad biológica y acelera el ciclo biogeoquímico de los elementos minerales, lo que nos introduce en el segundo gran proceso que interviene en el sistema de relaciones ecológicas.

1.2.2. Ciclos biogeoquímicos

Se denomina así a la circulación de elementos minerales entre el medio inorgánico y el orgánico. Al contrario que el flujo energético, son verdaderos ciclos más o menos cerrados en función del grado de desarrollo evolutivo que haya alcanzado el paisaje.

En la fig. 1.1, parte derecha, se puede ver un esquema en el que intentamos sintetizar el funcionamiento de estos ciclos. Los restos orgánicos aportados al suelo, tanto por los productores como por los consumidores primarios y secundarios, son descompuestos por los macro y microorganismos que viven en él, dando lugar a elementos minerales y compuestos orgánicos amorfos de naturaleza muy variada que constituyen el humus; este humus, a su vez, sufre un proceso de mineralización lento y da lugar a nuevos elementos minerales. El conjunto de estos elementos minerales, junto con los que se liberan de la meteorización de la roca, vuelven a servir de alimento a los productores, con lo que se cierra el ciclo.

No obstante, este ciclo no es completamente cerrado, ya que en él existen unas ganancias y unas pérdidas que, si bien son reducidas en los ecosistemas maduros, pueden alcanzar cotas importantes en los inmaduros.

Las ganancias proceden fundamentalmente de la meteorización química del material geológico sobre el que se forma el suelo; por lo que dependerá tanto de la naturaleza de dicho material, composición y facilidad de meteorización, como del clima que, a través de sus componentes (humedad y temperatura), regula la velocidad de meteorización. Otras ganancias pueden proceder de aportes por escorrentías laterales o bien aportes atmosféricos, como la fijación de N_2 atmosférico por parte de algunos productores; las primeras serán abundantes en zonas de vaguada y las segundas en función de la naturaleza de la vegetación.

Las pérdidas se producen fundamentalmente por lavado lateral o vertical, lo que las hace dependientes del clima - a mayor

humedad mayor lavado - del relieve y de propiedades del suelo como permeabilidad y capacidad de retención de iones. La permeabilidad que, a su vez, viene condicionada por propiedades texturales y estructurales, es la que marca la velocidad de drenaje vertical; mientras que el relieve, unido a la permeabilidad, regula el drenaje lateral. El hecho de que estas pérdidas estén relacionadas con las propiedades texturales y estructurales del suelo la hacen, a su vez, dependiente de la roca y de la vegetación.

En líneas generales, la dinámica de estos constituyentes y propiedades sería:

a) Textura.-

Los elementos texturales del suelo (arena, limo y arcilla) llegan a él a través del proceso de meteorización física y química del material original y, en el caso de zonas deprimidas, por aporte de los relieves circundantes. La meteorización física conduce fundamentalmente a la formación de elementos gruesos, arenas y limos; mientras que la química es responsable de la fracción más fina, la arcilla. El proceso de aporte, por erosión de las áreas circundantes más elevadas, tiende a seleccionar en el espacio los diferentes tamaños texturales, haciéndose más finos en el centro de la depresión y tanto más gruesos conforme nos acercamos al área fuente.

Como es lógico, la naturaleza del material original será otro de los factores que intervenga en la textura del suelo a través de la propia textura y naturaleza de sus constituyentes, ya que, a igualdad de clima, no todos los constituyentes se meteorizan por igual.

Finalmente, la naturaleza y densidad de vegetación, a través de la regulación de los procesos erosivos, condiciona asimismo la textura del suelo, especialmente en zonas de pendiente y tanto más cuanto mayor sea su inclinación.

b) Estructura.-

En el suelo, las partículas elementales tienden a agruparse entre sí y dan lugar a edificios estructurales de forma, tamaño y consistencia característicos; es la llamada estructura, en cuya construcción intervienen fundamentalmente tres constituyentes: arcilla, materia orgánica y cationes cementantes. Tanto la arcilla como la materia orgánica actúan a través de las cargas negativas que presentan, mientras que los cationes intervienen como puentes de unión entre ambas.

El hecho de que su formación esté basada en la atracción de cargas de signo contrario hace que su fuerza de unión, conocida como estabilidad de la estructura, sea tanto más fuerte cuanto más densidad de carga presenten los aniones y cationes, lo que la hace dependiente de la naturaleza de la roca y de la vegetación. Esta estructura, en función de sus características, comunica al suelo una serie de propiedades, de entre las que podemos destacar la regulación hídrica y la resistencia a los procesos erosivos.

La regulación hídrica viene marcada por la aparición, a partir de la formación de la estructura, de macro y microporos; los macroporos se sitúan entre los agregados estructurales y son responsables de un drenaje relativamente rápido, con lo que aseguran la aireación del suelo, mientras que los microporos se sitúan en el interior de los agregados y son los responsables de la capacidad de retención hídrica. Las mejores estructuras serán, por tanto, aquellas que condicionen un equilibrio entre ambos tipos de porosidad, ya que si dominan los macroporos el desecado del perfil será rápido y si dominan los microporos la permeabilidad y aireación del suelo se verá limitada.

Con respecto al control de los procesos erosivos, éstos están condicionados, por un lado, por la regulación de la permeabilidad que cuanto mayor sea menor será la escorrentía y, por otro lado, por la mayor resistencia que presentan los agregados del suelo a ser arrastrados frente a las partículas minerales de menor tamaño.

c) Capacidad de retención de iones.-

Las cargas negativas que presentan la materia orgánica y los elementos minerales finos, especialmente la arcilla, son a su vez responsables de la retención de iones. En ella se pueden diferenciar los parámetros de capacidad de cambio y bases de cambio.

La capacidad de cambio viene a representar la cantidad total de cationes que pueden ser retenidos por el suelo, con lo que se sustraerían al proceso de pérdidas por lavado; mientras que las bases de cambio representan a los cationes que, cuantitativa y cualitativamente, están retenidos en el complejo de cambio. La primera estará regulada por las características de la arcilla y de la materia orgánica; las segundas dependerán tanto de la naturaleza y procesos de alteración de la roca y fracción orgánica, responsables de la liberación al medio de los elementos minerales, como de los procesos de lavado que regulan las pérdidas de estos elementos.

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora, el sistema de relaciones ecológicas vendrá regulado por la naturaleza del material original, el clima, el relieve y la vegetación que, interactuando

a lo largo del tiempo, dan lugar a suelos característicos y cuyo conjunto refleja paisajes diferentes.

Este esquema que, en principio, podría parecer sencillo, no lo es tanto si tenemos en cuenta que en el proceso evolutivo que se produce a lo largo del tiempo, los productos resultantes pueden ir modificando las directrices de actuación de algunos de los factores, con lo que se complica el llamado "sistema de relaciones ecológicas". Como hemos visto anteriormente, el paisaje es, en parte, producto del clima, pero... acaso el clima no es también producto del paisaje que se forma?

En este intrincado sistema de relaciones ecológicas en el que los factores interactúan entre sí y con los productos resultantes, la variación de cualquiera de ellos conlleva automáticamente a la conformación de un paisaje diferente, lo que nos introduce en su dinámica.

1.3. DINAMICA DEL PAISAJE

Como hemos mencionado anteriormente, el sistema de relaciones ecológicas del que emana un determinado paisaje, resulta de la interacción de una serie de factores formadores que, en función de la actuación específica de cada uno de ellos, desarrollan una serie de procesos que imprimen al paisaje una evolución desde un estadio inicial o inmaduro hasta un estadio de madurez; de ahí que la diversidad paisajística tenga su origen tanto en la variabilidad de factores que rigen su formación como en el nivel evolutivo en que se encuentre.

Por otra parte, la gama de variaciones que pueden presentar los diferentes factores es tan amplia y el resultado de sus interacciones tan distinto, que no todos los paisajes resultantes muestran entre sí el mismo grado de diferenciación; coexistiendo, en una misma área natural, paisajes muy semejantes entre sí con otros muy diferentes.

Desde un punto de vista dinámico y de una forma sencilla, se puede considerar al paisaje como un sistema que a través del almacenamiento de información, irá experimentando transformaciones hasta alcanzar su máxima evolución (teórica) de acuerdo con las fuentes de información que hayan determinado su génesis (factores genéticos). La variabilidad en la naturaleza de los factores, así como las características intrínsecas del sistema (nivel evolutivo) serán en última instancia los agentes responsables de la diversidad paisajística. No obstante, ya que las variaciones vienen impuestas como decíamos, además de por la naturaleza y características de los factores, por la propia dinámica y evolución del sistema en su conjunto, de forma que, a través del acumulo de información tiende a modificar la actuación inicial de dichos factores; lógicamente, cualquier agente o actuación que tienda a eliminar o modificar la información acumulada en el sistema, contribuirá igualmente a la diversificación paisajística a través de su rejuvenecimiento o bien, modificando su tendencia evolutiva.

Con objeto de comprender mejor estos hechos, en la fig. 1.2, hemos intentado idealizar un esquema del sistema evolutivo que rige la formación de un paisaje en general. En él, con objeto de simplificar, únicamente representamos dos posibles series evolutivas diferentes, aunque en realidad serían tantas como combinaciones distintas de factores se presentasen. Una es la serie A-B-C-D y otra la W-X-Y-Z, cuyas semejanzas o diferencias entre sí vendrán marcadas por el grado de similitud o diferenciación de los factores (material original, clima y relieve, etc..) que interactúan en cada una de ellas.

MATERIAL ORIGINAL, CLIMA y RELIEVE son los que marcan la naturaleza y propiedades del punto de partida, es decir, el estadio inicial.

El clima, al actuar sobre un material original, da lugar a un sustrato determinado cuyas propiedades se pueden ver alteradas por las pérdidas o ganancias de materiales que condicione el relieve. La naturaleza y propiedades del sustrato resultante de la interacción de estos tres factores condiciona la implantación de una determinada vegetación que, al aportarle sus restos orgánicos, modifica sus propiedades (acumulación de información) y da lugar a la formación del suelo primitivo. Estaremos en los paisajes A o W en función de la serie evolutiva de que se trate.

Conforme el clima y el relieve siguen actuando sobre el estadio inicial del paisaje, actuación que puede verse modificada por los suelos y la vegetación formados en ese primer estadio, el suelo adquiere nuevas propiedades que pueden llevar a la sustitución de la vegetación primitiva por otra, más competente ante las nuevas condiciones que ofrece el sistema fruto de su propia evolución; pasando de esta forma a los estadios B o X.

Este proceso evolutivo continúa hasta que el paisaje alcanza los estadios D o Z, que constituyen la "climax" o "estadio estable", en la cual suelos y vegetación se encuentran en equilibrio con las demás condiciones del medio; no obstante, no se puede decir que en la climax el paisaje detenga su evolución, sino más bien que se ralentiza hasta alcanzar niveles que, en muchos casos, son imperceptibles. El flujo de energía que lo atraviesa se hace muy lento y el ciclo de elementos nutritivos casi cerrado.

La evolución hasta alcanzar el estadio "climax" se puede ver truncada cuando, por cualquier causa, se rompe el estado de equilibrio o la tendencia a él, en el caso de que aún no se haya alcanzado, y el paisaje cambia su dirección evolutiva o, lo que es peor, se produce en él una evolución regresiva mediante el recrudescimiento de los procesos erosivos. Cuando cesa la causa que rompió el equilibrio, el paisaje puede volver a retomar su primitiva tendencia evolutiva, aunque en este caso será diferente de otro, en principio igual a él, que no haya sufrido dicha alteración, ya que se presentará en un diferente estadio evolutivo.

El factor antrópico, mediante prácticas agrícolas, forestales o ganaderas, es el que tiene una mayor repercusión en la alteración de los paisajes naturales. Su actuación sobre el sistema, tiene lugar básicamente a dos niveles:

-a: Eliminación de información: por ejemplo:

1) Desaparición de las condiciones nemorales por eliminación del estrato arbóreo.

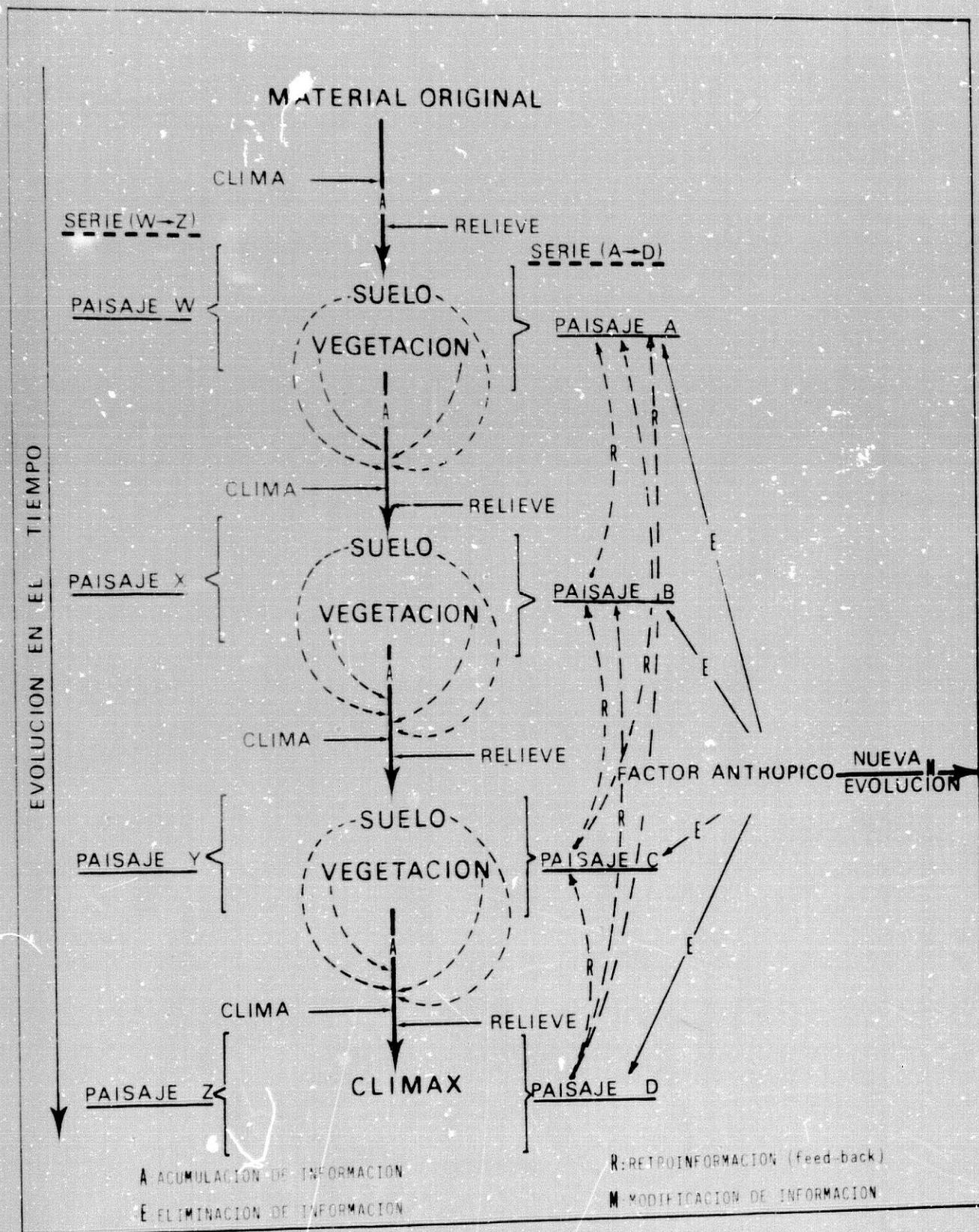


Fig.12- ESQUEMA EVOLUTIVO DEL PAISAJE

2) incremento de la xericidad por la mayor insolación, como consecuencia de lo anterior, y la consiguiente erosión de los suelos en áreas de pendiente, etc.

Como se puede ver, la eliminación de información va a dar lugar a un retroceso del sistema que retornará a estadios más jóvenes, por los que probablemente ya pasó con anterioridad (feedback.). No obstante, en el primer caso, el retroceso solo afectará a la vegetación mientras que, en el segundo, afectará al sistema en su conjunto, vegetación y suelos; por lo que la evolución posterior resultará muy diferente según los casos y, en la mayoría de ellos, resultará poco probable el retorno al estado original ya que probablemente se hayan producido cambios en alguno de los factores que originariamente intervinieron en su configuración (p.ej. variación del clima a través del tiempo).

-b: Modificación o entrada de nueva información: las actividades humanas, a la vez que eliminan información del sistema, pueden aportar una información complementaria que no existía con anterioridad, o bien modificar las propias fuentes de información del sistema; así, procesos como nitrificación, eutrofización o salinización (por pastoreo, repetidos incendios, abonado etc.), serían ejemplos representativos del primer caso; mientras que, la construcción de terrazas o abancalamientos para repoblaciones forestales y cultivos, serían ejemplos representativos del segundo (modificación de las fuentes de información), ya que se modifican las características de uno de los factores formadores, en este caso el relieve, al reducir el grado de inclinación de la pendiente con las consecuencias que esto conlleva.

En definitiva, la destrucción de la cubierta vegetal autóctona y la alteración parcial del suelo primitivo, modifican profundamente el paisaje y el sistema de relaciones ecológicas que subyacen en el mismo.

Tenemos que señalar que, aunque hoy día son las actividades humanas las que fundamentalmente alteran la información del sistema; no son las más importantes. Así, HERART (1967), en su teoría bioresistástica, contempla la existencia de periodos alternantes "biostásticos" y "resistásticos", asociados normalmente a las grandes fluctuaciones climáticas padecidas por la tierra a través de su historia, y que se pueden considerar como sinónimos de destrucción y génesis del paisaje respectivamente. Así, los periodos resistásticos se caracterizarían por el predominio de los procesos morfogénéticos en detrimento de los edafogénéticos debido a la destrucción de la vegetación y la erosión de los suelos, lo que podría considerarse como una eliminación total de la información acumulada en la fase anterior o biostástica, caracterizada por un exuberante desarrollo vegetal y lógicamente por el predominio de los procesos edafogénéticos (fase de acumulación de información). Aparte de esto, cualquier catastrofe natural (incen-

dios, aludes, riadas, etc.) hay que considerarla como una crisis resistàsica a pequeña escala pero que igualmente afectará a la información del sistema.

Por otra parte, mientras que la vegetación es muy susceptible a los cambios climáticos que se han producido a lo largo de la historia de una determinada área natural y es sustituida por otra que se adapte mejor a las nuevas condiciones, en el suelo no ocurre lo mismo y pueden permanecer en él rasgos heredados de épocas climáticas anteriores que le comunican propiedades diferentes a las de los formados en el clima actual.

Estos suelos relictos se suelen conservar en determinadas formas de relieve que, a su vez, también han sido heredadas de épocas climáticas diferentes de las actuales. Por lo tanto, el factor relieve, no solamente interviene a través de los parámetros pendiente u orientación, como ya vimos anteriormente, sino también por medio de la edad de su superficie, pudiéndose conservar en ella rasgos de los distintos episodios por los que ha pasado y que quedan reflejados en las características de sus suelos; de todo lo cual se puede deducir la gran importancia que la Geomorfología tiene en los estudios paisajísticos ya que, como apuntan BARAHONA Y LINARES (1979), "...los suelos se desarrollan en un medio dinámico en continuo cambio y sufren las mismas vicisitudes que la superficie geomórfica sobre la que se asientan."

Esta vulnerabilidad espacial que presenta el paisaje, consecuencia de su dinámica, es la que llevó a BOLUDA ET AL (1984) a definirlo como: "complejo de elementos (litología, relieve, suelos, vegetación, etc.) cuya variación colectiva o individual da lugar a los rasgos diferenciadores entre un tipo de paisaje y otro circundante a él".

A su vez, esta diversidad de paisajes que coexisten o pueden coexistir en una determinada área natural obliga a que, en los estudios medioambientales, se lleve a cabo una distribución geográfica de los mismos mediante la elaboración de mapas que reflejen el mayor número de sus propiedades, así como las relaciones ecológicas que existen en y entre cada una de ellas.

1.4. SISTEMAS DE ANALISIS Y REPRESENTACION DEL PAISAJE

En términos generales, los diferentes sistemas existentes encaminados a elaborar mapas de paisaje o de aspectos relacionados con él (Prospección, Planificación, Ordenación, etc.), responden a dos filosofías diferentes, (DIAZ DE TERAN, 1985):

- Metodologías de carácter sintético, basadas en la delimitación de unidades integradas.

- Metodologías de carácter analítico o paramétrico, basadas en la representación, de forma aislada, de aspectos concretos del territorio.

1.4.1. Metodologías sintéticas

Tienen como objeto final la elaboración de cartografías que representen la realidad del territorio mediante el establecimiento de unidades homogéneas. Estas unidades han recibido denominaciones muy diversas: "Unidades Ambientales" (G. BERNALDEZ, 1973; RAMOS ET AL., 1979), "Unidades Homogéneas" (G. OREA, 1978), "Unidades Geológico Ambientales" (CENDRERO, 1980), "Unidades Isoecológicas" (JOURDAN, 1972), "Fatsiya (facies)" (VINOGRADOV ET AL, 1968), "Land Types" (HILLS y PORTELANCE, 1960), "Resources Capability Units" (BROWN ET AL., 1971), "Environmental Resources Units" (TURNER y COFFMAN, 1973), "Tipos Morfológicos" (NAKANO, 1962), "Unidades Naturales" (LABRANDERO, 1980), "Unidades de Paisaje" (BOLUDA, MOLINA y SANCHEZ, 1984), etc.. Lo cierto es, que todas ellas hacen referencia a porciones del territorio que tienen una cierta homogeneidad interna y que son diferenciables de otras de la misma zona.

El problema, como indica GARCIA (1983), es que el paisaje, y por tanto las unidades homogéneas, varía en función de la escala de observación utilizada. Así, al observar una imagen de la tierra tomada desde un satélite, aparece un mosaico conformado básicamente por tres unidades diferentes: una de color azul, correspondiente a los mares, otra de tonos oscuros que se corresponde con las áreas emergidas y otra de color blanco que ocupa ambos polos del planeta. Pero si aumentamos la escala de observación, conforme nos vamos aproximando a la superficie, veremos que el mosaico se diversifica y aparecen nuevas unidades diferentes, tanto cromática como morfológicamente: valles, montañas, bosques, praderas, desiertos, etc...

Por lo tanto, unidades que son homogéneas a una determinada escala de observación se diversifican al aumentar dicha escala; de ahí que la homogeneidad, dentro de una unidad, será siempre un carácter relativo y directamente relacionado con la escala de trabajo utilizada.

De la gran diversidad de metodologías sintéticas existentes, creemos interesante destacar la elaborada por los investigadores australianos del C.S.I.R.O. (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) (CHRISTIAN y STEWART, 1952, 1968; STEWART y PERRY, 1953; CHRISTIAN, 1957) que, por su carácter pionero, versatilidad y aplicabilidad, ha tenido una amplia difusión.

Este organismo de investigación aplicada utiliza un método denominado "Land System" o "Levantamiento de tierras", que consiste en una descripción fisionómica realizada por un equipo multidisciplinario, mediante fotogrametría y su posterior comprobación a través de transectos realizados en el campo.

A partir de estos datos, la cartografía de "Land System" consiste en definir áreas con una combinación predecible de formas superficiales con determinados tipos de suelos y vegetación. (COOKE Y DOORNKAMP, 1974). Los resultados se expresan taxonómicamente dividiendo los territorios en:

- Land System.- Grandes conjuntos de relieve de categoría morfoestructural, caracterizados por una topografía, unos suelos y una vegetación.
- Land Units.- Se denomina así a cada una de las unidades que constituyen cada land system. Es la unidad básica de reconocimiento sobre el territorio y suelen ser formas simples caracterizadas por una roca, un suelo y una vegetación determinada. Los land units no se cartografían, sino que se representan numéricamente sobre unos bloques diagrama representativos del land system, tal y como aparece en la fig. 1.3.
- Elements.- Son elementos en que puede dividirse cada land units en base a características o parámetros parciales; por ejemplo, el caso de un interfluvio cuyas dos laderas presentan diferente grado de pendiente.
- Variants.- Se utilizan, dentro de cada land units, para indicar la presencia de caracteres fuertemente modificados con respecto al carácter general de la unidad y que son detectables en el campo pero no por fotointerpretación.

SOGERI LAND SYSTEM (25 SQ. MILES)

Savannah-covered low hills with red volcanic soils, on the Sogeri Plateau.

Geology—Deeply weathered andesitic tuff, lava, and dyke rocks and minor resistant flat-lying agglomerate, Pliocene.

Geomorphology—Closely set, parallel or branching accordant ridges, mainly 50-100 ft high, with prominent short spurs; some broadly undulating terrain; terraced flood-plains of larger rivers; dense dendritic drainage with pinnate tributary pattern; much small-scale slumping and valley siltting; minor streams intermittent or ponded; larger streams perennial.

Altitude—1600-2200 ft.



Unit	Area	Land Form	Soil	Vegetation
1	Very large	Ridges and spurs, slopes of undulating convex slopes up to 260 yd long, mainly averaging 15-20° but steepening to 25° on steepest heads and in undulating sections; partly well-shaded up-channelled, generally partly deep, embayed by narrow unchanneled valleys, convex foot slopes 4-10° and mainly up to 50 yd long, locally averaging 60° up.	Acid red to brown clay soils, Sogeri family (9B-11) a.	Savannah (<i>Alphitonia</i> , <i>Eucalyptus</i> , <i>Acacia</i>)
2	Medium	Undulating terraces up to 50 ft of relief, with broad, mainly unchanneled valleys; flatish interfluve crests up to 100 yd wide, slopes less than 2°, and marginal slopes to b, and up to 150 yd long.	Acid red to brown clay soils, Sogeri family (9B-11) a.	
3	Small	Small valley floors up to 50 yd wide, axial gradients 0-30-4°, cross slopes up to 4°, partly with small sluggish streams and commonly ill-drained.	Imperfectly drained alluvial soils, acid brown clays (9B-11) a, b. Minor, very poorly drained alluvial soils, grey silty clays (4u-11) b.	Tall evergreen forest (<i>Marattia</i> , <i>Dioscorea</i>); <i>Protonia</i> vegetation in wetter parts.
4	Very small	Alluvial terraces up to 50 yd wide, cross slopes up to 0-45°, longitudinal gradients 0-30°, generally a more extensive terrace belt 200-300 ft wide, and a lower terrace subject to periodic flooding, meandering channels up to 50 ft wide and 10 ft deep.	Acid red to brown clay soils, Sogeri family (9B-11) a.	

Fig. 1.3.- Ejemplo de Land System (HADDUT ET AL, 1965; en DIAZ DE TERAN, 1965).

La representación final de los Land Systems se realiza a escalas que oscilan entre 1:250.000 y 1:1.000.000, a partir de fotointerpretación a escalas 1:30.000 y 1:80.000 respectivamente.

En Canadá, HILLS (1961, 1970) desarrolló un método basado en la sectorialización del territorio en unidades homogéneas. Se parte de macrounidades que se van subdividiendo, en unidades menores, en función del clima y formas superficiales.

Siguiendo este esquema, divide el territorio en:

"Zonas o Regiones".- Se establecen a partir de semejanzas climáticas. Dentro de cada una de ellas se presentan similares

características en cuanto a formas superficiales y sucesiones vegetales. Su tamaño oscila entre 2.500 y 10.000 Km²

"Subzonas".- Su división se hace en base a criterios geológicos y geomorfológicos fundamentalmente.

"Clases Fisiográficas".- Subdivisiones de las zonas en base a variaciones locales del clima que inducen zonaciones en la vegetación.

"Tipos Fisiográficos".- Subdivisiones de las clases en función a la potencia y humedad de los suelos. Constituyen la unidad básica dentro de la cual pueden desarrollarse varios ecosistemas y su tamaño oscila entre 2 y 40 Ha.

El resultado final es una cartografía en la que se presentan los principales usos múltiples de cada unidad de paisaje.

En España, SANCHEZ ET AL. (1984), elaboran una metodología a la que denominan "Método de la Cartografía Básica" y en la que tratan de evaluar el paisaje en función de los suelos, y no como entes aislados, sino a través de correlaciones de sus características morfológicas, físicas y químicas con el clima, material geológico, vegetación, topografía y erosión. En base a estos atributos, establecen un nivel básico para la correcta ordenación y utilización del territorio.

Esta metodología consta de las siguientes fases:

- Estudios previos
- Fotointerpretación
- Fase de laboratorio
- Revisión de las unidades y definición del código básico
- Redacción y presentación de la cartografía básica y temática.

Consideran que la escala óptima de trabajo se encuentra en escalas mayores a 1:50.000. Un esquema de esta metodología, aparece representado en la fig. 1.4.

Por otra parte, BOLUDA, MOLINA Y SANCHEZ (1984), proponen una metodología que tiene por objeto el establecimiento de una serie de niveles espaciales cartografiables a distintas escalas, que recojan las características intrínsecas del medio físico y a nivel jerárquico inferior (Unidad de Paisaje), la asignación de la

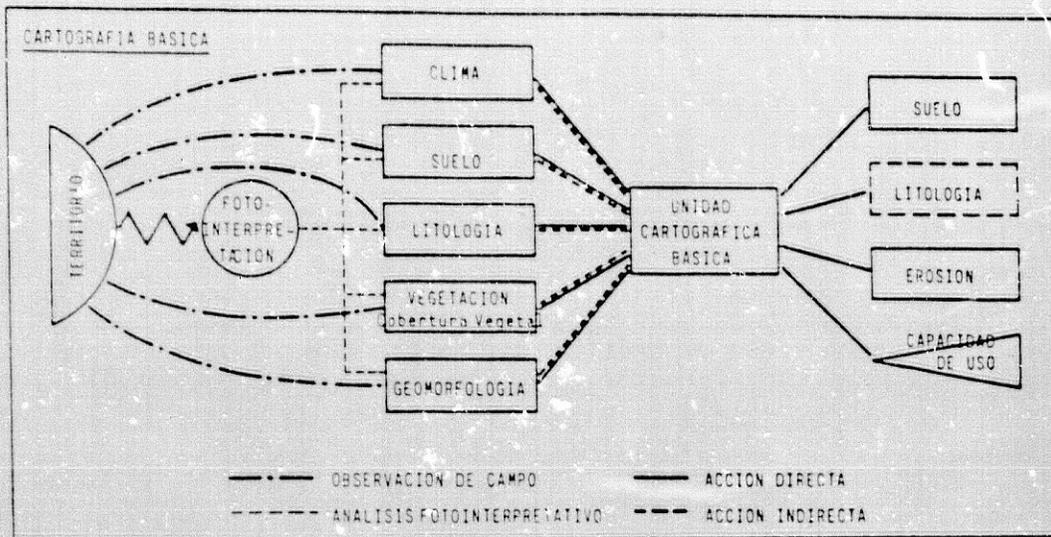


Fig. 1.4.- METODOLOGIA DE LA CARTOGRAFIA BASICA (SANCHEZ ET AL, 1984).

potencialidad de uso reflejada a través de dichas características. La denominan "Metodología de la Unidad de Paisaje" y establecen los siguientes niveles cartográficos de clasificación del Paisaje:

- Sistema de Paisaje..... 1:150.000 - 1:1.000.000
- Patrón de Paisaje..... 1:150.000 - 1:80.000
- Unidad de paisaje..... 1:33.000 - 1:18.000

Estos niveles son asimilables a los "Land System", "Land Facet" y "Land Unit" del C.S.I.R.O.

La unidad de menor rango la denominan como declamos: "Unidad de paisaje" y la definen como "entorno espacial cartografiable a escala 1:25.000, caracterizado por el clima, material geológico, topografía, morfología, vegetación, suelos y por presentar el mismo grado de erosión". Estas unidades, en la cartografía, vienen definidas por un código que representa el tipo de suelo, litología, grado de erosión y capacidad de uso. Como paso previo a su delimitación, estos autores, establecen las características climáticas y geológicas predominantes que condicionan e inciden directamente en la génesis y evolución del sistema.

IBAÑEZ (1986) e IBAÑEZ ET AL. (1987) proponen, asimismo, una metodología para la clasificación jerarquizada del paisaje en áreas de montaña y la aplican al macizo de Ayllón.

Taxonómicamente dividir el paisaje en las siguientes unidades jerarquizadas (fig. 1.5):

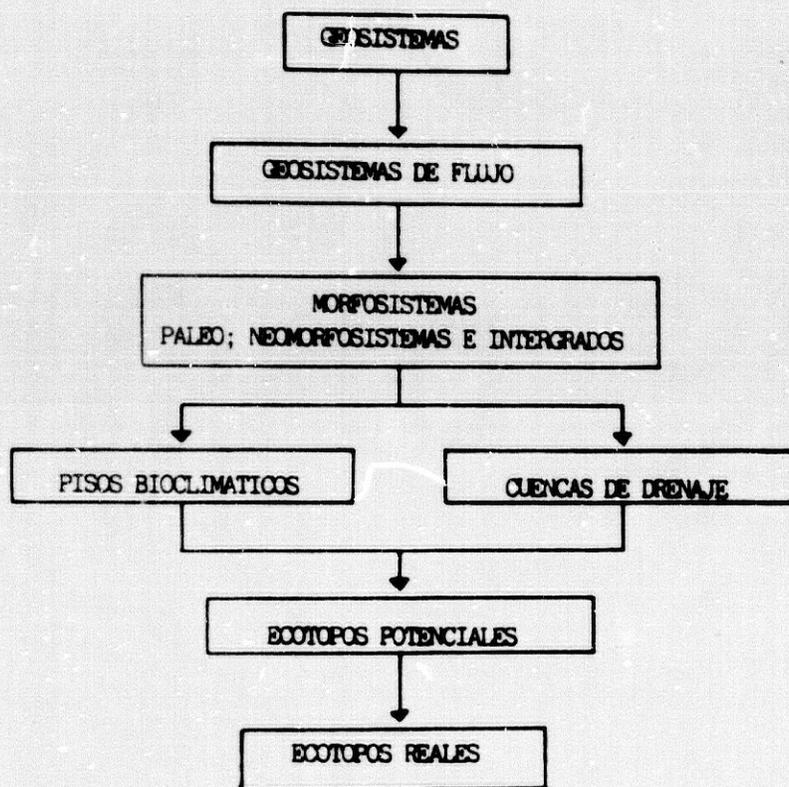


Fig. 1.5.- PROPUESTA DE CLASIFICACION JERARQUIZADA DEL PAISAJE EN AREAS DE MONTAÑA MEDITERRANEA (IBAÑEZ ET AL, 1987).

"Geosistema".- Es equivalente al sistema de relaciones geográficas de SOCHAVA (1963).

"Geosistemas de Flujo".- Serían aquellos sistemas de relaciones geográficas en los que se observan idénticas pautas en los vectores de flujo, siempre que no se presenten discontinuidades litológicas basadas en heterocronías de los procesos.

"Neomorfosistemas".- Sectores con rasgos geomorfológicos propios, motivados por agentes morfogenéticos concretos y consecuencia directa del clima actual.

"Paleomorfosistemas".- Sectores cuya morfología es heredada de etapas climáticas o morfogenéticas antiguas.

"Cuencas de Drenaje".- Están basadas en el hecho de que el sistema de erosión fluvial es el que determina generalmente la dinámica de los sedimentos en el paisaje. Las cuencas de drenaje se comportan como sistemas termodinámicamente abiertos a los flujos de energía y materiales.

"Pisos Bioclimáticos".- Serán cada uno de los tipos o grupos de medios que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal (RIVAS MARTINEZ, 1982, 1983).

"Ecotopos Potenciales".- Se definen como superficie geográfica ecológicamente homogénea y que por ello posee un único tipo de vegetación potencial; puede incluir series climatófilas e hidrófilas (edafófilas o geomorfófilas) que poseen una asociación de suelos determinada. Las unidades edáficas pueden integrar una o varias secuencias de taxones dependiendo del material litológico o restos de paleosuelo.

"Ecotopos Reales".- Se denomina así a cada célula del ecotopo potencial que posee una determinada comunidad vegetal; viene condicionada por variaciones estacionales o sometida a la acción antrópica.

Como se puede observar, el fundamento y los objetivos concuerdan en todos estos métodos sintéticos; se basan en delimitar porciones de terreno que tengan una homogeneidad y sean progresivas, de forma que los parámetros implicados son más detallados a medida que se realizan sucesivas divisiones del territorio, o lo que es lo mismo, a medida que aumenta la escala de observación. En definitiva, se trata de una estructuración del medio natural en base a parámetros fisiográficos (PEDRAZA, 1981).

1.4.2. Metodologías analíticas.-

Se pueden definir como un intento de clasificación y subdivisión del territorio en base a la utilización de atributos seleccionados (MITCHEL, 1973).

En este tipo de metodologías, cada uno de los elementos que integran el paisaje puede dar lugar a un mapa temático en función al objeto perseguido, obteniéndose tantos mapas como elementos se han inventariado, evaluándose de forma individual cada elemento y las unidades en que se ha subdividido. Posteriormente, por agregación de las distintas valoraciones individuales, se obtiene el valor conjunto.

De las distintas metodologías analíticas, la de MCHARG (1969) quizás sea la más estandarizada. Su principal característica es la de abordar, de forma paralela, los aspectos fisicobiológicos y económicos, netamente independizados, mediante análisis sectoriales primarios. Está basada en el principio de que los procesos físicos y biológicos son los que condicionan la ordenación del territorio, es decir, considera a los procesos naturales como un recurso que puede y debe introducir restricciones en el uso del territorio (PEDRAZA, op. cit.)

Para la delimitación de unidades utiliza la superposición de mapas temáticos transparentes, identificando en cada uno de ellos la intensidad y extensión de los impactos. El proceso aparece esquematizado en la fig. 1.6.

En líneas generales consta de tres fases netamente diferenciadas:

a) Realización de un exhaustivo inventario y recogida de todo tipo de información.

b) Proponer las distintas actividades posibles y establecer las escalas de valoración para éstas y para los distintos parámetros de la fase anterior.

c) Establecer la propuesta final de planificación mediante la confrontación de la oferta (resultado del diseño restrictivo o ecológico) y la demanda (resultado del diseño transformador o socioeconómico).

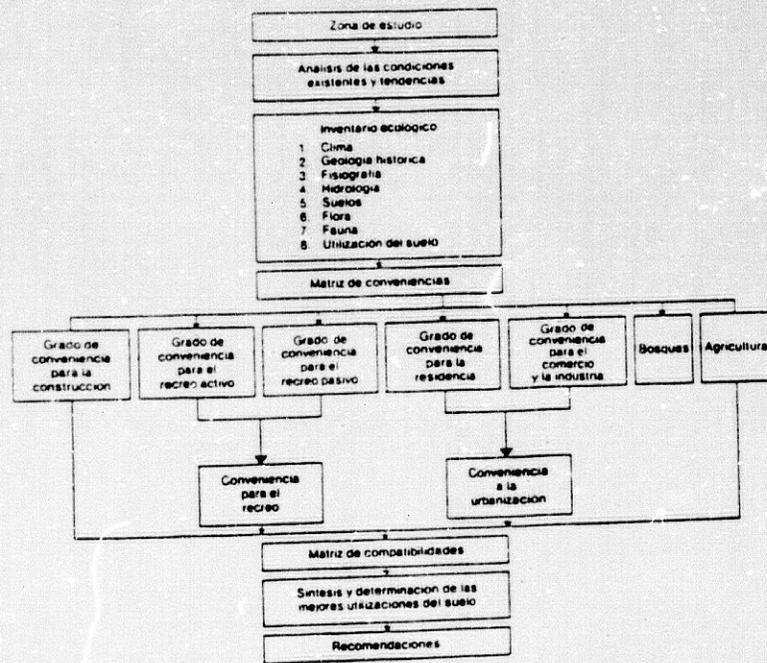
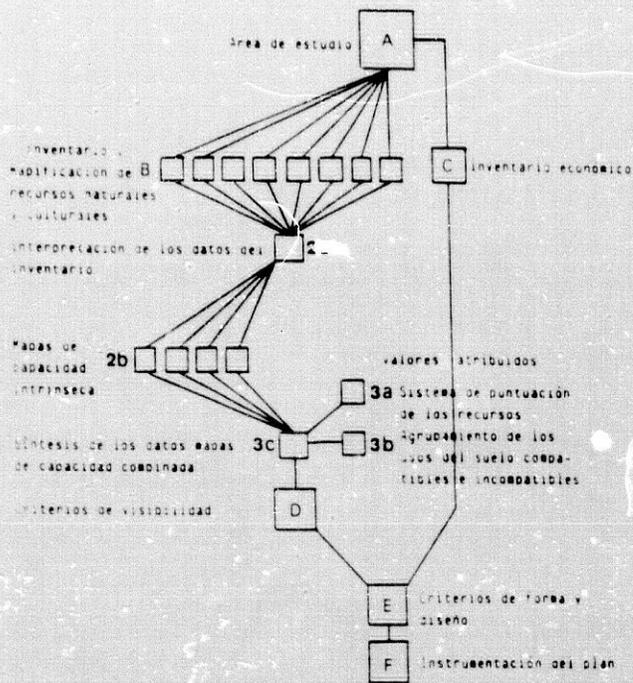


Fig. 1.6.- DIAGRAMA DEL METODO DE McHARG (1) Y SECUENCIAS DEL MISMO PARA EL SECTOR ECOLOGICO (SEGUN GOMEZ OREA, 1978-1).

Según DIAZ DE TERAN (op. cit.), las principales ventajas de este tipo de metodologías en comparación con las sintéticas son:

- Permiten el trabajo con equipos especialistas en cada tema, lo que repercute en la calidad de los inventarios.

- Se elimina la componente subjetiva en la creación de unidades homogéneas e incrementa la precisión cartográfica.

- Facilitan la realización de la cartografía cuando se estudian territorios extensos.

- Facilitan la elaboración de bancos de datos y el tratamiento informático de los mismos.

Como inconvenientes:

- Requieren un gran esfuerzo de coordinación entre los distintos especialistas.

- Resultan más costosos y precisan de un mayor tiempo de ejecución.

- No plasman con excesiva claridad la realidad global del territorio y las interacciones entre elementos.

Para terminar solo decir, de acuerdo con IBAÑEZ (1986), que la gran mayoría de estas metodologías, están más orientadas a la prospección del medio e inventariación de recursos que al propio conocimiento dinámico del mismo; conocimiento que, en definitiva, es el que nos podrá permitir la racional utilización de esos recursos tan necesarios, a la vez que evitar su total destrucción.

2. OBJETIVOS

De acuerdo con lo expuesto en la introducción, el suelo y el paisaje en el que se encuentra inmerso tienen una evolución paralela a lo largo del tiempo, de forma que los mismos factores que rigen el sistema de relaciones ecológicas que actúa en cada paisaje son los que condicionan la génesis de sus suelos.

Basándonos en este principio, nuestro objetivo será avanzar en el conocimiento del sistema de relaciones ecológicas que ha dado origen al actual paisaje del sector oriental de Sierra Nevada a través del estudio de sus suelos y de la relación de éstos con la vegetación que soportan. La elaboración de un mapa de distribución de las distintas unidades de suelos y la redacción de una memoria en la que queden recogidas las actuaciones de los factores y procesos que han dado origen a su diversidad, así como las interrelaciones existentes entre las unidades, constituye el núcleo central de nuestro trabajo.

3. LOCALIZACION
DEL
AREA DE ESTUDIO

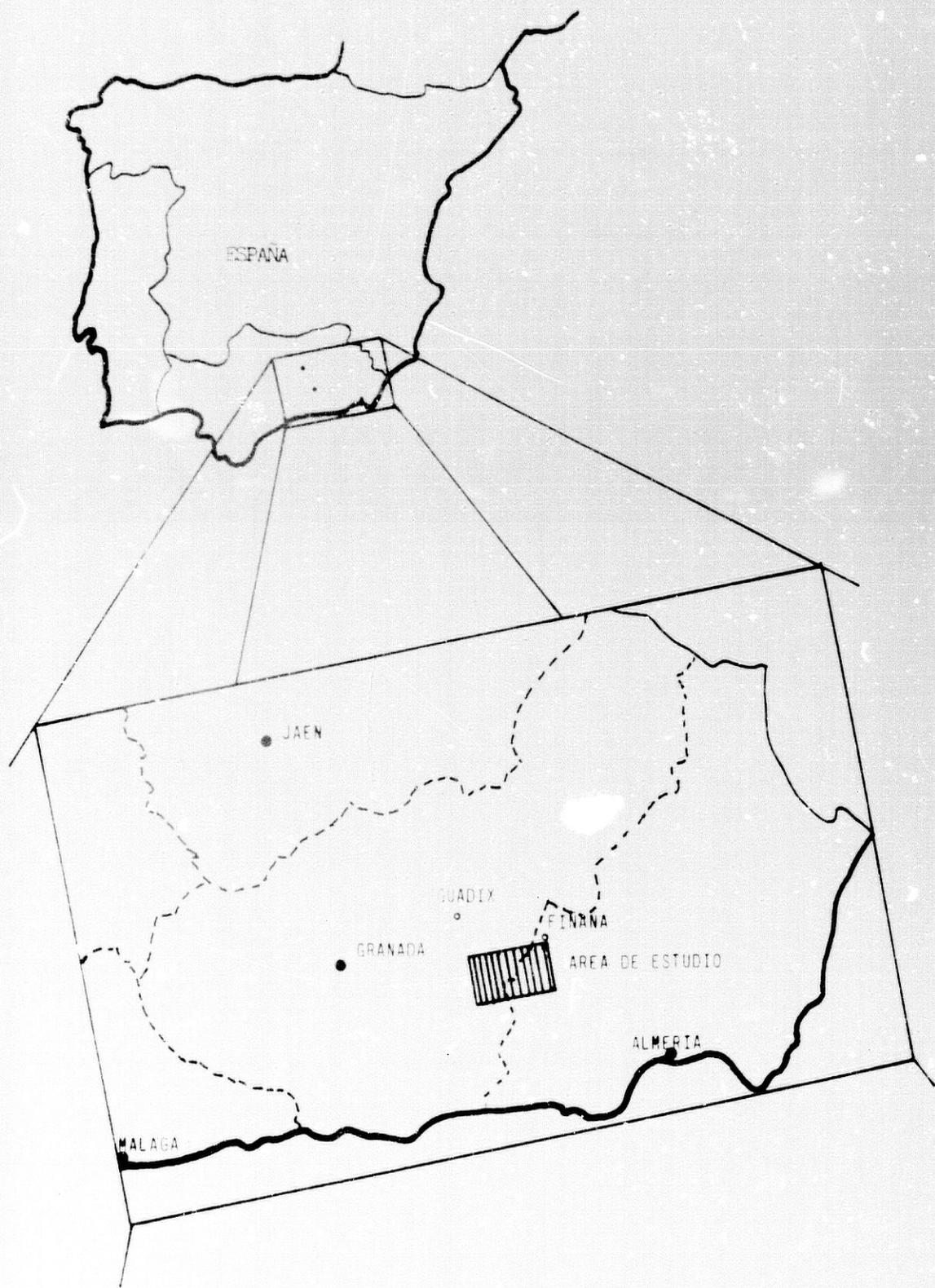


Fig. 3.- LOCALIZACION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

El área objeto de la presente memoria se localiza en el sector oriental de Sierra Nevada y a su vez concretamente la superficie correspondiente a la hoja 1.028 del Mapa del Servicio Cartográfico Nacional a escala 1:50.000, denominada Aldeire.

Comprende pues, una notable porción de Sierra Nevada y parte de las provincias de Granada y Almería entre las coordenadas: 2° 51' 10" - 3° 11' 10" de longitud Oeste y 37° 10' 04" - 37° 10' 04" de latitud Norte.

La superficie total ocupada por la hoja es de 54.822 Ha. (Ministerio de Agricultura, 1975) y de éstas, aproximadamente el 61% corresponde a la provincia de Granada y el resto a la de Almería. Comprende gran parte de las comarcas de Jéres del Marquésado y Nacimiento, al Norte, y de las Alpujarras y Alto Andarax, al Sur (fig. 3.1.)

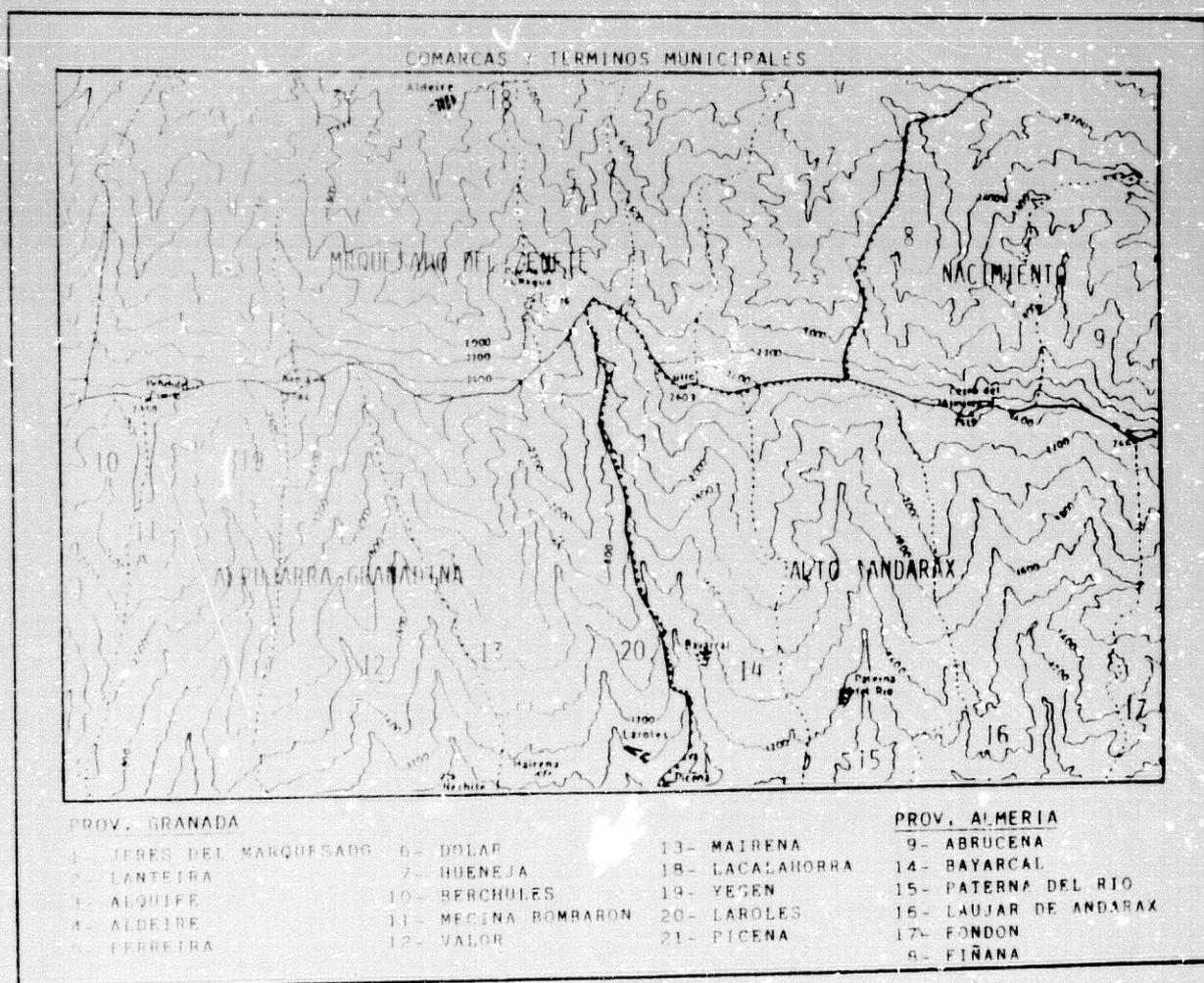


Fig. 3.1.- Ambito del Estudio: Comarcas y Términos Municipales.

Los municipios que total o parcialmente están incluidos en la hoja son:

Provincia de Granada: Aldeire, Alquife, Bèrchules, Dòlar, Ferreira, Huèneja, Jères del Marquesado, La Calahorra, Lanteira, Laroles, Mairena, Mecina Bombaròn, Picena, Vàlor y Yègen.

Provincia de Almeria: Abrucena, Bayarcal, Fiñana, Fondòn, Laujar y Paterna.

Se trata de un àrea típicamente montañosa, no existiendo ninguna cota inferior a 700 m. (s.n.m.). Las máximas altitudes aparecen en el sector central, en la dorsal de Sierra Nevada, que atraviesa el territorio en dirección E-O, alcanzándose la máxima cota en el límite occidental del àrea y más concretamente, en las estribaciones del Picòn de Jères.

3.1. Accesos

Las principales vías de acceso parten, para la vertiente norte, de la carretera nacional 324 (Guadix-Almeria), y de la comarcal 332 (Orgiva-Almeria, por Ugijar) para la vertiente sur. La carretera comarcal 331 (Guadix-Adra), conocida como carretera del Puerto de la Ragua, atraviesa el àrea de estudio de Norte a Sur, entre las poblaciones de La Calahorra y Laroles.

De la N-324, en el kilómetro 226, parte una carretera local que conduce a Jères del Marquesado, Lanteira, Aldeire y La Calahorra, y que discurre por la zona basal de la Sierra.

A partir de la C-331, en la ladera sur, a la altura de la Majada del Gitano, discurre la carretera local hacia Bayarcal, Paterna del Rio y Laujar de Andarax. También la C-331, a su llegada a Laroles, se bifurca en dos ramales que van a unirse con la C-332, uno por Mairena y Mecina Alfahar, y el otro por Picena y Cherin.

Además de estas vías principales, un denso entramado de pistas forestales permiten el acceso a la casi totalidad de la zona. De Norte a Sur, las principales son: Una que recorre el sector noroccidental, a media ladera, sobre los 1.700 metros, con término en Jères del Marquesado, y con un ramal que desciende por la ladera occidental del Barranco de los Tejos hasta Aldeire.

Aproximadamente a 1.850 metros, otra pista recorre el sector nororiental; a partir de ella, tres ramales descienden a Ferreira, Dòlar y Huèneja, respectivamente, y en el límite oriental de la hoja, vuelve a dividirse en otras pistas que conducen a Fiñana, Abia y proximidades de Ohanes.

En el Puerto de la Ragua nace una pista que, siempre por encima de 2.000 metros, llega a Laguna Seca, Cerro del Almirez y el Buitre, en el límite de la Hoja, con una serie de bifurcaciones que hacen posible el recorrido de la zona.

El acceso al sector suroccidental se realiza a partir de la C-331, por la pista forestal de Piedras Blancas que discurre a media ladera entre 1.650 y 1.900 metros y que a su vez, se subdivide en dos ramales: uno descendente que conduce a Válor y otro ascendente que muere en la llamada Fuente de Primeras Aguas, en las proximidades del Collado del Lobo.

Prácticamente todas las vías indicadas pueden ser recorridas en automóvil, si bien es aconsejable, en las denominadas pistas, la utilización de vehículos todo terreno.

4. ANTECEDENTES

Hasta hace relativamente poco tiempo, los estudios edafológicos sobre Sierra Nevada eran muy escasos y se limitaban a estudios puntuales en los que fundamentalmente se intentaba dilucidar la influencia de los factores formadores en la génesis y distribución de los suelos en el macizo. Entre estos trabajos pioneros se encuentran los de GUTIERREZ RIOS Y MEDINA ORTEGA (1946 y 1950), HOYOS DE CASTRO Y MEDINA ORTEGA (1951), RAYA (1957) y ALIAS Y PEREZ PUJALTE (1968), que establecen las bases del sistema edáfico del macizo. En estos trabajos ya se ponen de manifiesto hechos tan significativos como:

-Las variaciones climáticas con la altitud, la naturaleza del material geológico y la abrupta topografía son los principales factores que condicionan el tipo de suelo en el macizo, coadyuvados por la orientación y la vegetación.

-Distribución de los suelos a modo de bandas más o menos concéntricas de igual intervalo de cota, para Hoyos de Castro y Medina Ortega, o intervalos de cota variables dependiendo de la orientación, para Raya.

-Las características de los factores determinan un escaso desarrollo de los suelos y un predominio de los procesos de meteorización física, lo que conduce a que las arcillas de los suelos procedan de la fragmentación mecánica de las rocas (heredadas) y predominen minerales de tipo illítico, y caolinita de forma minoritaria.

- La existencia de modificaciones en las características físico-químicas de los suelos, al ascender en altitud, como consecuencia de las variaciones climáticas.

En esta primera época, los estudios de tipo cartográfico se restringen a trabajos a gran escala como el mapa de suelos de España a E= 1:1.000.000 del C.S.I.C. (1966); en el, la zona correspondiente a Sierra Nevada, aparece ocupada por tierras pardas meridionales y litosuelos, para los materiales silíceos, y suelos pardo calizos y litosuelos sobre los materiales calcáreos.

Dentro de la general escasez de información, esta se hace mucho más patente en el sector oriental de la sierra y no solo en el campo de la edafología, sino también en la mayoría de las áreas de conocimiento que componen nuestra comunidad científica. Este hecho, probablemente haya que achacarlo al mayor interés que ha suscitado el sector occidental, donde se ubican las mayores elevaciones, y, por otra parte, a su proximidad y facilidad de accesos desde la ciudad de Granada.

En la última década, los estudios edafológicos en la sierra cobran un renovado auge y en particular desde el inicio del Proyecto L.U.C.D.E.M.E. (Lucha contra la desertificación del Mediterráneo) cuya primera fase, de objetivos puramente cartográficos, ha facilitado la aproximación de los diferentes estamentos científicos hasta los rincones más reconditos y algo injustamente olvidados de este gran macizo montañoso.

Con anterioridad al inicio del citado proyecto, los primeros trabajos cartográficos, a escala regional, se deben a BARAHONA Y SANTOS FRANCÉS (1974) que realizan el Mapa de Suelos de la Provincia de Granada a E= 1:400.000. En él, aparece el macizo constituido por unidades más o menos concéntricas, sobre los materiales silíceos, e irregulares sobre los materiales carbonatados. Estas unidades corresponden a Regosoles dísticos y Litosoles, en los niveles superiores, y Cambisoles y Regosoles dísticos con Litosoles entre 2.000 y 2.400 m., pudiendo variar estos límites en función a la orientación y longitud geográfica. Por debajo de 2.000 m., aparecen Cambisoles y Regosoles édricos, junto a Luvisoles crómicos en menor proporción; esto para los materiales silíceos. Sobre rocas carbonatadas dominan Litosoles y, en menor proporción, Regosoles édricos y Luvisoles crómicos.

Posteriormente, PÉREZ PUJALTE (1978) y DELGADO CALVO-FLORES Y SIMÓN (1982), realizan los Mapas de suelos de la provincia de Granada a E= 1:200.000 y el Mapa de Suelos de Sierra Nevada a E= 1:400.000, respectivamente, en los que la sierra aparece cartografiada igualmente en unidades concéntricas y con una secuencia de suelos muy similar a la establecida por BARAHONA Y SANTOS FRANCÉS (op. cit.). Delgado y Simón, establecen 14 unidades de suelos y una unidad miscelánea de tierras en el área correspondiente al macizo, empleando el sistema de clasificación de la F.A.O. (1974), y establecen el límite édrico-dístico de los suelos, sobre materiales silíceos, aproximadamente a nivel de la cota de 2.000 m.

Más adelante, ya en el ámbito del Proyecto LUCDEME, se realizan diversos mapas de suelos a E= 1:100.000, en la Provincia de Granada, correspondientes a sectores de Sierra Nevada o áreas en las que esta aparece parcialmente incluida, como son las hojas de Guejar Sierra (DELGADO CALVO-FLORES ET AL, 1986) y Durcal (SIERRA ET AL, 1986), así como otras que comentaremos más adelante, al analizar los antecedentes en el sector oriental de la sierra.

Dentro de los trabajos realizados en esta última década, hay que resaltar la labor realizada por Delgado Calvo-Flores y colaboradores y su gran aportación al conocimiento de los suelos de Sierra Nevada; así, DELGADO CALVO-FLORES (1977; 1980), DELGADO CALVO-FLORES ET AL (1979a y b; 1981; 1982a, b, c, d, e y f) y BARAHONA ET AL (1982), centran su atención en el sector noroeste

del macizo y, más concretamente, en las cuencas del río Dilar y Barranco Hondo, subsidiario de la anterior. Sus estudios los llevan a cabo sobre los materiales silíceos del complejo Nevado-Filábride y en un intervalo altitudinal comprendido entre 1.450 y los 3.398 m., correspondientes a la máxima elevación de la cuenca: el Veleta.

Dada la multitud de trabajos, y al objeto de no extendernos excesivamente, a continuación vamos a exponer las conclusiones más interesantes que se desprenden de la detenida lectura de los mismos y que, a nuestro juicio, mejor caracterizan a los suelos de Sierra Nevada:

- Establecen 10 unidades de suelos y 4 unidades misceláneas de tierras; los suelos se clasifican en los ordenes Inceptisoles, Entisoles y Mollisoles, de la Clasificación Americana. Los más abundantes son los Inceptisoles, le siguen en importancia los Entisoles y por último los Mollisoles. Se desarrollan en laderas cubiertas por derrubios, correspondientes a etapas de fuerte periglaciario de la última glaciación (Wurmiense final-Postwurmiense). Realizan también estimaciones sobre la edad de los suelos, que serán comentadas en el capítulo dedicado al factor tiempo, e igualmente estiman su velocidad de denudación, obteniendo unos resultados de 42 cm. cada 100 años.

- En general se trata de suelos poco profundos con escasa horizonación, de textura franca a franco-arenosa, normalmente muy ricos en fragmentos rocosos y pH siempre ácido. Presentan valores de capacidad de cambio de medianos a bajos y entre las bases predominan los alcalinotérreos. El grado de saturación, es en todos los casos inferior al 100% y los óxidos libres no ligados a la materia orgánica presentan valores máximos en los horizontes B y C.

- Los minerales de la arcilla son fundamentalmente heredados o de transformación y entre estos es la illita el mineral mayoritario, apareciendo también interestratificados illita-montmorillonita y de forma minoritaria, clorita, montmorillonita, caolinita, paragonita, gibsita y goetita.

- La composición mineralógica de las fracciones mayores de dos micras es esencialmente cuarzo y micas y junto a ellos, en menor proporción, contenidos variables de feldespatos, clorita y oxihidróxidos de hierro.

- Con respecto a la influencia del relieve en las características de los suelos, señalan que la cota es el más importante de los tres parámetros relacionados con él (Altitud, pendiente y orientación):

- Conforme aumenta la altitud, los suelos pierden espesor, la textura es más grosera, son más ácidos, disminuye la capacidad de cambio, la saturación en bases y, paralelamente a la disminución del contenido en arcilla, esta se enriquece en caolinita.

- Con respecto a la pendiente, conforme aumenta, decrece el espesor de los horizontes, el contenido en arcilla y la capacidad de cambio; por el contrario, las bases de cambio aumentan debido al aumento en la proporción escorrentía superficial/ percolación, al mayor aporte de materiales inalterados y al rejuvenecimiento del suelo. En relación al contenido en alcalinoterreos, señalan que parte procede de la contaminación directa del polvo atmosférico o bien a través de la nieve.

-La orientación afecta fundamentalmente a la humedad del suelo y contenido en caolinita.

-Sobre la influencia de la vegetación, ponen de manifiesto la existencia de un reciclaje de bases a expensas del ciclo biogeoquímico.

- En relación al modelado, indican que las zonas altas presentan rasgos de periglaciario acusado y conforme se desciende, estos se van atenuando en favor de los regímenes semiáridos y mediterráneos.

- Establecen correlaciones clima-cota, y estiman las variaciones de precipitación y temperatura, por cada 100 m. ascendidos, en 33,3 mm. de aumento para la primera y 0,61°C de disminución para la temperatura. Por último, señalan que los suelos en las cotas elevadas, posiblemente permanezcan congelados varios meses al año pero que no existe permafrost.

DELGADO CALVO-FLORES Y ORTEGA BERNALDO DE QUIROS (1984), estudian los edafoclimas de la vertiente Sur-Suroeste de la sierra y entre las conclusiones más interesantes hay que destacar:

- Las variaciones de precipitación y temperatura al ascender en el macizo son de 34 mm. de aumento y 0,59°C de disminución cada 100 m. respectivamente.

- Los regímenes de temperatura y humedad de la Soil Taxonomy se van seriando con la altitud, apareciendo que en los suelos dominantes son Térmicos hasta 844 m., Mésicos de 844 a 2.030 m, Frígidos de 2.030 a 2.160 y Crílicos el resto. Con respecto al régimen de humedad, es Xérico hasta los 2.000 - 2.500 m. y a partir de aquí, una variante de alta montaña del Xérico, no encajable exactamente en él y por tanto no definido por la "Soil Taxonomy".

Sobre el sector occidental, también son de destacar los trabajos de PARRAGA (1974; 1980) y PARRAGA ET AL (1981a y b; 1983) que estudian la vertiente septentrional de la sierra, concretamente el paraje conocido como la Dehesa del Camarate. Centran su atención fundamentalmente en la influencia de la vegetación y el relieve en la génesis de los suelos de este sector, estudiando los suelos bajo formaciones vegetales diferentes (Robledal, encinar, prado, matorral, etc.). En estos trabajos se corroboran algunos aspectos de las investigaciones de Delgado y colaboradores y se aportan nuevos conocimientos sobre los suelos de Sierra Nevada. De entre las conclusiones obtenidas cabe destacar:

- Clasifican los suelos como Ranker, bajo todos los tipos de vegetación a excepción del Robledal, y Tierra parda bajo robles y encinares en áreas de moderada pendiente. En todos los casos son suelos de textura arenosa, ligeramente ácidos, saturación en bases inferior al 50% y escasa alteración química que es mayor en los horizontes superficiales y se pone de manifiesto por la mayor abundancia en estos horizontes de minerales interestratificados.

- El relieve influye claramente sólo sobre el contenido de material orgánico, la saturación de bases de cambio y el hierro libre. Al ascender aumenta el contenido en carbono orgánico, debido al enfriamiento del clima y ralentización de la actividad biológica.

- La pendiente afecta muy poco al contenido de carbono orgánico. Con la cota, aumentan los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno y paralelamente, a excepción de los matorrales, disminuye la relación C/N, hecho que atribuyen al influjo de la vegetación a través de la composición de los restos vegetales.

- El espesor del horizonte A, es siempre independiente del relieve y se cifra en 25 cm. para encinar, matorral y robledal y alrededor de 60 cm. para el prado y aceral.

- El humus es en todos los casos Moder de diversas variedades, salvo en el matorral y algunos encinares que se encuentra en transición a Mor o es Mor.

Con respecto al carácter mejorante de los restos vegetales y consiguiente menor acidez del humus, establecen la siguiente secuencia: Aceral > Melojar y Prado > Encinar > Matorral. Señalan igualmente, que la vegetación de prado condiciona mayores contenidos en arcilla y un incremento de espesor del horizonte A; esto último ocurre también en el Aceral.

Otros estudios más o menos relacionados con la vegetación son los de AGUILAR RUIZ ET AL (1972) sobre las turberas en el Barranco de San Juan; HOYOS (1979) que estudia los suelos silíceos bajo

distintos tipos de bosque y prados, en la vertiente meridional del macizo, comprobando que la vegetación herbácea condiciona una materia orgánica mejor humificada que la del bosque, de restos más acidificantes; SIERRA ET AL (1980a y b), estudian las características de los suelos desarrollados bajo determinadas especies vegetales y, en el último trabajo, señalan la influencia del material original y el clima en el proceso de humificación y naturaleza del humus formado; DELGADO CALVO-FLORES, G. ET AL (1985) estudian suelos desarrollados bajo piornales y sabinares y señalan que la presencia de horizontes O no es muy común en Sierra Nevada salvo en lugares de vegetación muy densa o restringidos al área de influencia de los arbustos; GARCIA FERNANDEZ ET AL (1985c) estudian los suelos desarrollados bajo encinares de la Provincia de Granada, dos de los cuales se localizan en Sierra Nevada, e indican que la velocidad de evolución de los restos vegetales aportados por la encina parece estar relacionada con las condiciones edafoclimáticas, mientras que la evolución de dichos restos está más directamente relacionada con las propiedades fisicoquímicas que reinan en cada uno de los suelos.

A continuación pasaremos a analizar los trabajos relativos al sector oriental del macizo que, como indicábamos al principio, son relativamente escasos en relación al sector occidental. Todos se han llevado a cabo a partir de 1984, fecha en que se inició el citado Proyecto LUCDEME.

MARTINEZ GARZON (1986), realiza un estudio cartográfico a E= 1: 50.000, en la vertiente oriental de Sierra Nevada Almeriense. Establece 19 unidades de suelos que se corresponden con las siguientes tipologías de la F.A.O.: Litosoles, Regosoles districos, Regosoles litosólicos, Regosoles édtricos, Ranker, Phaeozem háplicos, Luvisoles cálcicos y crómicos y Cambisoles cálcicos, édtricos, districos y húmicos.

Señala la importancia de la roca y el clima como los factores que fundamentalmente condicionan el tipo de suelo. Así, sobre los materiales Alpujárrides los suelos se presentan carbonatados, con carácter básico y totalmente saturados y sobre los esquistos Nevado-Filábrides, no presentan carbonatos y el pH y grado de saturación disminuyen con la altitud.

Con respecto a los regímenes de humedad comentan que es Xérico para todos los suelos y el de temperatura Mésico en todos los casos salvo en dos, tomados en cotas extremas, que son Térmico y Frígido.

ORTEGA ET AL (1986), llevan a cabo la cartografía de la hoja de Gergal a E= 1: 100.000., que corresponde a la porción distal del macizo, en la Provincia de Almería. Establecen 32 unidades de

suelos y una miscelánea. Las tipologías que aparecen, de acuerdo con la clasificación de la F.A.O. (1974), son las siguientes: el mayor porcentaje de superficie aparece ocupada por Litosoles y Regosoles litosólicos, lo que habla de la intensa erosión a que está sometido este sector, ya en contacto con el semiárido almeriense; le siguen en importancia Regosoles edáficos que ocupan las laderas medias de la sierra y junto a estos aparecen Phaeozem háplicos de forma puntual. En el sector centro-occidental, en los niveles superiores, junto a los Litosoles, apuntan la presencia de Regosoles distrícos y, en las zonas de mayor densidad vegetal, Rankers.

Solonchaks órnicos y fluvisoles, edáficos y calcáricos, ostentan una gran representación en la hoja. Los primeros dominan en el sector sur-oriental coincidiendo con las zonas más áridas y una morfología de tipo "bad land", en las estribaciones del macizo. Dentro de los fluvisoles, son los edáficos los que predominan en los niveles basales de la sierra.

Los cambisoles edáficos son minoritarios y señalan la presencia puntual de Cambisoles crómicos.

También aparecen Luvisoles, normalmente asociados a las zonas de pie de monte y glacis por debajo de la cota de 1.000 m.; dentro de estos, aparecen L. crómicos, en los sectores norte y sur-occidental, y L. Calcícos en el sur-oriental.

AGUILAR RUIZ ET AL (1986a), realizan la cartografía de la hoja de Aldeire a E= 1:100.000 estableciendo 38 unidades y una miscelánea. En esta hoja, al contrario que la anterior, el predominio corresponde a Regosoles y Cambisoles; los suelos se encuadran en general en las mismas tipologías, salvo por la ausencia de Solonchaks y Luvisoles calcícos y la presencia puntual de Gleysoles distrícos.

AGUILAR RUIZ ET AL (1986b), llevan a cabo un estudio cartográfico en la cuenca del río Adra a E= 1: 50.000, cuya cabecera se inicia en la vertiente sur del macizo. Las tipologías establecidas para la zona correspondiente al macizo son en esencia las mismas descritas con anterioridad. Igualmente llevan a cabo estudios de evaluación para toda la cuenca (F.C.C.; Capacidad de uso agrícola y forestal (FAO) y Evaluación integral de las tierras).

GIL DE CARRASCO ET AL (1986), realizan un estudio sobre las relaciones suelo-vegetación en el piso promediterráneo nevadense. Establecen una secuencia entre el desarrollo del suelo y la vegetación que soporta; la secuencia es, de menor a mayor desarrollo Comunidad de roca horizontal-Litosol discontinuo, Pastizal-Litosol continuo, Tomillar-Ranker, Piornal y enebroal-Regosol distríco y Cambisol distríco.

Igualmente ponen de manifiesto la importancia de la disposición de las estructuras foliares de las rocas, en relación a la superficie topográfica, en la distribución de suelos y vegetación en este piso. Apuntan también la importancia de las repoblaciones forestales en áreas erosionadas, indicando que no perjudican las propiedades químicas del suelo, en estos niveles, y que, por el contrario, moderan la pérdida de sólidos por erosión.

Por último GARCIA FERNANDEZ ET AL (1987), estudian una catena desarrollada sobre rocas ultrabásicas (peridotitas) en el cerro del Almirez (Sierra Nevada Almeriense) a una altitud comprendida entre 2.100 y 2.400 m.. Los suelos encontrados se encuadran en las categorías (FAO, 1985): Leptosol edáfico - Cambisol crómico - Regosol edáfico, siendo este el orden en que aparecen en la catena de arriba a abajo.

En este trabajo se evidencia la relativa facilidad de estos materiales para su alteración química dando lugar fácilmente, en este ambiente adverso, a la formación de horizontes de alteración (Bw) aún en los suelos más esqueléticos. De igual forma, a lo largo de la catena se pone de manifiesto un proceso de arrastre de materiales finos (limo y arcilla) y un lavado de sílice, aluminio y, en menor proporción, hierro, lo que se evidencia por la presencia de caolinita en los suelos más evolucionados.

5. DESARROLLO
DE LA
INVESTIGACION

Para alcanzar nuestros objetivos, hemos seguido una metodología secuencial que consta de las siguientes etapas:

- DELIMITACION DEL TERRITORIO A ESTUDIAR
- ANALISIS DE FACTORES FORMADORES
- SECTORIALIZACION DEL TERRITORIO
- CONTROL DE LAS UNIDADES CARTOGRAFICAS
- ANALISIS Y CARACTERIZACION DE LAS UNIDADES

5.1. DELIMITACION DEL TERRITORIO

Tras la elección del área de estudio procedimos a su reconocimiento exhaustivo ayudados de la cartografía topográfica editada por el Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50.000, correspondiente a la hoja de Aldeire (1.028). En este primer contacto se comprobó el estado de las pistas reflejadas en la cartografía y se establecieron, sobre el terreno, los límites físicos del área a estudiar.

5.2. ANALISIS DE FACTORES FORMADORES

El primer paso fue proceder a una recopilación bibliográfica de los distintos estudios llevados a cabo en Sierra Nevada en general y en nuestra zona en particular, prestando especial atención a todo lo referente al análisis de los distintos factores implicados en la génesis y evolución del paisaje.

Posteriormente, establecimos una serie de itinerarios de campo sobre la base de los mapas topográficos de Aldeire a escala 1:50.000 y de Guadix a escala 1:100.000 del Servicio Geográfico del Ejército, que nos permitieron comprobar, sobre el terreno, los conocimientos adquiridos en el análisis bibliográfico y completarlos a partir de nuestras propias observaciones.

La caracterización y dinámica general, que en la zona de estudio tiene cada uno de los factores formadores, la exponemos a continuación.

5.2.1. MATERIAL ORIGINAL

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio se encuentra íntegramente ubicada en las zonas internas de la Cordillera Bética (dominio Bético, s.str.); está formada por las rocas más antiguas y metamorfizadas, con una estructura en mantos de corrimiento ocurridos en varias etapas y afectados por pliegues de gran radio y fracturas.

La zona Bética, según EGELER Y SIMON (1969), está dividida en cuatro complejos estructurales: Maláguide, Alpujarride, Ballabona-Cacharón y Nevado-Filábride, cubiertos parcialmente por depósitos cuaternarios.

El área de estudio está caracterizada por la existencia de dos de los anteriores complejos estructurales: el Nevado-Filábride, que ocupa la mayor proporción, y el Alpujarride, localizado al Sureste del territorio. Este último está tectónicamente superpuesto al primero y constituye un elemento alóctono de procedencia meridional (ALDAYA, 1969).

Cada uno de estos complejos consta, a su vez, de diferentes mantos, de los que varios afectan al territorio considerado.

5.2.1.1. Complejo Alpujarride.-

Aflora al Sureste del territorio y ocupa una superficie de, aproximadamente, el 10-20% del total del mismo. De los cinco mantos que lo constituyen (ALDAYA, op. cit.), sólo tres aparecen representados en el área de estudio: Murtas, Alcázar y Lójar, apareciendo representadas las tres formaciones en que normalmente se subdivide y que a continuación describimos.

Formación de micasquistos y cuarcitas:

Esta formación aflora escasamente en el Sur de la zona (bajo el vértice del Castillo) y está formada por micasquistos grises, a veces muy oscuros, con intercalaciones de cuarcitas en bancos. Los micasquistos presentan una esquistosidad bien desarrollada y paralela a las superficies de estratificación.

Es frecuente la presencia de amígdalas y filones de cuarzo asociados, en ocasiones, a menas metálicas de hierro y clorita.

Formación de filitas y cuarcitas:

Presenta poca variedad petrológica, con términos intermedios entre una filita micácea y una cuarcita pura. La coloración de la roca puede ser variable, dependiendo de las proporciones de un determinado mineral. El color predominante de las filitas es azul,

aunque también están presentes tonos grises, verdes y rojizos. Las cuarcitas aparecen, predominantemente, con tonos claros.

Son frecuentes los filones y amígdalas de cuarzo.

Formación carbonatada:

En ella aparecen desde dolomías, prácticamente puras, hasta calizas, las cuales son más abundantes hacia la base. En ambos tipos es frecuente la presencia de una película de naturaleza arcillosa en las superficies de estratificación. Asimismo, son abundantes las intercalaciones filitoso-cuarzosas.

5.2.1.2. Complejo Nevado-Filábride.

Ocupa del 80 al 90% de la superficie de la Hoja de Aldeire, y en ella están representados materiales pertenecientes al Manto del Mulhacén y al Manto del Veleta.

El Manto del Veleta es el que ocupa mayor extensión y aparece representado por la "Unidad de la Ragua", que aflora en ventana tectónica y aparece rodeada por materiales superiores.

Las rocas de esta Unidad presentan una esquistosidad bien desarrollada y se caracterizan por la presencia de una linearidad muy marcada de crenulación (festonado). Asimismo, son bastante frecuentes las venas y filones de cuarzo.

Esta Unidad está constituida por una serie monótona de micasquistos oscuros, debido al grafito, con intercalaciones de cuarcitas grises y algunas micacitas (anfíbolitas), que son rocas metamórficas formadas fundamentalmente por anfíboles. Hacia el techo muestra una alternancia de micasquistos feldespáticos, de tonos grises oscuros, y cuarcitas feldespáticas de colores claros, las cuales se presentan comúnmente en bancos masivos y compactos, pero también en afloramientos de aspecto laminar donde las láminas se separan con poco esfuerzo y se desmenuzan con facilidad.

Las rocas de esta Unidad están formadas por los siguientes minerales, en diversas proporciones: cuarzo, mica blanca, biotita, cloritoide, plagioclasas, epidota, turmalina, granate y grafito.

El cloritoide se encuentra siempre en los micasquistos más oscuros, mientras que el feldespato se encuentra en mayor proporción hacia el techo de la Unidad.

El Manto del Mulhacén está representado por dos unidades: la Unidad de Mairena y la Unidad de Laroles. Los materiales de la

primera afloran sobre los de la Unidad de la Ragua, y se caracteriza por los afloramientos de micasquistos grafitosos con minerales de gran tamaño. Se pueden distinguir cuatro formaciones:

Formación de micasquistos con grafito:

Está constituida por micasquistos y algunas cuarcitas, de colores grises oscuros, y en ella se pueden diferenciar dos tramos:

"Tramo de micasquistos con grafito corneánicos": rocas producidas por metamorfismo de contacto y caracterizadas por presentar granos equidimensionales sin orientación preferente. Son rocas duras que se escinden en bloques y no en láminas.

"Tramo de micasquistos grafitosos con cloritoide y granate": consiste en una alternancia de micasquistos con cloritoide visibles a simple vista y micasquistos con granates, con algunas intercalaciones de cuarcitas; algunos niveles tienen aglomeraciones de sericita que forman finas láminas.

Formación de micasquistos feldespáticos:

Se caracteriza por su color verde, crema o gris; estos tonos claros son debidos a la ausencia de grafito y/o a la presencia de feldespato. Se sitúan sobre la anterior formación y, hacia su techo, pasan gradualmente a una alternancia de mármoles, gneises y anfibolitas. Son frecuentes algunas intercalaciones de cuarcitas entre los micasquistos.

Formación de mármoles y anfibolitas:

Como hemos indicado, aparecen hacia el techo de la formación anterior. Los mármoles, en su mayor parte impuros, permiten que en el metamorfismo se formen minerales silicatados, granates y anfiboles, además de recrystalizar el carbonato. Es frecuente, en esta formación, la presencia de gneises bandeados y con ojos de feldespato, bastante grandes, y moscovita.

Las anfibolitas tienen muy poca representación en esta hoja y sus afloramientos son de poca potencia.

Rocas ultrabásicas:

Son importantes los afloramientos de peridotita y ortoserpentinita presentes en la Hoja de Aldeire. Se localizan al noroeste de Mairena y en el Cerro del Almirez. Sólo en el borde de los afloramientos, es patente una marcada esquistosidad.

Las peridotitas son piroxénicas y los minerales que las constituyen son: olivino, piroxeno rómbico, clorita, mena metálica (espinela) y talco. el piroxeno aparece en cristales aislados o como agregados fibroso-radiados posteriores al olivino, el cual presenta una textura mallada de alteración a serpentina.

Formación de mármoles conglomeráticos y metacineritas:

Esta formación se manifiesta sobre la Unidad de Mairena, pero no es cartografiable a escala 1:50.000.

Los mármoles presentan una matriz calizo-dolomítica que rodea a cantos de micasquistos con turmalina y rutilo, micasquistos feldespáticos y cuarcitas. La matriz, a veces, está teñida por hierro (limonita) y con cristales de mena metálica (ilmenita y/o magnetita).

La metacinerita aparece como una roca compacta y dura, de textura fina y, a veces, con abundante mena metálica.

Los afloramientos de la Unidad de Laroles se localizan al Sur del área de estudio, entre las poblaciones de Mairena y Mecina Alfahar; sus rocas están caracterizadas por la abundancia de mármoles y por la escasa proporción de micasquistos oscuros que presentan. La secuencia de materiales es como sigue: la base está constituida por micasquistos oscuros con algunas cuarcitas; sobre esta base existe un paquete de micasquistos verdosos y crema, y, hacia el techo, una alternancia de mármoles y gneises que, al ascender, termina con una dominación absoluta de mármole.

Dentro de esta Unidad se distingue la Formación de mármoles y gneises, la cual se divide en varios tramos que, de inferior a superior, son:

"Tramo de micasquistos grafitosos con granate": semejantes a los de la Unidad de la Ragua, se presentan con escasa potencia y aparecen acompañados de algunas cuarcitas.

"Tramo de mármoles y gneises": muy abundantes en esta unidad, los mármoles tienen una potencia superior a los 100 m.; son bastante puros y contienen, además de calcita, mica blanca, cuarzo, mena metálica y escasa albita.

Por el contrario, los afloramientos de gneises son muy escasos y están constituidos por los siguientes minerales: cuarzo, fengita, feldespato sodopotásico, albita, biotita verde, turmalina y epidota.

"Tramo de micasquistos epidóticos con turmalinas": este tramo presenta una potencia de unos 100 m., y está constituido por una

alternancia de micasquistos verdes y otros de color crema con cuarcitas. También se presentan bandas finas de mica blanca, clorita y bandas de cuarzo.

Los minerales constituyentes de estas rocas son: cuarzo, mica blanca, clorita, turmalina, zircón, apatito, albita, biotita, glaucofana y epidota.

5.2.1.3. Depósitos Cuaternarios.

Son relativamente escasos en la Hoja de Aldeire. Atendiendo a su génesis aparecen diferenciados en:

- Cuaternario antiguo: formado por materiales detríticos, de origen continental, y dispuestos en capas alternantes de gravas y lutitas rojas con costras calcáreas.
- Depósitos aluviales y ramblas.
- Depósitos coluviales.

Estos dos últimos depósitos son posteriores al primero y están constituidos por rocas detríticas heterogéneas, conglomerados, gravas y arcillas.

* Además de las obras citadas en el texto, los datos sobre la geología del territorio han sido extraídos fundamentalmente de: DIAZ de FEDERICO (1980) e IGME (1983).

5.2.2. EL CLIMA.-

La variabilidad altitudinal de Sierra Nevada, junto a su ubicación a baja latitud, son, a gran escala, los agentes responsables de su diversidad climática.

El análisis del clima, del macizo en general y de nuestra zona en particular, presenta una serie de problemas derivados en su mayor parte de la escasez de información. Falta de estaciones, datos incompletos, dispersión de la información y la propia complejidad de la Sierra, hacen difícil llegar a un conocimiento exacto de sus características climáticas; no obstante, basándonos en los datos existentes, hemos establecido las posibles correlaciones entre los elementos del clima, precipitación y temperatura, y las características fisiográficas como altitud, longitud y latitud.

La falta de estaciones en nuestra zona de estudio nos obligó a seleccionar estaciones que, si bien se salían de la misma, se encontraban dentro del contexto de Sierra Nevada. En total, se seleccionaron 5 estaciones termométricas, 7 pluviométricas y 7 termopluviométricas. Con todos los datos aportados por dichas estaciones intentamos establecer las posibles correlaciones entre la temperatura y la precipitación de cada una de ellas y los parámetros geográficos que las caracterizaban, obteniendo unos coeficientes de correlación muy bajos.

Este primer fracaso lo atribuimos a la existencia en la zona de estudio de dos vertientes, norte y sur, perfectamente delimitadas por la dorsal que atraviesa la zona en dirección E-O; ante lo cual dividimos las estaciones en función de su localización en cada una de las vertientes y volvimos a establecer nuevas correlaciones, obteniendo, en este caso, coeficientes de correlación bastante aceptables.

En la tabla 5.1, están representados los parámetros geográficos de las distintas estaciones pluviométricas y termométricas seleccionadas en la vertiente norte, así como el número de años registrados en cada una de ellas.

Tabla 5.1.- Estaciones de la Vertiente Norte.

ESTACION	TIPO	ALTITUD (m)	COORD. (UTM)	Años Reg.
Albergue Univ.	T	2.500	4.655-41.059	20
Guejar Sierra	T	1.088	4.612-41.129	16
Granada	T	744	4.469-41.165	74
Armilla	T	680	4.436-41.105	52
Pinos Genil	T	780	4.556-41.133	14

Tabla 5.1.- (Cont.)

ESTACION	TIPO	ALTITUD(m)	COORD. (UTM)	Años Reg.
Purullena	P	908	4.831-41.130	39
Aldeire (P.F.)	P	1.510	4.950-41.116	26
Aldeire	P	1.277	4.937-41.128	47
Dólar (C.F.)	P	1.580	5.011-41.116	24
Jeres del Marq.	P	1.230	4.861-41.155	38
Cogollos de G.	P	1.135	4.859-41.201	23
Benalúa de G.	P	865	4.852-41.343	40
Esfiliana	TP	993	4.909-41.247	37
Guadix (C. H.G.)	TP	1.015	4.913-41.278	43

Para establecer el régimen de precipitaciones se ha elegido un periodo de 25 años hidrológicos que abarca desde 1957/58 a 1981/82; cuando alguna estación no presenta una serie completa en este periodo, hemos recurrido a procedimientos estadísticos para completar la serie, con la media aritmética de las tres estaciones más próximas. Los valores medios, mensuales y anuales, de precipitación y temperatura se pueden ver respectivamente en las tablas 5.2 y 5.3

Tabla 5.2.- Precipitaciones Medias Mensuales y Anuales (mm.)

ESTACION	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Purullena	31	28	30	34	28	16	3	8	19	31	28	40	296
Aldeire*P.F.*	43	31	50	45	53	22	7	8	26	53	45	64	474
Dólar	27	32	41	51	46	20	8	6	25	54	51	46	416
Aldeire	33	31	38	46	36	20	5	11	23	39	37	47	361
Jeres del Marquesado	44	38	41	3	37	18	6	9	23	37	35	55	403
Cogollos de G.	40	41	46	45	43	22	4	6	16	43	36	52	395
Esfiliana	29	27	32	41	34	13	2	4	20	36	27	36	301
Guadix	27	23	30	37	28	26	3	8	12	36	29	30	285
Benalúa de G.	28	28	29	35	30	19	3	7	20	31	30	35	297

Tabla 5.3.- Temperaturas Medias Mensuales y Anuales (°C)

ESTACION	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Albergue Univ.		-6.6	-3.8	-1.5	2.2	6.8	10.1	10.7	6.8	1.7	-1.3	-3.2	1.8
Guejar Sierra	5.3	9.2	8.7	10.8	13.2	18.2	20.2	20.4	19.9	14.5	8.6	6.0	12.8
Granada	7.2	8.1	10.4	12.5	18.2	22.0	25.1	26.0	21.8	16.2	11.1	8.3	15.2
Armillá	6.9	8.1	11.2	13.5	16.8	22.3	25.4	25.9	22.1	16.1	11.3	7.1	15.6
Pinos Genil	5.4	6.2	7.4	10.4	12.9	18.3	22.5	22.5	19.3	14.2	10.6	5.8	13.0
Esfiliana	6.0	7.8	10.5	14.0	16.2	21.2	25.2	25.6	22.0	15.5	11.2	6.7	15.1
Guadix	5.3	7.0	10.1	12.2	15.0	20.7	24.9	23.8	21.0	15.8	10.4	7.0	14.5

Ambas tablas se han elaborado a partir de los datos suministrados por el Servicio de Hidrología de la Comisaría de Aguas del Sur de España, el Servicio Nacional de Meteorología y el Instituto Geográfico y Minero de España.

A partir de los datos de pluviosidad se estableció una ecuación de correlación múltiple entre ésta y los parámetros altitud (H), longitud (X) y latitud (Y) de cada estación. Los resultados aparecen representados en la tabla 5.4.

Tabla 5.4.- Ecuaciones Mensuales y Anual $P=f(H,X,Y)$

MES	ECUACION	COEF.CORR.MULT.	ERROR STD.
Enero	$P=0.017767H-59.29518Y-149.5903X+3185.87$	0.97	2.8
Febrero	$P=0.013733H-42.15547Y-106.2018X+2272.86$	0.86	2.9
Marzo	$P=0.032577H-27.93004Y-93.30692X+1607.68$	0.92	3.3
Abril	$P=0.001089H-81.67088Y-24.65386X+3530.77$	0.90	3.0
Mayo	$P=0.048786H+26.08878Y-57.80789X-811.519$	0.90	3.9
Junio	$P=0.011822H+27.04801Y+3.998069X-1128.41$	0.35	3.7
Julio	$P=0.015289H+12.76853Y-16.64156X-457.925$	0.97	0.5
Agosto	$P=0.003254H-10.47239Y-16.51992X+519.659$	0.36	2.0
Sept.	$P=0.019041H+9.115657Y-20.02557X-279.336$	0.71	3.4
Octubre	$P=0.045387H+43.62989Y+1.423662X-1818.09$	0.95	2.7
Nov.	$P=0.052591H+59.69515Y-11.90595X-2427.75$	0.98	1.5
Dic.	$P=0.053405H-34.54476Y-187.5498X+2325.62$	0.95	3.5
Año	$P=0.396504H+43.95694Y-806.3938X+2041.37$	0.97	16.9

Como se puede comprobar, existe una buena correlación entre todos estos parámetros, excepto en los meses de junio y agosto, lo que tenemos que atribuir al carácter tormentoso de las precipitaciones en ambos meses.

En cuanto a la temperatura, establecimos la correlación temperatura-altitud de cada estación y cuyos resultados aparecen reflejados en la tabla 5.5, con elevados coeficientes de correlación y bajos errores estándar.

Tabla 5.5.- Ecuaciones Mensuales y Anual $T=f(H)$

MES	RECTA DE REGRESION	COEF.CORR.	ERROR STD.
Enero	$T=12.57418 - 0.007557H$	0.98	0.7
Febrero	$T=13.33555 - 0.006578H$	0.93	1.4
Marzo	$T=15.31399 - 0.006597H$	0.95	1.2

Tabla 5.5.- (Cont.)

MES	RECTA DE REGRESION	COEF. CORR.	ERROR STD.
Abril	T=19.19155 - 0.008142H	0.97	1.2
Mayo	T=22.05530 - 0.007850H	0.94	1.6
Junio	T=27.46844 - 0.008147H	0.96	1.3
Julio	T=31.06690 - 0.008341H	0.96	1.5
Agosto	T=30.88827 - 0.008048H	0.95	1.5
Septiembre	T=28.08195 - 0.008379H	0.97	1.2
Octubre	T=22.33956 - 0.008082H	0.98	1.0
Noviembre	T=16.62461 - 0.007085H	0.98	0.7
Diciembre	T=11.94275 - 0.005951H	0.97	0.8
Año	T=20.78941 - 0.007467H	0.97	1.1

En base a estas ecuaciones, la temperatura muestra una correlación inversa con la altitud, disminuyendo 0,76°C por cada 100 m. mientras que la correlación precipitación-altitud es directa y se incrementa 31,3 mm. por cada 100 m. de altura. Ambos valores están en consonancia con los obtenidos por otros autores (DELGADO, BARAHONA y LINARES 1982a; DELGADO y ORTEGA; 1984), de 0,61°C y 33,3 mm. y 0,59°C y 34 mm., respectivamente, en el sector occidental de la sierra.

Volviendo al área de estudio, es digno de mención un incremento de la xericidad, desde el sector occidental al oriental, disminuyendo la precipitación una media de 6,8 mm. por kilómetro recorrido hacia el este.

Con respecto a los regímenes de humedad y temperatura de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975), toda la ladera norte se encuentra, en general, bajo un régimen de humedad "xérico" y un régimen de temperatura "mésico" hasta los 1.700 m., "frígido" de 1.700 a 1.950 y "criico" por encima de 1.950 m.

En la vertiente sur llevamos a cabo un tratamiento equivalente al de la norte, a partir de las estaciones termopluviométricas representadas en la tabla 5.6.

Tabla 5.6.- Estaciones de la Vertiente Sur.

ESTACION	TIPO	ALTITUD(m.)	COORD. (U.T.M)	Años Reg.
Monterrey	TP	1.222	5.081-40.990	29
Cerecillo	TP	1.780	5.076-41.006	23
Láujar	TP	921	5.098-40.994	26
Mecina Bombarón	TP	1.200	4.864-40.933	30
Ugijar	TP	559	4.955-40.910	28

Los valores medios, mensuales y anuales, de precipitación y temperatura de las distintas estaciones están reflejados en las tablas 5.7 y 5.8, respectivamente.

Tabla 5.7.- Precipitaciones Medias Mensuales y Anuales (mm.)

ESTACION	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Monterrey	75	73	68	64	42	17	5	4	19	68	63	93	591
Cerecillo	100	82	68	78	44	31	5	8	31	71	68	88	674
Laujar	65	61	66	60	33	13	4	3	23	66	57	90	541
Mecina Bombarón	79	79	73	67	40	22	4	4	24	71	63	102	628
Ugijar	44	39	45	42	24	7	0	5	16	48	45	62	377

Tabla 5.8.- Temperaturas Medias Mensuales y Anuales (°C)

ESTACION	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Monterrey	5.9	6.6	8.7	11.1	14.3	18.5	22.0	22.0	19.2	14.4	9.8	6.6	13.2
Cerecillo	3.3	4.0	6.0	8.1	11.2	15.2	18.7	18.9	16.1	11.4	7.2	4.1	10.3
Laujar	6.7	7.5	9.6	11.8	15.2	19.0	22.5	22.7	20.0	15.3	10.6	7.3	14.0
Mecina Bombarón	7.4	6.5	9.4	13.7	18.1	23.1	25.1	26.4	20.4	16.9	9.5	6.9	15.3
Ugijar	14.3	17.3	18.1	21.2	23.8	27.5	28.9	28.4	25.7	21.4	17.9	15.4	21.6

Ambas se han construido a partir de los datos obtenidos de los organismos ya mencionados y, en base a ellos, establecimos las mismas ecuaciones de correlación que en la vertiente norte; los resultados se pueden ver en las tablas 5.9 y 5.10, ambas con elevados coeficientes de correlación y bajos errores estándar.

Tabla 5.9.- Ecuaciones Mensuales y Anual $P=f(H,Y,X)$

MESES	ECUACION	COEF. CORR. MULT.	ERROR STD.
Enero	$P=0.035134H-165.8025Y+24.07278X+6699.26$	0.76	1.1
Febrero	$P=0.032591H+168.8956Y+9.457041X-6925.85$	0.93	0.9
Marzo	$P=0.017888H+102.5803Y-86.10736X+03731.06$	0.96	3.6
Abril	$P=0.037393H-180.0638Y+23.18918X+7277.02$	0.95	4.2
Mayo	$P=0.032410H-162.5527Y+16.43031X+6574.78$	0.99	0.1
Junio	$P=0.015185H-82.61646Y-33.53274X+3555.18$	0.94	2.3
Julio	$P=0.004059H-20.09636Y+5.788291X+792.638$	0.74	1.3
Agosto	$P=0.004518H-23.22921Y+23.58257X+835.188$	0.98	0.7
Sept.	$P=0.016075H-86.78181Y+36.09360X+3380.21$	0.97	1.7
Octubre	$P=0.022882H+79.06391Y-2.116881X-3184.97$	0.97	3.6
Nov.	$P=0.014602H+159.9774Y-28.63577X-6364.52$	0.99	1.3
Dic.	$P=0.031251H-48.63445Y-105.7535X+2565.12$	0.93	6.6

Tabla 5.10.- Ecuaciones Mensual y Anual $T=f(H)$

MES	RECTA DE REGRESION	COEF. CORR.	ERROR STD.
Enero	$T = 16.83327 - 0.008195H$	0.89	1.1
Febrero	$T = 19.74110 - 0.009997H$	0.87	1.9
Marzo	$T = 20.68099 - 0.009082H$	0.89	1.3
Abril	$T = 24.11244 - 0.009620H$	0.87	1.7
Mayo	$T = 27.00752 - 0.009228H$	0.87	1.7
Junio	$T = 30.72842 - 0.008859H$	0.84	1.9
Julio	$T = 31.93212 - 0.007472H$	0.88	1.0
Agosto	$T = 31.52726 - 0.006905H$	0.83	1.4
Septiembre	$T = 28.52630 - 0.007256H$	0.94	1.3
Octubre	$T = 24.35657 - 0.007459H$	0.91	1.3
Noviembre	$T = 20.23039 - 0.008122H$	0.90	1.0
Diciembre	$T = 17.68564 - 0.008470H$	0.89	1.2

Si aplicamos estas ecuaciones, temperatura y pluviosidad presentan una dinámica semejante a la vertiente norte, aunque con un gradiente ligeramente superior de ambos parámetros. La temperatura disminuye $0,83^{\circ}\text{C}$ por cada 100 m. de elevación, mientras que la precipitación aumenta en 33,1 mm.

En cuanto al gradiente de precipitación en dirección O-E, al contrario de lo que ocurría en la ladera norte, aumenta ligeramente en orden a 0,4 mm. por kilómetro.

En lo que respecta a los regímenes de humedad y temperatura, la ladera sur, al igual que la norte, muestra en general un régimen de humedad "xérico" y un régimen de temperatura "térmico" hasta los 1.150 m., "mésico" de 1.150 a 2.000 m., "frígido" de 2.000 a 2.300 m. y "crítico" por encima de los 2.300 m.

Comparando ambas vertientes (fig.5.1) se pueden destacar los siguientes hechos: a) carácter más cálido de la ladera meridional y tanto más cuanto menor es la altura, con diferencias que oscilan de $1,6^{\circ}\text{C}$ a 2.350 m. a $2,3^{\circ}\text{C}$ a 1.000 m., lo que implica que los límites de sus distintos regímenes de temperatura asciendan aproximadamente 300 m. con respecto a la ladera septentrional; b) mayor humedad en la vertiente meridional y tanto más cuanto mayor es la altura, con diferencias medias que oscilan alrededor de los 250 mm. a 1.000 m. de altitud hasta 266 mm. a 2.350 m., y c) diferente distribución de la humedad en ambas vertientes, de forma que, mientras que la pluviosidad en la vertiente sur se incrementa ligeramente hacia el Este, en la norte disminuye de manera acusada, lo que implica que las diferencias de humedad de ambas vertientes se acentúen en esta dirección y pasen de diferencias medias de 150 mm. en su límite occidental a más de 350 mm. en el oriental.

VERTIENTE	ALTIMETRO	SECTOR OCCIDENTAL		SECTOR CENTRAL		SECTOR ORIENTAL	
		LONGITUD	COTA	LONGITUD	COTA	LONGITUD	COTA
VERTIENTE NOROCCIDENTAL	2.800 m.	T(1901)	9,6		4,6		9,6
		P(1901)	73,9		410,7		319,1
	2.800 m.	T(1901)	5,4		5,8		5,8
		P(1901)	661,2		581,0		478,3
	2.300 m.	T(1901)	3,1		3,1		3,1
		P(1901)	780,5		631,6		591,1
VERTIENTE SUR	2.300 m.	T(1901)	4,7		4,7		4,7
		P(1901)	840,5		852,3		867,2
	2.000 m.	T(1901)	7,7		7,7		7,7
		P(1901)	778,7		784,5		789,4
	1.800 m.	T(1901)	11,9		11,9		11,9
		P(1901)	661,2		657,0		661,9

Fig. 5.1.- Variaciones de temperatura y precipitación en función a la vertiente, cota y longitud geográfica.

Un factor importante que puede aclararnos el comportamiento climático de la zona de estudio, es el régimen de vientos que afecta a Sierra Nevada (tabla 5.11). En ella, dominan los vientos de componente oeste y, especialmente, los del O-SO, como se puede ver en la tabla 5.11 (PEZZI y GARCIA ROSSELL, 1979), que son los que aportan las precipitaciones más importantes a la región.

Tabla 5.11.- Régimen de Vientos en Sierra Nevada.

	N	N-NE	E-EN	E	S-SE	S	S-SO	O-SO	O	O-NO	N-NO	SO	Calma	Velocidad med.
Frec. %	1	3	4,5	5	1	2	3,5	18,5	12	1	1,5	9,5	39	
Km/h	15	13,5	14	24	19,5	50	19	29,5	7	7,5	23	23	1,8	21,2 Km/h

Este hecho, unido a la particular disposición del macizo en dirección O-E, explica el que la precipitación general disminuya hacia el E, como ocurre en la ladera septentrional. No obstante, no explica el que en la vertiente meridional este comportamiento se invierta; de ahí que, para justificar este hecho, tengamos que recurrir a la existencia de vías preferenciales de penetración de las nubes que, procedentes del Mediterráneo, ascienden por la ladera sur de Sierra Nevada. En el área de estudio, estas vías preferenciales se localizan al E, en la denominada cuenca del río Adra, que se abre entre las sierras de Gador y la Contraviesa, y da paso a las nubes que ascienden a través de las cuencas de los ríos Andarax, Paterna y Bayarcal.

De igual forma, la mayor xericidad de la vertiente norte estaría, en gran parte, relacionada con el enfriamiento adiabático que sufren estos frentes húmedos al chocar con el macizo y ascender por la ladera sur; este enfriamiento paulatino hace que, a una determinada cota, se alcance el nivel de condensación, con lo que produce la descarga del frente y da lugar a lo que se conoce como "precipitación orográfica". Tras la descarga, como señala CATALA (1986), el calor latente de condensación queda incorporado al aire, con lo que se calienta; calentamiento que continúa al descender por la ladera opuesta, a un ritmo de 1°C por cada 100 m. que se corresponde con el gradiente adiabático seco. Este efecto se conoce normalmente como "viento de Foehn" y, según BARRY y CHORLEY (1985), constituye una importante componente de los llamados efectos de "sombra de lluvia", lo que explicaría en parte, el carácter más seco de la ladera norte.

Un fenómeno frecuente en el área de estudio y que la mayoría de los autores consultados asocian al viento de foehn, es la formación de masas nubosas lenticulares denominadas "nubes de foehn" (CATALA; JANSÁ GUARDIOLA, op. cit.) o "nubes de onda de solavento" (BARRY y CHORLEY, op. cit.) que, durante los meses de primavera y verano, fundamentalmente, se localizan en la vertical de la línea de partición de la dorsal.

Con respecto a la temperatura, el carácter más cálido de la vertiente meridional viene condicionado, además de por la orientación, por su marcada influencia marítima y por la protección que la dorsal del macizo le proporciona con respecto a los vientos del norte; la vertiente norte, sin estos condicionamientos, muestra una acusada continentalidad.

Por otra parte, de acuerdo con DE MIRO y DOMINGO (1985), los datos climáticos de precipitación y temperatura no son suficientes para explicar toda la dinámica del clima, existiendo otros agentes o fenómenos que pueden influir de una manera más o menos decisiva. Como señalan estos autores, en los estudios geomorfológicos (y por ende en los edafológicos), puede tener más importan-

cia la observación de fenómenos o los datos puntuales del tiempo en un momento dado - por ejemplo el ascenso de nubes o brumas cargadas de humedad a favor de un valle - que los datos generales climáticos fruto del procesamiento estadístico, abstracción matemática que no describe un fenómeno observado en la realidad.

De entre estos fenómenos, en el área de estudio cabe destacar, además de los ya citados (lluvia orográfica, Foehn, etc.), los denominados "precipitación silenciosa u horizontal", en la que la vegetación juega un papel determinante, y la "precipitación oculta", relacionada con la naturaleza del suelo (PEREZ-SOBA, 1985).

La primera consiste en la condensación, por parte de los vegetales, de la humedad ambiental en forma de pequeñas gotas que resbalan y caen al suelo; si bien este fenómeno se extiende a todo el reino vegetal, son las coníferas, con un elevado índice de superficie foliar, las que lo ponen de manifiesto de forma más espectacular (foto 5.1 y 5.2). En cuanto a la precipitación oculta, es un fenómeno semejante al anterior, pero en el que la condensación de humedad tiene lugar a nivel de los poros del suelo. Según PEREZ-SOBA (op. cit.) este fenómeno se produce cuando la temperatura del suelo es inferior a la de la atmósfera y, a causa de este gradiente térmico, se produce un flujo de aire húmedo hacia el interior del suelo. Comenta igualmente que la magnitud del fenómeno se incrementa en suelos forestales a causa de su mayor porosidad.

En relación a la importancia de estos fenómenos, este autor comenta que en la pluvisilva canaria los pluviómetros colocados bajo cubierta forestal recogen tres veces más agua que los instalados en los rasos, esto con respecto a la precipitación silenciosa; respecto a la precipitación oculta, señala que en experiencias realizadas sobre suelos bajo bosque, en Montpellier, se han detectado incrementos de agua de hasta 1 mm. diario durante los cuatro meses veraniegos.

Los frecuentes ascensos de nubes y nieblas de advección que se producen como consecuencia del diferente calentamiento de la tierra y el mar y la relativa proximidad de este último a las laderas meridionales del macizo (40 Km. aproximadamente), nos hacen suponer que estos fenómenos, difícilmente cuantificables, pueden alcanzar cierta importancia en el territorio estudiado.

Dentro de los agentes del medio que más influyen en el comportamiento climático de una determinada área geográfica, hay que destacar el papel de la geomorfología y los suelos. El agua de lluvia se redistribuye en la superficie en función de su morfología, tiende a eliminarse de las zonas convexas a una velocidad que es función del grado de inclinación y a concentrarse en las zonas llanas o cóncavas; por otra parte, el suelo es capaz de re-

tener cantidades muy variables de humedad en función de su naturaleza, por lo que contribuye a regular las pérdidas de las zonas convexas y la duración del periodo seco.

Con objeto de controlar este último parámetro, hemos calculado la capacidad de retención hídrica de los distintos suelos estudiados a partir de la ecuación (HENIN, GRAS y MONNIER, 1972):

$$CR. = (\% \text{Humedad } 1/3 \text{ at.} - \% \text{Humedad } 15 \text{ at.}) \times p \times d$$

donde d es la densidad aparente del suelo y p la profundidad de enraizamiento expresada en dm.

Asimismo, a partir de los datos de temperatura, se han calculado los valores de evapotranspiración potencial (ETP) mediante la ecuación de THORNTHWAITE (1948, 1955):

$$ETP = 1,6 (10 t/I)^a$$

donde I es el índice de calor anual, obtenido a partir de los índices mensuales de calor y a es una constante que se calcula mediante la ecuación:

$$a = 0,000000675 I^2 - 0,0000771 I^2 + 0,01792 I + 0,49239$$

siendo t la temperatura media mensual en °C.

Al valor de ETP de cada mes hay que aplicarle una corrección en función de la duración del día y del número de días de cada mes; consiste en multiplicar el valor obtenido por un factor que está relacionado con la latitud del punto y que fue calculado por THORNTHWAITE.

Finalmente, con los datos de precipitación, ETP y reserva hídrica del suelo construimos las fichas climáticas de cada punto de muestreo, en las que quedan reflejados los distintos periodos de exceso de agua, utilización, déficit y recarga. Estas fichas aparecen junto a la descripción y resultados analíticos de cada perfil, en el Anexo (I) de resultados experimentales.

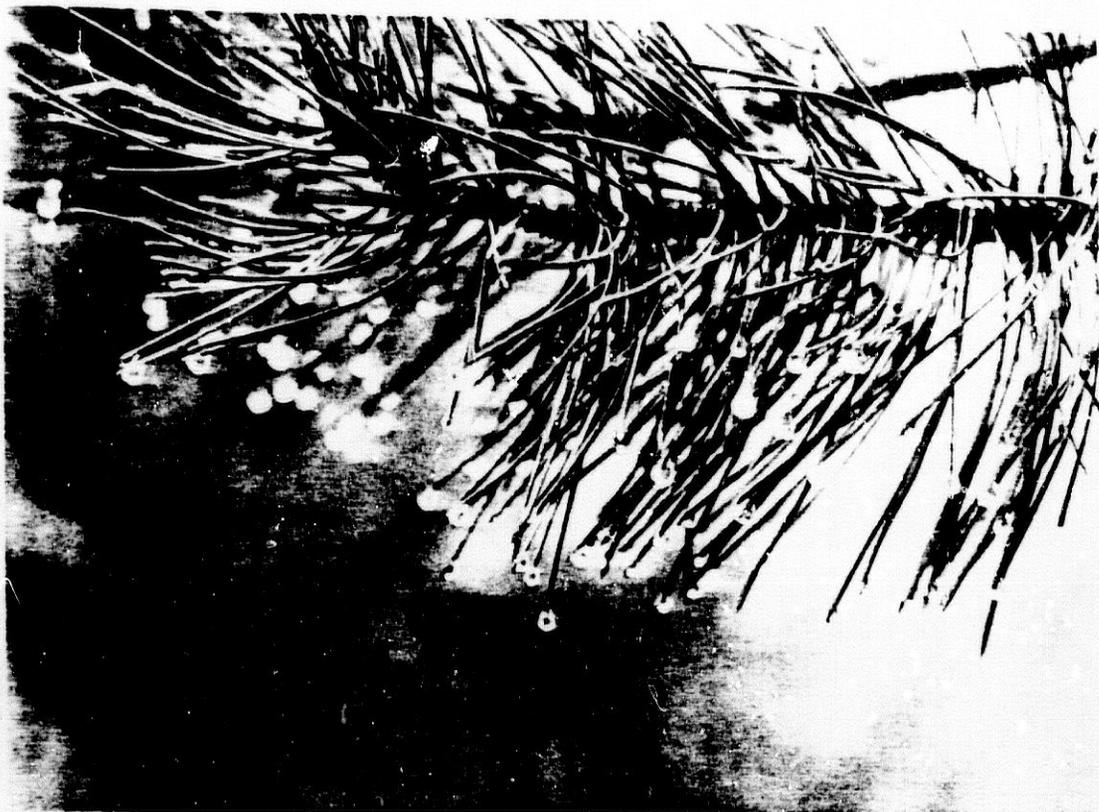


FOTO 5.1. - CONDENSACION DE HUMEDAD ATMOSFERICA POR ESPECIES DEL GENERO PINUS



FOTO 5.2. - CONDENSACION DE HUMEDAD ATMOSFERICA POR ESPECIES DEL GENERO QUERCUS

* NOTA: Ambas fotos se realizaron de forma simultanea y en arboles adyacentes

5.2.3.- RELIEVE Y GEOMORFOLOGIA.-

En términos muy generales, el paisaje de Sierra Nevada se caracteriza por la presencia de una serie repetitiva de largas y suaves lomas coronadas por cimas más o menos redondeadas. Esta peculiar fisonomía le hace aparentar una menor altitud de la que realmente ostenta.

La alineación principal de sus cumbres sigue la dirección E-O y, a su vez, está cortada por alineaciones menores que suelen seguir la orientación NE-SO.

Las características del relieve, en el sector que nos ocupa, no presentan diferencias notables respecto al sector occidental de Sierra Nevada, aunque sí una serie de peculiaridades relacionadas, como veremos, con su particular disposición más o menos paralela a la costa mediterránea. En este apartado, llevamos a cabo una descriptiva de dichas características, así como de los aspectos geomórficos más significativos.

5.2.3.1.- Altimetría y características hipsométricas

El área de estudio presenta un desnivel máximo de 2.200 m., con una cota máxima a 2.920 m., en su límite occidental (Picón de Jeres), y una cota mínima a 720 m. en las proximidades de Picena (Barranco del río Bayarcal).

Las mayores elevaciones coinciden con la dorsal de Sierra Nevada, que se sitúa en el tercio septentrional de la hoja topográfica y la atraviesa de este a oeste. En ella la altitud se incrementa en dirección oeste, desde los 2.465 m. del Cerro del Buitre a los 2.920 m. en la ladera oriental del Picón de Jeres; entre ambos aparecen una serie de elevaciones de las que, de oriente a occidente, caben destacar: Cerro del Almirez (2.519 m.), Chullo (2.609 m.), Morrón (2.720 m.), San Juan (2.784 m.) y Peñón del Puerto (2.750 m.).

La disposición de esta dorsal divide la zona de estudio en dos vertientes claramente delimitadas. La vertiente meridional es la que ocupa la mayor extensión, aproximadamente 31.577 Has. (57,6%), y desciende de forma gradual hasta los 700 m. sin que se observen cambios bruscos de pendiente; mientras que la septentrional ocupa unas 23.245 Has. (42,4%), raramente desciende por debajo de los 1.000 y su relieve es más abrupto, con abundantes escarpes rocosos, (sobre todo en los niveles superiores).

Con objeto de establecer la superficie ocupada por las distintas cotas altitudinales, hemos dividido el área de estudio en cinco zonas caracterizadas por unos determinados intervalos alti-

tudinales (fig.5.2): a) altitudes inferiores a 1.000; b) altitudes entre 1.000 y 1.500 m.; c) altitudes entre 1.500 y 2.000 m.; d) altitudes entre 2.000 y 2.500 m., y e) superiores a 2.500 m.

Los resultados obtenidos están representados en la fig.5.3(a) y de ella se deduce que la mayor parte del territorio (41,5%) se sitúa entre los 1.500 y los 2.000 m.; mientras que las cotas extremas, menores de 1.000 m. y mayores de 2.500 m., son las menos representadas, 2,9% y 3,9% del total, respectivamente.

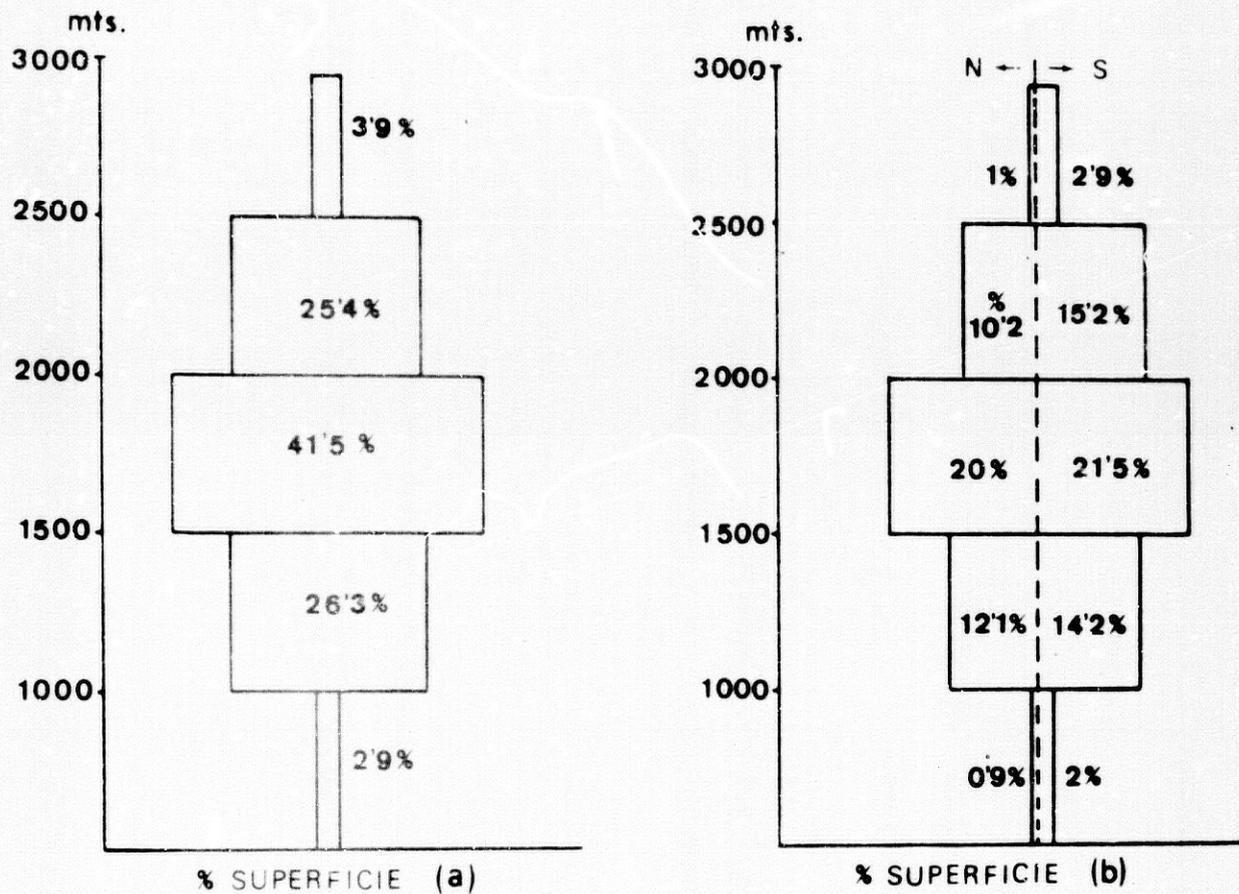
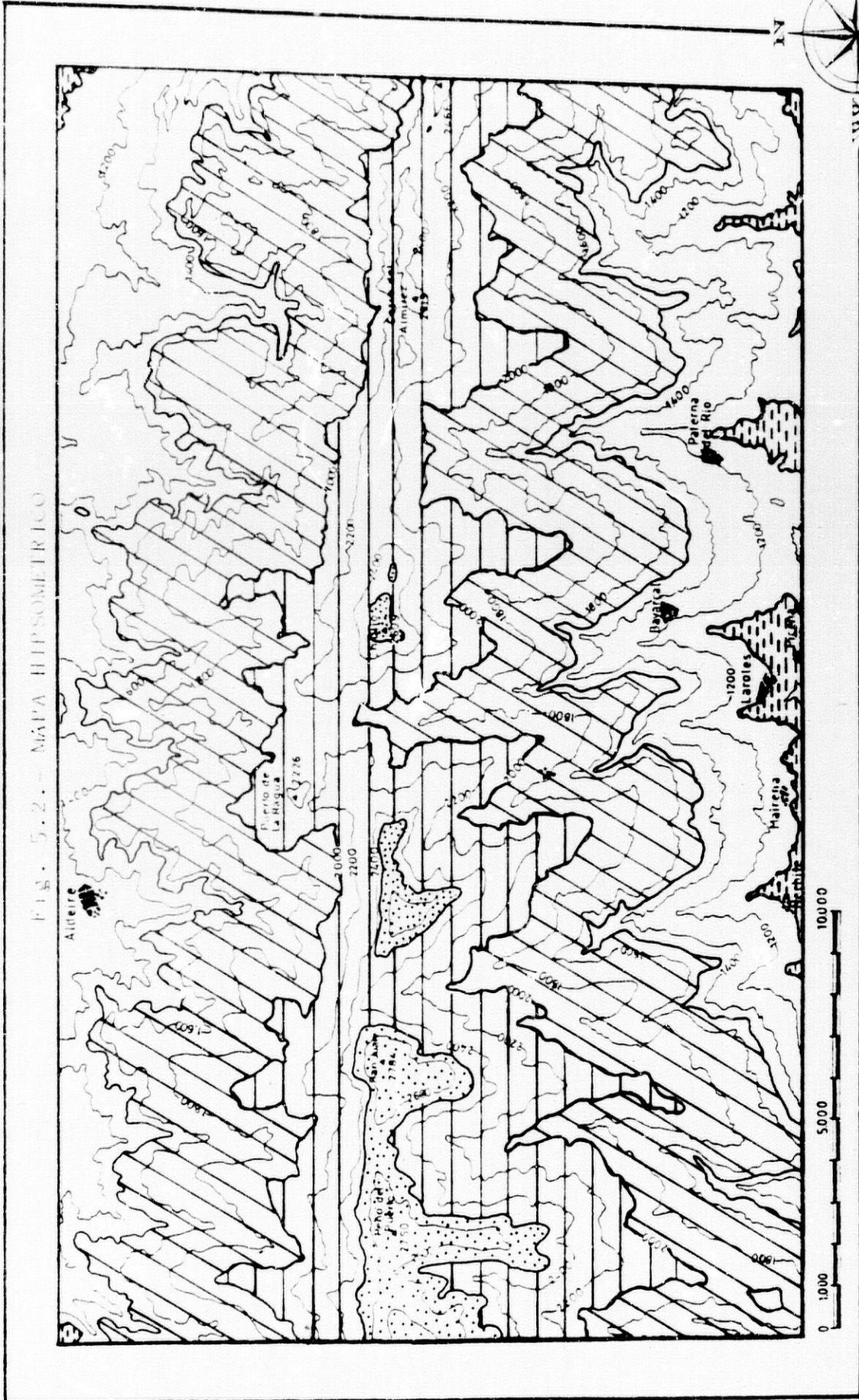


Fig.5.3.- Superficie ocupada por los distintos intervalos altitudinales en general (a) y en función a las vertientes principales (b).

Como podemos ver en la fig.5.3 (b), este tipo de distribución se mantiene en ambas vertientes.

5.2.3.2.- Características clinométricas

Para el análisis de las pendientes hemos elaborado un mapa clinométrico a escala 1:50.000 (Anexo II), en el que se ha seguido



el método de los intervalos móviles (DENNESS Y GRAINGER, 1976) Para su elaboración nos hemos ayudado de la fotografía aérea de la zona a escala 1:18.000 y de medidas directas en el campo.

Las clases utilizadas son las propuestas en la Guía de la F.A.O. (1977) y los intervalos se han fijado mediante la utilización de un ábaco clinográfico (fig. 5.4) adaptado a las hojas del M.T.N. de escala 1: 50.000 (GARCIA ROSSELL, com. pers.)

En la fig. 5.5, aparecen reflejados los distintos porcentajes de superficie correspondientes a cada clase de pendiente. Como se puede comprobar, el 93,6% de la superficie total del territorio, corresponde a terrenos "moderadamente escarpados" y "escarpados" (Clases 4 y 5 de la FAO) con unos porcentajes del 33,5 y 60,1 respectivamente, en relación al total de la hoja. El 6,4% restante, se distribuye entre las áreas de mayor y menor inclinación, correspondiendo el 4,1% a terrenos "muy escarpados" y el 2,3% a terrenos "inclinados" (Clases 6 y 3 de la FAO).

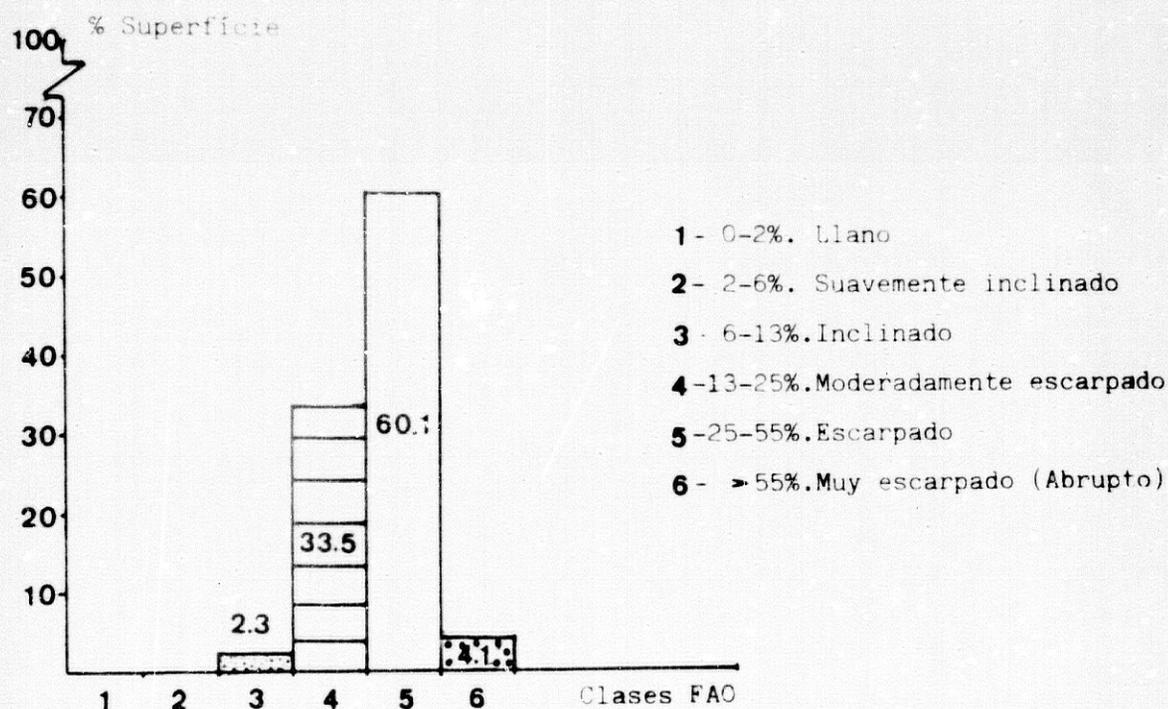


Fig.5.5.- Superficie correspondiente a cada clase de pendiente.

En el mapa, se puede observar como la vertiente septentrional representa una mayor inclinación que la meridional en la que predominan los terrenos moderadamente escarpados, los cuales se distribuyen fundamentalmente sobre las largas lomas (laderas de soliflucción) características de los materiales silíceos. La vertiente norte, por el contrario, se observa con un mayor desmantelamiento y un claro predominio de superficies escarpadas en detrimento de las anteriores.

En relación a las superficies muy escarpadas, presentan un neto predominio en los sectores centro-oriental y sur-oriental, coincidiendo con las zonas altas de la vertiente norte, en materiales nevado-filábrides, y con los materiales alpujarrides respectivamente. En el último caso coinciden con los afloramientos calizos y calizo-dolomíticos fundamentalmente.

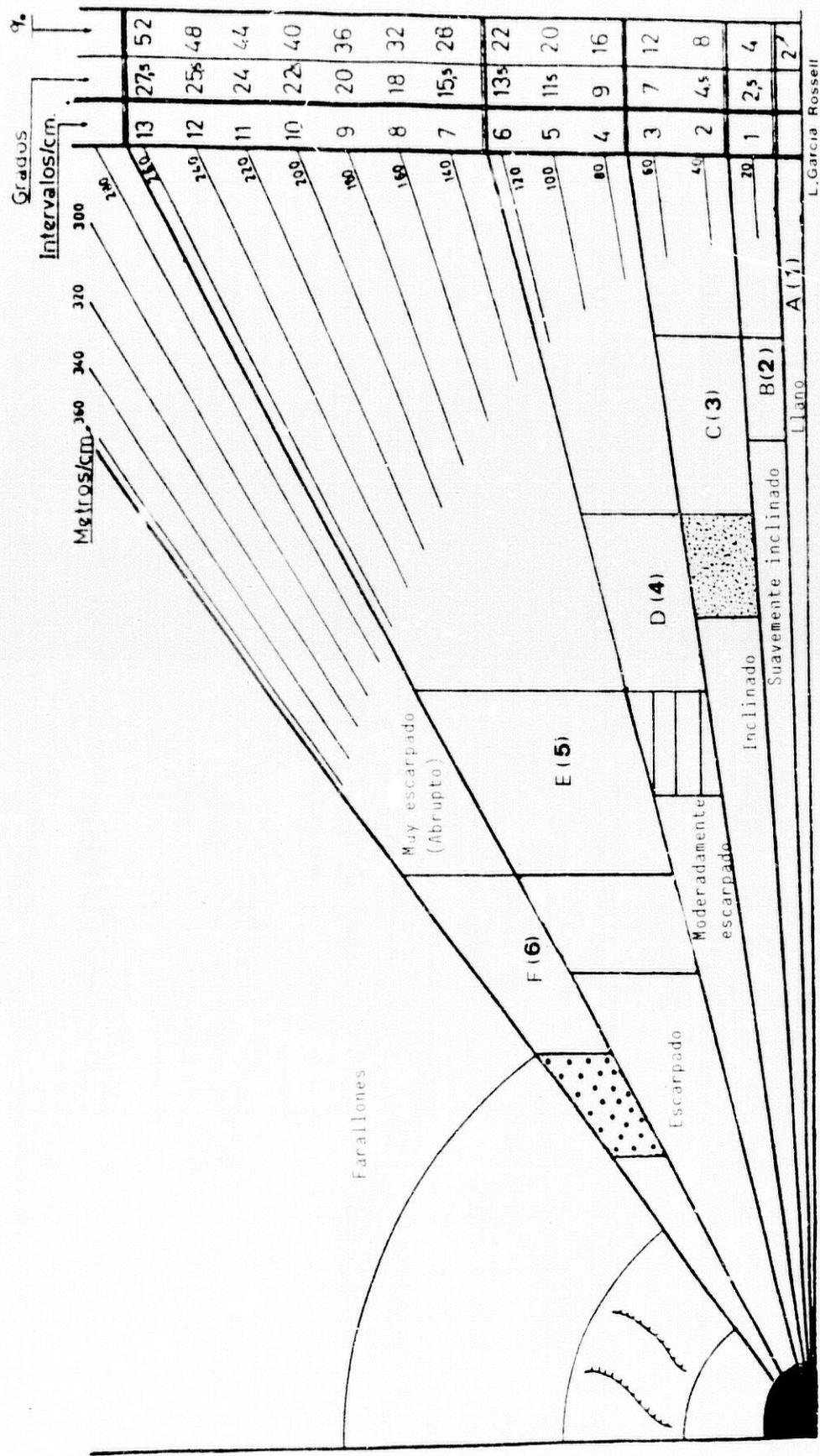
Las áreas inclinadas ocupan los niveles de menor altitud coincidiendo con los depósitos aluviales que tapizan la base de los cerros esquistosos y con las pequeñas vegas fluviales (Cuaternarios antiguo y reciente). Se observa igualmente su presencia, en las zonas de cumbres y sobre las líneas de partición de los interfluvios, en materiales esquistosos.

5.2.3.3.- Rasgos Geomórficos.-

La geomorfología que presenta Sierra Nevada en general, y nuestra zona de estudio en particular, es el resultado de la interacción de una serie de factores, de los que unos son constantes y otros varían a lo largo del tiempo, permaneciendo en la actualidad rasgos morfológicos heredados de los distintos periodos, por los que ha pasado el macizo, caracterizados cada uno de ellos por una determinada combinación de factores. De todos los factores interactuantes, el material original y el clima son los principales responsables del modelado.

El clima es el que, fundamentalmente, ha experimentado variaciones a lo largo del tiempo y, en la actualidad, se observan rasgos heredados de periodos climáticos anteriores, como glaciares e interglaciarios. Si bien los rasgos del modelado glaciar son escasos en el área estudiada, los rasgos periglaciares aparecen ampliamente representados y siguen vigentes en la actualidad, aunque de forma poco activa en comparación con la etapa de fusión que siguió a la última glaciación; en este periodo los procesos más significativos son la fragmentación de las rocas por los ciclos hielo-deshielo y la ablación de materiales por crioturbação, solifluxión y derrumbamientos por gravedad (PEZZI Y GARCIA ROSSELL, 1979). En el periodo actual, además de la actividad periglaciares, aún vigente en los niveles superiores, el sistema morfoclimático mediterráneo está dejando también su impronta en la zona.

El material original, su naturaleza, estructura, etc., es otro de los factores, en este caso constante a lo largo del tiempo, que han intervenido de forma determinante en el tipo de modelado. La presencia o ausencia de escarpes, taludes de derrubios, canchales, la marcada disimetría de las cuencas e incluso, la potencia y grado de desarrollo de los suelos, están íntimamente relacionados con las características físico-químicas y tectónicas de este factor.



L. Garcia Rossell

Fig 5.4.- ABACO CLINOGRAFICO (Nomenclatura según F.A.O.). Adaptado a las Hojas del M.T.N. de E= 1:50.000 para distancias horizontales de 500 m. (=1 cm.).

Su importancia nos induce a hacer un análisis por separado de cada material.

Materiales Nevado-Filábrides.-

Se trata de micasquistos y cuarcitas fundamentalmente, junto a pequeños afloramientos de rocas ultrabásicas y mármoles en escasa proporción. Su resistencia a los procesos de meteorización es variable en función de su contenido en cuarzo, grado de compactación y desarrollo del carácter metamórfico. Lógicamente, aquellos materiales que ostenten rasgos tectónicos bien desarrollados (planos de esquistosidad, diaclasas, etc.), presentarán vías preferenciales de entrada del agua con lo que se favorecerá su meteorización, tanto física como química. Las cuarcitas, teóricamente más resistentes, no destacan en el área por esta característica diferencial, excepto en determinados niveles en los que las cuarcitas son más puras; esto se debe a la presencia de micas y albita junto al débil entramado de los granos de cuarzo (DÍAZ DE FEDERICO, 1980).

a) Micasquistos y cuarcitas.-

En general, presentan un relieve suave en el que dominan las cuestas estructurales con algunos escarpes, generalmente asociados a fallas y en cuya base se forman taludes de derrubios de potencias variables; también se puede detectar la presencia de escalones o escarpes asociados a potentes paquetes cuarcíticos relativamente puros, como ocurre en el Río Bayarcal a la altura de Laroles. De hecho, todos los tipos de micasquistos muestran un modelado semejante, únicamente aquellos que presentan distena y cloritoide dan lugar a pendientes más fuertes y a un paisaje más quebrado.

Otro hecho que llama la atención es la patente convexidad que presentan las laderas meridionales, en especial en los sectores superiores, de forma que la transición a la cumbre tiene lugar de una forma suave; lo que parece deberse a una cierta intensidad en los procesos de meteorización física, acompañados de procesos nivales de solifluxión, deslizamientos gravitacionales, etc., y de arroyadas de naturaleza laminar y difusa. Por el contrario, la vertiente septentrional se caracteriza por la presencia, en sus niveles superiores, de abundantes escarpes rocosos y pendientes muy pronunciadas.

En un análisis más detallado se puede observar la coexistencia, en estos materiales, de formas correspondientes a los tres sistemas morfoclimáticos ya mencionados: glaciar, periglaciar y mediterráneo.

5.2.3.3.1.- Modelado Glaciar.-

Los rasgos de modelado glaciar son escasos y poco significativos, apareciendo en general desdibujados por la posterior actividad periglacial. Lo más representativo son dos afloramientos rocosos atribuibles a morrenas, localizados en la pista forestal que une Jeres del Marquesado con la carretera del Puerto de la Ragua, y Laguna Seca, cuenca endorreica al parecer de origen glaciar (DIAZ de FEDERICO, op. cit). Algunos autores asocian la presencia de esta laguna al basculamiento de un gran bloque y la posterior actividad periglacial (GARCIA ROSSELL, com. pers.); no obstante, en ella, se detecta la presencia de las denominadas por SORIA, SORIA MINGORANCE Y RUIZ (1985), "marmitas glaciares" asociadas por estos autores a corrientes acuosas subglaciales. En la zona de Jonaique, se observan afloramientos rocosos con aspecto de rocas aborregadas aunque no presentan evidencias de estriación. En el límite occidental de la hoja, fuera de los demarcadores de la misma, aparecen rasgos glaciares de mayor entidad, como el circo glaciar del Picón de Jeres, a 2.900 m., y otros dos circos embrionarios a 2.600 y 2.800 m. de altitud (DIAZ DE FEDERICO, op. cit.).

5.2.3.3.2.- Modelado Periglacial.-

La alternancia de los ciclos hielo-deshielo, el agua de fusión de la nieve y los fuertes vientos, son los principales agentes responsables del modelado periglacial, coadyuvados por las fuertes oscilaciones térmicas, características en las altas cotas de las montañas localizadas en latitudes bajas.

Las huellas de este tipo de modelado son muy patentes y abundantes en la zona de estudio y su actividad persiste en la actualidad, normalmente por encima de la cota de 2.000 m., de ahí que podamos diferenciar entre un periglacialismo antiguo y otro actual. Al periglacialismo antiguo hay que atribuirle fundamentalmente, las denominadas "formas mayores" como mantos de derrubios, circos de nivación, canchales y derrubios de gravedad; mientras que al periglacialismo actual se asocian las "formas menores", como: suelos poligonales, terracillas, guirnaldas, rosetones de cespéd o calvas y enlosados nivales.

Formas Mayores

Mantos de derrubios.- Se trata de depósitos constituidos por una matriz más o menos fina que engloba gran cantidad de fragmentos rocosos heterométricos, planos y de naturaleza esquistosa y cuarcítica; ocupan la práctica totalidad de las laderas medias y altas, especialmente en la vertiente meridional, y constituyen el

material que da origen a la mayoría de los suelos del área de estudio. Las principales diferencias que se dan entre los distintos mantos radican en el porcentaje de elementos finos y gruesos, así como en la disposición de los mismos, en el color y en la textura de la matriz.

En base a la textura de la matriz, se pueden diferenciar dos tipos:

- Mantos de textura franco-arenosa o arenosa franca y de color pardo, en los que los clastos aparecen perfectamente ordenados en capas y paralelos a la superficie del terreno (Grezes li-tées). Se reparten por toda la zona de estudio (Foto 5.3).

- Mantos de textura arcillosa y color rojo, en los que los clastos están dispuestos de forma caótica, lo que probablemente hay que atribuir a la mayor viscosidad de la matriz. Su origen hay que asociarlo a la destrucción de antiguos suelos rojos de los que aún se conservan restos más o menos erosionados. Se concentran, fundamentalmente, entre 1.500 y 2.000 m. de altitud y, en la actualidad, la mayoría de ellos se presentan enterrados por un manto pardo, lo que pone de manifiesto su origen más antiguo.

Su génesis hay que atribuirla al efecto combinado de las aguas de arroyada, reptaciones (creeping) y fenómenos de solifluxión. Algunos autores (MUNOZ JIMENEZ, 1986) sitúan este tipo de formaciones en los dominios periglaciares con ciertas peculiaridades secas, debido a su hipotética fragilidad frente a las arroyadas de origen pluviodinámico. Para DERRUAU (1983), su génesis presupone una ausencia de vegetación y un frío muy intenso; indica también que puede tratarse de derrubios de gelivación modificados por las arroyadas procedentes de la fusión de la nieve. En su morfología aún se puede apreciar, aunque bastante desdibujadas por la erosión, la existencia de "cicatrices de despegue" y "frentes" (lobulos de solifluxión), de considerable tamaño y asociados a grandes deslizamientos en masa.

Se trata de depósitos inestables que, aún hoy día, por encima de los 2.000 m., están sometidos a una lenta pero continua reptación (creeping), como se pone en evidencia por la curvatura que, en algunas zonas, presentan los pinos de repoblación y por los desmoronamientos de taludes en las carreteras y pistas forestales que se han construido sobre ellos.

Circos de nivación.- El único que podríamos considerar como tal se sitúa en Laguna Seca. Se trata de una cuenca endorreica, localizada en la cima de la dorsal de Sierra Nevada, entre las elevaciones del Chullo y Cerro del Almirez.

Su origen presenta una cierta controversia, de forma que, como mencionabamos anteriormente, algunos autores le atribuyen un origen glaciar y otros la asocian al basculamiento de un gran bloque que originó la depresión y esta posteriormente, fue remodelada por la actividad periglaciaria hasta alcanzar su configuración actual. De hecho, ambas teorías son compatibles y, probablemente, su origen sea mixto; es decir, que tras el basculamiento del bloque la acción glaciar modeló la depresión formada y, posteriormente, los procesos periglaciares le proporcionaron su morfología actual.

Canchales.- Están constituidos por grandes acúmulos de *ce-*lifractos heterométricos, generalmente aplanados, con muy escasos elementos finos. Se trata de mantos activos, móviles, debido a las fuertes pendientes sobre las que se asientan y a la acción combinada del par hielo-deshielo. Su pobreza en elementos finos dificulta enormemente su colonización por parte de la vegetación, lo que acentúa su inestabilidad. Se detectan fundamentalmente, en los niveles superiores de la vertiente norte.

Su génesis está ligada a la acción del hielo (*crioclastia*) y a las fuertes oscilaciones térmicas (*termoclastia*), procesos a los que son muy sensibles estos materiales esquistosos

Derrubios de gravedad.- Su génesis está condicionada por los mismos mecanismos que rigen la formación de canchales, aunque en este caso su presencia está ligada a un escarpe rocoso y, según DERRUAU (1983), en pendientes superiores a las de los mantos de derrubios (30-35°). Su desarrollo es paralelo a la recesión del escarpe y su máxima evolución da lugar a lo que se conoce como vertientes regladas o vertientes Richter.

En general, los fragmentos rocosos, de forma más o menos poliédrica y heterométricos, se distribuyen por el talud en función de su tamaño, apareciendo los más gruesos en los niveles inferiores, por efecto de la gravedad, y los de menor tamaño en los superiores. Los huecos que quedan entre los fragmentos rocosos se rellenan de material fino arrastrado por las aguas de escorrentía u originado por meteorización "in situ" y esto les permite una mayor retención de humedad que en el caso de los canchales. Como consecuencia, la colonización vegetal será más rápida y, mediante su desarrollo, contribuirá eficazmente a la estabilización de estos depósitos inestables.

Formas Menores.

Su génesis está asociada, en general, a procesos de "crioturbación". Este término, de acuerdo con RIEGER (1983), engloba toda una serie de fenómenos de remoción y redistribución de partículas y humedad en el suelo a causa de los incrementos de volumen que experimenta el terreno al helarse. En líneas generales, los principales efectos del hielo sobre los suelos son: hinchamiento, fluidez, destrucción de la estructura, levantamiento y redistribución de los fragmentos rocosos, etc; igualmente, al desecarse el suelo, se producen fenómenos de resquebrajamiento por contracción del mismo.

Las formas menores, son muy abundantes en el área de estudio y particularmente en la vertiente meridional. Esto, probablemente sea debido al hecho de que la efectividad de los procesos periglaciares está más relacionada con el número de ciclos hielo-deshielo que con la intensidad o duración de las heladas (DERRUAU, M, 1977; RIEGER, op. cit). Lógicamente, la vertiente meridional, más térmica, padecerá oscilaciones prácticamente diarias durante las épocas en que se producen las heladas. Por el contrario, en la vertiente norte, menos soleada (umbria) y más fría, los suelos pueden permanecer helados durante periodos bastante prolongados, lo que restará efectividad a estos procesos. De entre las diferentes formas que aparecen, hay que destacar:

Suelos poligonales. - Se sitúan en zonas llanas y desprovistas de vegetación; en el ámbito de nuestro estudio se restringen a la cuenca andorreica de Laguna Seca.

Constituyen redes de polígonos de un diámetro que oscila entre 5 y 25 cm., separados por grietas de 1 cm. aproximadamente. En unos casos, en la periferia de la cuenca, las grietas aparecen tapizadas y rellenas de gravas; en otros casos, en el centro de la cuenca, no. (Foto 5.8)

Su origen está asociado, de acuerdo con la mayoría de los autores, a procesos hinchamiento y contracción del suelo como consecuencia de los ciclos hielo-deshielo y al desecamiento del mismo. Más polémica ha provocado el hecho de que las grietas aparezcan, en ocasiones, tapizadas de gravas y fragmentos rocosos de tamaño variable. Según DERRUAU, esto es debido a procesos de abombamientos yuxtapuestos en el periodo helado, de forma que las piedras de superficie, cuando comienza el deshielo, resbalan y se acumulan en las grietas (fig.5.6). Para RIEGER, las grietas de retracción se rellenan de agua en el periodo húmedo anterior a la congelación y, cuando ésta llega, se congela el agua de las grietas de forma que el suelo, en su proceso de hinchamiento, ya no puede volver a ocuparlas, con lo que la presión se dirige hacia la superficie y arrastra a los fragmentos rocosos.

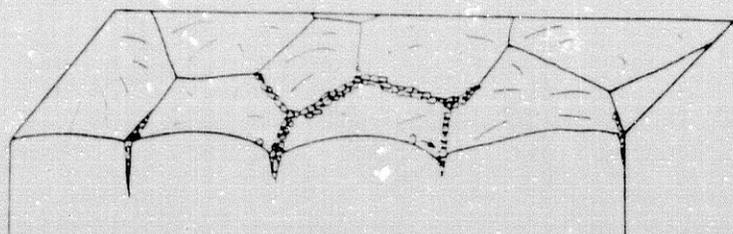


Fig. .- Génesis de suelos poligonales (según DERRUAU, 1977).

El hecho de que en el centro de la cuenca las grietas no estén tapizadas por grava es debido, simplemente, a que sus suelos son limosos y no contienen elementos gruesos.

En los bordes de la cuenca, donde el terreno aparece ligeramente inclinado, los polígonos se elongan y dan lugar a la aparición puntual de "suelos estriados" incipientes.

Céspedes almohadillados.- Se trata de formaciones de gramíneas que aparecen sobreelevadas con respecto a la superficie del terreno.

Su origen parece deberse, fundamentalmente, a la erosión diferencial de las aguas de arroyada y al viento, que eliminan los materiales finos de las áreas no sometidas a la influencia protectora de la vegetación y quedan así tapizadas por un lecho pedregoso. En la zona de influencia de la gramínea, la protección de su denso entramado radical, limita la pérdida de materiales con lo que al rebajarse el nivel del terreno entre las distintas plantas, estas aparecen sobreelevadas con respecto a la superficie del suelo.

El suelo que se forma bajo la gramínea es más rico en elementos finos y materia orgánica, al tiempo que muestra una estructura más desarrollada. Todo ello conduce a un aumento de los poros finos y de la capacidad de retención hídrica, lo que, unido a la protección térmica de la planta, hace que, en las épocas susceptibles, el proceso de congelación del material edáfico retenido entre las raíces comience por la periferia de la planta, de forma

que cuando llega a congelarse el interior su dilatación no puede producirse lateralmente, únicamente de forma vertical, con lo que las raíces de la zona central se rompen y se produce el necrosamiento de esa zona, dando lugar a la formación de "calvas" llamadas también "coronas o rosetones de cespéd" (Foto 5.5)

Esta hipótesis está basada en el hecho de que las coronas son menos frecuentes en áreas de suelos profundos donde las raíces de las gramíneas no llegan a anclarse en la roca y, por tanto, no se rompen con el proceso de hinchamiento. No son exclusivas de las gramíneas, pudiendo aparecer en piornos y otras especies, generalmente de porte almohadillado o pulvinular, que habitan en el piso promediterráneo (*Arenaria pungens*, *A. tetraquetra*, *Astragalus granatensis*, etc.).

En zonas inclinadas, es frecuente observar las denominadas "guirnaldas", que son formaciones de gramíneas con forma de media luna. Según SANZ-HERRAIZ (1986) se forman a partir de rosetones que son invadidos o enterrados en su parte más elevada por los materiales finos aportados por las aguas de arroyada o la propia dinámica de la vertiente (creeping). La parte enterrada termina por necrosarse y la corona adquiere forma de media luna o guirnalda (Fotos 5.5 y 5.6).

Terracillas. - Se trata de formaciones de ladera a modo de escalones constituidos por una superficie más o menos llana y desprovista de vegetación, seguida por un frontal o pequeño talud (microtalud) tapizado por gramíneas, de entre las que predomina netamente *Festuca indigesta* (fig. 5.8), (Foto 5.7).

Su génesis no está totalmente esclarecida y así, mientras que para SANZ HERRAIZ (op. cit.) constituyen un paso más en la evolución de las coronas y guirnaldas, para otros autores son debidas a despegues del suelo por gravedad, asociado a los procesos de hielo-deshielo y frenados por la vegetación de gramíneas (LONGLEY, 1967; DERRUAU, 1983; IBANEZ, 1986).

Desde nuestro punto de vista, su origen podría estar relacionado con la destrucción de la vegetación climácica, en nuestro caso el piornal. En Sierra Nevada, la quema de los piornales para la obtención de pastos ha sido una práctica muy extendida. Una vez desprovista la pendiente de vegetación, consecuencia del fuego, quedaría expuesta a un intenso periglacialismo que daría lugar a procesos de reptación o creeping; como consecuencia, se originarían pequeños lobulos de soliflucción, que constituirían a modo de escaloncitos incipientes ante la presencia de cualquier obstáculo o la disminución de la fluidez por una progresiva desecación del suelo. El frontal del escalón (lobulo), estaría constituido por material superficial, generalmente más fértil, mien-

tras que la parte superior correspondería a una pequeña microde-
 presión (concha de deslizamiento) en la que afloraría el material
 subsuperficial. Una vez redistribuido de esta forma el material
 edáfico, las semillas de las especies pioneras encontrarán, en
 los lobulos, unas mejores condiciones para su germinación.

De acuerdo con lo anterior, el que las formaciones de grami-
 neas adquieran esa configuración, probablemente esté relacionado
 con esa redistribución previa de las propiedades del suelo. Indis-
 cutiblemente, una vez formada la terracilla, esta condicionará la
 posterior dinámica y evolución de la vertiente.

Esta teoría se basa en el hecho de que las terracillas se pre-
 sentan fundamentalmente sobre suelos profundos y evolucionados
 (Cambisoles húmicos o distrícos), hecho que también fue observado
 por IBÁÑEZ (1986), que son típicos del piornal y no de una vege-
 tación graminoide, más propia de suelos esqueléticos en los que,
 por otra parte, son menos frecuentes.

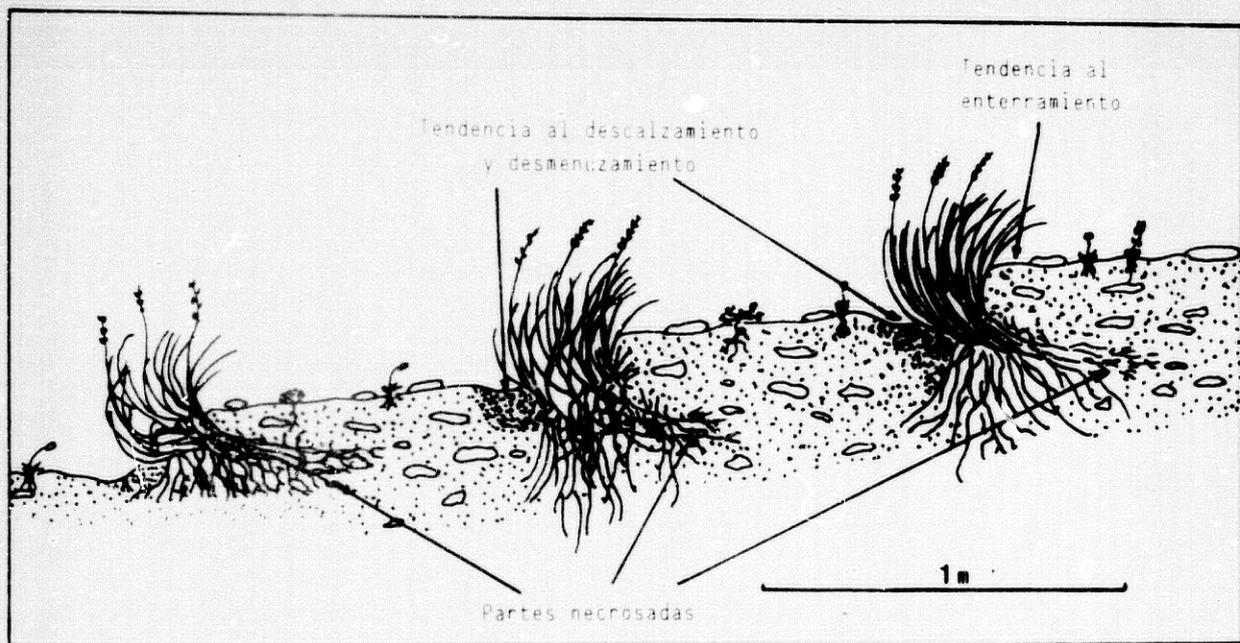


Fig. 5.8.- Esquema de 'Terracillas' de *Festuca indigesta*. (ADAPTADO DE: SOUTADE Y BAUDIERE, 1979).

Enlosado nival.- Su formación tiene lugar en las áreas des-
 provistas de vegetación; en ellas, los clastos aparecen dispues-
 tos horizontalmente sobre la superficie del suelo y los espacios
 entre ellos rellenos de un material limoso.

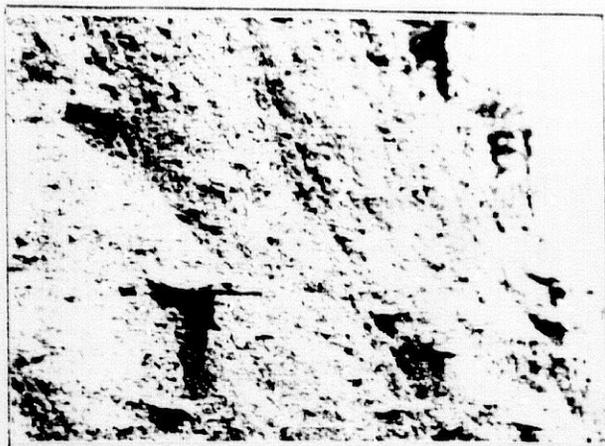


FOTO 5.3.- DERRUBIOS ORDENADOS (Créze litée)



FOTO 5.4.- FRAGMENTOS ROCOSOS Y MATERIAL EDIFICIO SOBREELEVADOS POR ACCION DEL PIPKRAKE



FOTO 5.5.- CALVAS E INICIO DE FORMACION DE GUERNALDAS.

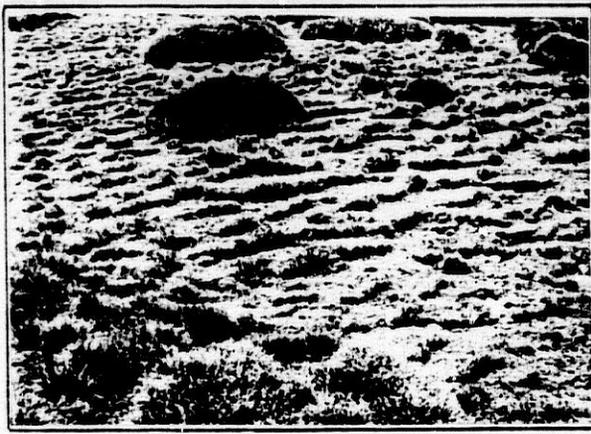


FOTO 5.6.- INICIO DE FORMACION DE TERRACILLAS (Guirnaldas) POR ACCION DEL CREEPING



FOTO 5.7.- TERRACILLAS

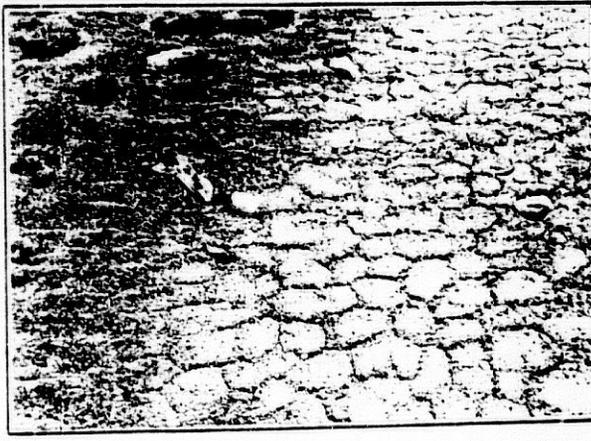


FOTO 5.8.- SUELOS POLIGONALES Y ESTRIADOS

Su génesis, como la del resto de las formas periglaciares, está asociada a los procesos alternantes de hielo-deshielo. Cuando el suelo se hiela, experimenta un incremento de volumen que es variable dependiendo de las características del suelo (textura, humedad, etc.); VIERECK (1965; en RIEGER, op. cit.) señala que la expansión vertical por heladas en suelos arcillosos con abundante agua adicional (capa freática), puede ser de hasta un 60%.

Con el deshielo la matriz fina del suelo se hace fluida y los fragmentos rocosos, más densos, se hunden en ella y se disponen paralelos a la superficie, al tiempo que la matriz fina es empujada por la presión de los clastos y sale entre ellos formando a modo de pequeños grumos o montoncitos de barro. DERRUAU (1983) los asocia a la presencia de mollisoles. (Fig. 5.9)

El material de los grumos, fundamentalmente limoso, es poco coherente y, cuando se seca, es barrido por el viento y por las aguas de escorrentía.

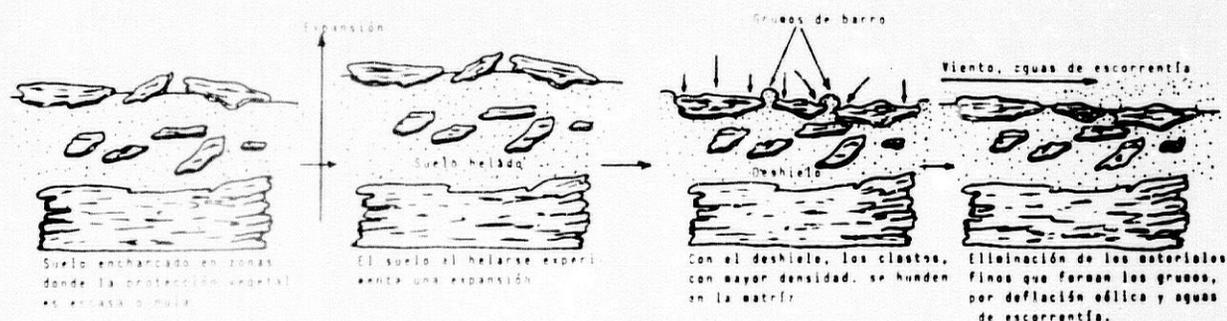


Fig. 5.9.- Formación de lechos pedregosos y enlosados nivales.

En estas zonas es frecuente observar el fenómeno de "Pipkra-ke" (foto 5.4), que consiste en la formación de pequeños bastones o agujas de hielo que se forman debajo de los fragmentos rocosos y bloques de suelo y los levanta. Cuando este fenómeno se produce en zonas inclinadas, favorecen el desplazamiento de los clastos a lo largo de la pendiente y puede dar lugar a lugar a la formación de depósitos estratificados de cantos perpendiculares a la superficie de la vertiente (DELGADO CALVO-FLORES, 1980).

5.2.3.3.3.- Modelado Mediterráneo.-

Si bien el modelado periglacial afecta a los materiales metamórficos prácticamente en toda su extensión, se han citado fenómenos de solifluxión antiguos en alturas comprendidas entre 800 y 1.000 m. (HEMPEL, 1960; en DELGADO CALVO-FLORES, 1980), no es menos cierto que estas antiguas superficies están siendo desmanteladas y remodeladas por la intensidad de los procesos erosivos del riguroso ambiente mediterráneo.

Lo más significativo de este modelado es la presencia de una red de drenaje fuertemente encajada y dispuesta casi perpendicularmente a la dorsal. Mientras que en la vertiente meridional sus barrancos están preferentemente orientados en las direcciones S y S-SE, en la septentrional esta dirección es N y N-NO fundamentalmente. En la fig. 5.10b, aparece representada la red de drenaje correspondiente a la cuenca del río Bayárcal, cuya característica fisonomía es repetitiva en la práctica totalidad del área.

Los interfluvios son generalmente espaciados y los barrancos muestran forma de uve distendida (V) con fuerte disimetría en sus vertientes; mientras que una muestra un perfil suave y alomado, la otra es muy inclinada y con abundantes escarpes rocosos. La más suave aparece cubierta por mantos de derrubios y en general, se presentan desforestadas y disectadas por barranqueras y cárcavas, más frecuentes y profundas cuanto menor es la cota. En las proximidades de los núcleos urbanos aparecen abancaladas con fines agrícolas. Las vertientes más escarpadas, aparecen escalonadas, formando pequeños rellanos separados por taludes en los que aflora normalmente la roca (fig. 5.10).

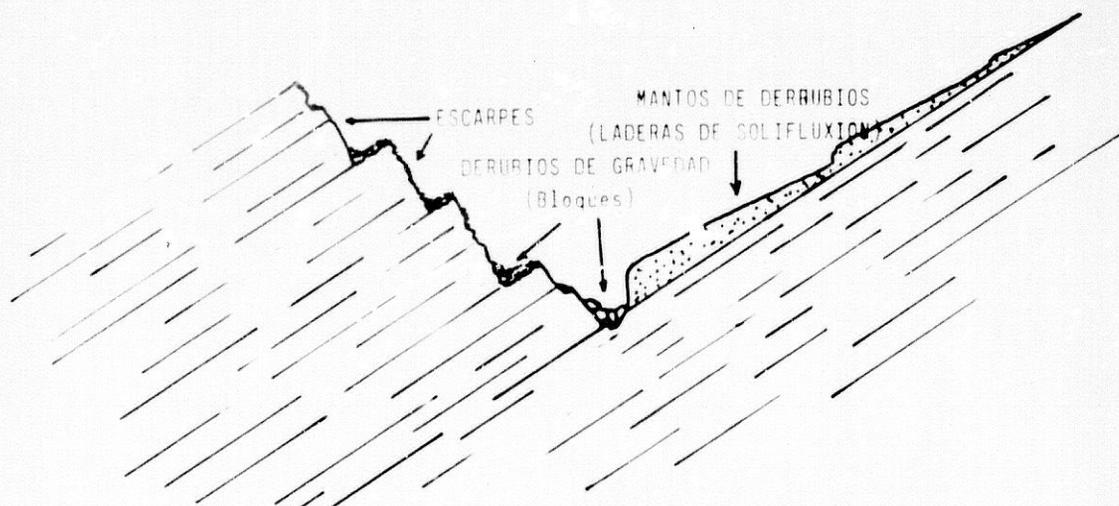


Fig. 5.10 .- Esquema de la Disimetría de Vertientes.

Para explicar esta disimetría se ha recurrido a fenómenos muy variados; no obstante, en la actualidad parece existir acuerdo en considerarlas asociadas a condicionamientos tectónicos. En las

vertientes suaves los estratos discurren, por lo general, paralelos a la superficie de las mismas, mientras que en las escarpadas las cortan más o menos verticalmente (fig. 5.10).

La red de drenaje se caracteriza por cursos de agua estacionales que dan lugar a torrentes alimentados por las aguas del deshielo, junto a otros continuos como los rios Bayarcal, Andarax, Paterna, etc., que padecen un fuerte descenso en el periodo estival. Con respecto a su estructura, mientras que en las cotas superiores, menos afectadas por el modelado mediterráneo, la red es de tipo dendritico y presenta una densidad baja a muy baja, con áreas de drenaje interno a nivel de las cumbres; conforme se descende, la densidad aumenta y la red tiende a hacerse subparalela. Igualmente en los niveles superiores la red aparece poco jerarquizada aumentando ligeramente el orden de los cauces conforme se descende. En la fig. 5.11, aparece representada la red de drenaje correspondiente a las subcuencas de los rios Laroles y Bayarcal, subsidiarias de la cuenca del rio Adra. Como se puede comprobar, el máximo rango alcanzado dentro de los límites del territorio estudiado, es un quinto orden.

b) Materiales Ultrabásicos.-

A pesar de situarse en cotas superiores a los 2.000 m., en algunos puntos, su modelado recuerda más a un paisaje granítico que al resto de materiales con los que comparte el piso oromediterráneo (esquistos y cuarcitas). La superficie aparece cubierta por grandes bloques subredondeados, cuyos intersticios están rellenos por una matriz fina de color pardo rojizo o rojo que procede de su meteorización.

La explicación a esta morfología hay que buscarla en su bajo grado de metamorfismo y menor estabilidad de sus minerales frente a la meteorización química, en comparación con los materiales ácidos que los circundan. Ambos hechos condicionan suelos profundos, ricos en bases y bien estructurados, y los rasgos morfológicos más significativos están determinados por procesos de arroyada laminar y, fundamentalmente, difusa entre los grandes bloques y la vegetación; en ocasiones aparecen algunos surcos y cárcavas.

Las formas periglaciares descritas para los materiales ácidos son aquí bastante menos frecuentes. En cuanto a la red de drenaje, dado lo reducido del afloramiento, tiene poca entidad y no es representativa; no obstante, creemos interesante señalar la presencia de áreas acarvacadas como consecuencia de los desmontes realizados para la explotación de las minas de hierro localizadas en la Gabiarra.

Materiales Alpujarrides.-

Se localizan en las cotas más bajas, por lo que aparecen afectados exclusivamente por el sistema morfogenético mediterráneo. Excluiremos los micasquistos y cuarcitas, ya que su modelado es el mismo que el descrito para los materiales Nevado-Filábrides.

a) Calizas y calizo-dolomías.- Muestran un relieve más abrupto y quebrado que los materiales esquistosos, al tiempo que su disposición sobre los materiales Nevado-Filábrides, determina la existencia de frecuentes cuestas estructurales interrumpidas por algún que otro resalte.

Bajo clima mediterráneo, estos materiales presentan una elevada resistencia a los procesos de meteorización; lo que, unido al régimen torrencial de las precipitaciones, las fuertes pendientes y la intensa deforestación padecida, ha originado una intensa destrucción de sus suelos. Así, las laderas aparecen prácticamente desnudas y el material edáfico erosionado ha dado lugar a la formación de potentes coluviones, de color pardo-rojizo, que tapan la base de estas formaciones y sus depresiones.

Estos depósitos, con una vegetación muy pobre constituida generalmente por tomillares termófilos, suelen aparecer disectados por grandes cárcavas originadas por el intenso poder erosivo de las aguas de escorrentía que discurren a gran velocidad sobre las laderas desnudas. El dominio de la escorrentía superficial hace prácticamente inexistente el modelado kárstico, únicamente en las zonas más llanas se pueden detectar formas exocársticas (lapiaz), como ocurre en las proximidades de la casa forestal de Monterrey.

La red de drenaje posee una escasa representación dado lo reducido de estos afloramientos; en general, se caracteriza por la presencia de laderas escarpadas, abundantes taludes de derrumbios (laderas Richter) y cauce espaciado y llano de tipo rambla.

b) Filitas.- Dada su fina textura, impermeabilidad y escasa coherencia, sobre estos materiales se desarrolla una densa red de drenaje de tipo dendrítico, que, en algunos puntos, origina un modelado próximo al tipo "bad-lands".

En la mayoría de los casos, la línea o superficie de partición de los interfluvios aparece recubierta de materiales coluviados de las calizas situadas topográficamente por encima de las filitas; son también comunes los deslizamientos gravitacionales (isotrópicos) en las vertientes, motivados por el descarnado que las arroyadas estacionales provocan en la base de las laderas.

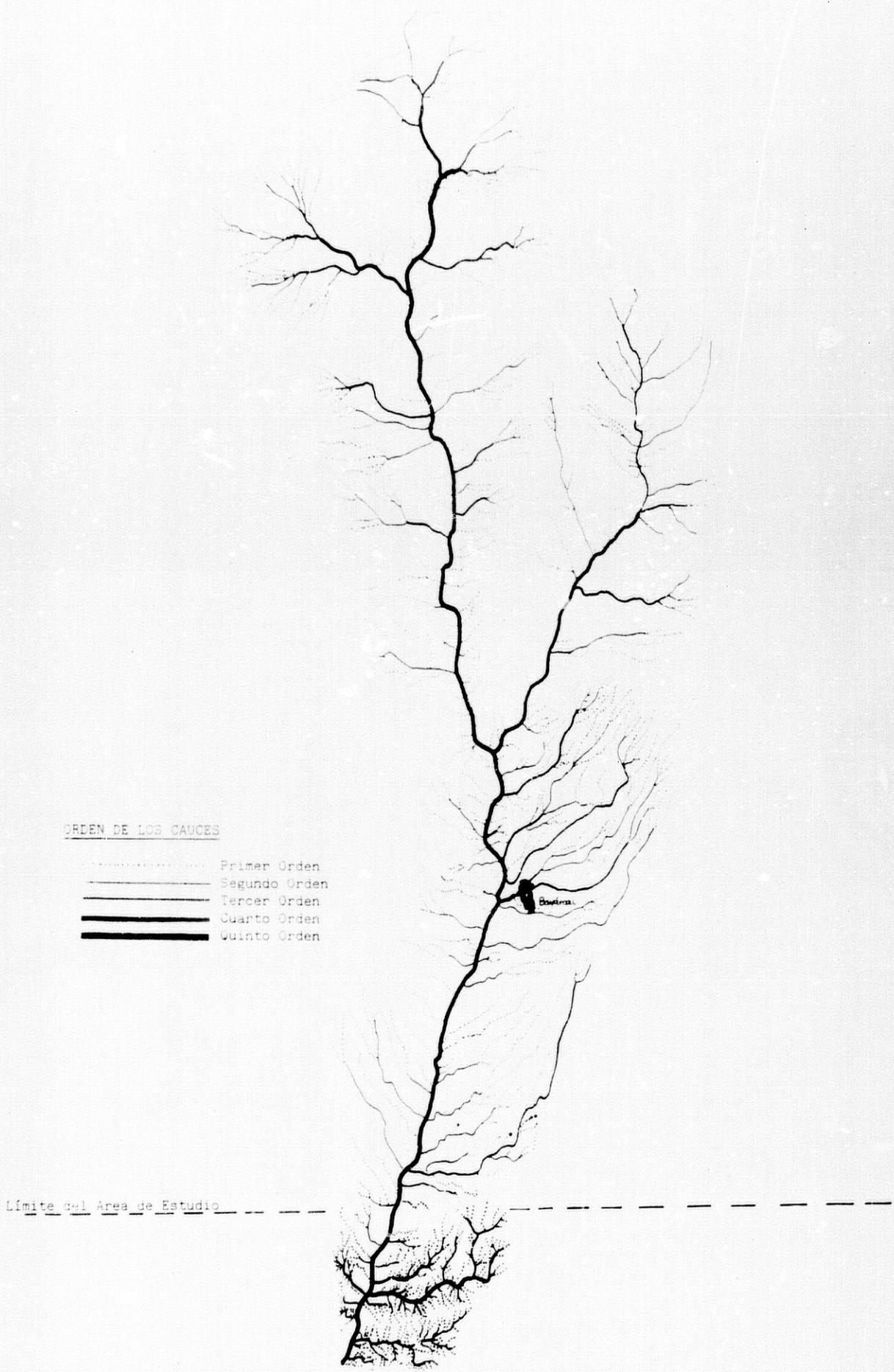


Fig. 5.11 .- Esquema de la red de drenaje en los materiales silíceos del Complejo Nevado-Filábride. En la parte inferior, fuera de los límites del territorio, aparece representada la red de drenaje característica de los materiales filíticos. El esquema corresponde a la cuenca del río Bayárcal

Depósitos Cuaternarios-

Los depósitos recientes tienen escasa representación en el área, limitándose a los cauces de los ríos, ramblas y pequeñas vegas.

El cuaternario antiguo, tiene una mayor representación y aparece recubriendo la base de los cerros esquistosos y calcáreos, como veíamos anteriormente. Se trata de mantos aluviales constituidos por fragmentos rocosos heterométricos, subredondeados y de naturaleza esquistoso-cuarcítica, englobados en una matriz de textura y color variable. Estas capas, aparecen superpuestas y ponen de manifiesto la existencia de diferentes regímenes de deposición; al tiempo que, las características de cada una de ellas, nos dan idea acerca de la naturaleza de los suelos y condiciones climáticas que existían antes de la crisis resistásica que desencadenó su deposición.

En general, su relieve es suave y aparece, en algunos puntos, salpicado de grandes terrazas o bancales escalonados, con rellanos de escasa pendiente. Su manejo con fines agrícolas, con destrucción de la vegetación natural y roturación del terreno, ha favorecido su erosión y, en la actualidad, aparecen disectados por frecuentes cárcavas más o menos profundas.

5.2.4. VEGETACION.

La diversidad vegetal que caracteriza a Sierra Nevada tiene su origen, fundamentalmente, en su enorme complejidad ecológica. Su gran altitud, la variada litología y su accidentado relieve, rico en formas y sistemas morfológicos, junto a la abundancia de situaciones microclimáticas y edáficas que posibilitan, han determinado la existencia de un amplio mosaico de comunidades vegetales y una excepcional riqueza florística.

No obstante, la fuerte presión antrópica padecida por estos territorios ha repercutido de forma notable en la configuración del paisaje vegetal de Sierra Nevada, tanto es así que GONZALEZ PARRAS (1937) comenta sobre este que, aunque la existencia de uno u otro tipo de comunidades vegetales viene determinada por los factores del medio -suelo y clima fundamentalmente-, el hombre ha sido el responsable en último término de la configuración de la vegetación.

5.2.4.1. El paisaje vegetal en el territorio.-

Como señalábamos en capítulos anteriores, la cubierta vegetal hay que considerarla como una consecuencia del medio a la vez que como uno de los factores determinantes del mismo; su alteración pues, necesariamente llevará aparejada la alteración de dicho medio. Si a esto unimos las características del territorio considerado: un área montañosa de abrupta topografía, fuertes pendientes y un riguroso clima mediterráneo, es fácil imaginar que la alteración de la cubierta vegetal conduce a la rápida alteración e incluso, a la total destrucción de ese medio, en el que los suelos constituyen la máxima expresión de su evolución.

Este hecho, ha motivado la coexistencia en el territorio objeto de nuestro estudio de formaciones jóvenes o poco evolucionadas, como consecuencia generalmente de una evolución regresiva a causa del rejuvenecimiento del sistema, junto a formaciones maduras en aquellos puntos que menos han padecido de las actividades humanas y que son minoritarios. Así, los encinares termófilos (*Smilaci-Quercetum rotundifoliae*) que debieron ocupar los niveles basales del área, en la actualidad prácticamente han desaparecido quedando solo pequeños reductos, bastante deteriorados, como el existente en las proximidades de Paterna del Río.

Los encinares supramediterráneos nevadenses (*Adenocarpo-Quercetum rotundifoliae*), igualmente muy degradados, tienen una mayor representación y de entre ellos cabe destacar los encinares de Bayárcal y otro localizado en la ladera oriental del barranco de Válor, como los más representativos y mejor conservados. En la vertiente septentrional, destaca el localizado en la base de Peña

Horadada en el límite oriental del territorio (Barranco de Ohanes) que, aunque muy aclarado, se caracteriza por el gran tamaño de los ejemplares de encina.

Con respecto a las formaciones de caducifolios, algunos puntos del área ofrecen condiciones ecológicas idóneas para el desarrollo de robledales (melojares); no obstante, no hemos detectado la existencia de ninguna formación de este tipo, aunque es muy frecuente la presencia de elementos característicos de sus etapas de degradación, en barrancos y laderas umbrías, sobre suelos frescos y profundos. Este hecho hace suponer que su inexistencia haya que achacarla igualmente a las actividades humanas. La calidad de su madera y el hecho de encontrarse en el límite del área de expansión de esta especie, probablemente sean los factores que han determinado su total desaparición. Por otra parte, los enclaves teóricamente idóneos para su desarrollo aparecen en la actualidad ocupados por formaciones de castaños o bancales dedicados a cultivo.

En cualquier caso, la mayor parte de las superficies antaño ocupadas por las diferentes formaciones boscosas, aparecen hoy día dedicadas al cultivo, actividades forestales o bien, ocupadas por matorrales correspondientes a las distintas etapas de degradación, en aquellos lugares que por sus características o intensa erosión padecida no han resultado apropiados para las anteriores actividades.

Son bastante frecuentes en la zona, antiguas superficies de cultivo abandonadas en la actualidad debido a la escasa rentabilidad de las mismas. Se pueden observar incluso en altitudes próximas a 2.000 metros y aparecen ocupadas por "tomillares nitrófilos", las recientemente abandonadas, o matorrales de mayor porte las abandonadas hace algunos años. Gran parte de las repoblaciones de coníferas realizadas en el territorio se han llevado a cabo sobre estas antiguas superficies de cultivo y han contribuido eficazmente a la protección de los suelos al atenuar la velocidad de las aguas de escorrentía y, por tanto, sus efectos devastadores sobre esas superficies carentes de vegetación.

A partir de determinada altitud, donde la severidad climática dificulta el desarrollo forestal, las formaciones boscosas dan paso a un denso matorral de pequeño porte constituido por especies profiticas que se caracterizan por su notable adaptación a soportar sin perjuicio las condiciones extremadamente xéricas del verano mediterráneo (QUEZEL, 1953); es el dominio de los "piornales". Se trata de formaciones psicroxerófilas de porte almohadillado y constituyen teóricamente la primera etapa de degradación de antiguas formaciones de pinos, enebros y sabinas, que debieron dominar en estas zonas elevadas (VALLE, 1985). Estas formaciones constituyen la comunidad climática actual y normalmente se

presentan con coberturas de hasta el 80-90%. Gran parte de su área de distribución potencial aparece ocupada por repoblaciones de coníferas (*P. sylvestris* var. *nevadensis*), que alcanzan cotas de hasta 2.300 m.

A partir de los 2.500 m. aproximadamente, los piornales comienzan a aclararse y a ser sustituidos por especies de pequeño porte entre las que destacan las gramíneas.

Un hecho que creemos importante señalar, en relación a las actividades humanas, es la presencia de determinadas comunidades cuyo óptimo desarrollo lo presentan en áreas de características ecológicas diferentes. Nos referimos concretamente a la presencia de especies, de marcado carácter basófilo como *Erinacea anthyllis*, *Cistus albidus*, *Digitalis obscura*, etc.; que son bastante frecuentes entre el matorral de degradación sobre materiales silíceos y llegan incluso, en algunos puntos, a constituirse en el matorral dominante. Esto podría estar relacionado con los frecuentes incendios provocados con fines ganaderos.

Otro hecho significativo, relacionado con dichas actividades, es la constante presencia de plantas como *Eryngium campestre* y *Carlina corymbosa* en proporciones normalmente elevadas y en la práctica totalidad de las comunidades representadas dentro del territorio, particularmente en las meso y supramediterráneas. Se trata de especies, a decir de MONTOYA OLIVER (1983), indicadoras de majadas mal y excesivamente pastoreadas.

En definitiva, parece ser que las actividades humanas han contribuido a incrementar la riqueza específica y variabilidad paisajística de estos territorios, a través de la degradación del medio. Esto, independientemente de que su actuación, como apunta MARGALEF (1981), conduce generalmente a la disminución de la diversidad interna de los ecosistemas.

5.2.4.2.- Factores que determinan la diversidad vegetal en el territorio.

Un aspecto de gran importancia en el conocimiento de las interrelaciones seres vivos-medio físico se refiere a la interpretación de las comunidades en relación con las características del ambiente. Generalmente, se han tratado de detectar dentro de un conjunto de variables físico-químicas, presumiblemente responsables de la variedad biocenótica, aquéllas que mejor reflejen las tendencias de variación de las comunidades (GROENEVOUD, 1965). Lo cierto es que, como vemos en el capítulo dedicado a la dinámica del paisaje, son tantas las variables implicadas y tan diversas las posibilidades de combinación entre ellas, capaces de inducir variaciones paisajísticas y, por tanto, en las comunida-

des vegetales, que cualquier intento de clasificación de las mismas resultará siempre parcial e incompleto. No obstante, en este apartado intentaremos sintetizar la actuación de los principales agentes implicados en los cambios vegetales dentro del territorio al objeto de facilitar la comprensión de los diferentes aspectos utilizados en el análisis y dinámica de la vegetación.

De acuerdo con RIVAS MARTINEZ (1964; 1972), el paralelismo o correspondencia entre los suelos y la vegetación es un hecho general bien probado; en la misma línea de pensamiento se encuentra MARGALEF (op. cit), cuando comenta que " un ecosistema se desarrolla como una unidad y no es posible separar la vegetación del suelo, cuyas características van madurando también al compás de la sucesión" y WALTER (1977), al señalar que "el suelo y la vegetación presentan interrelaciones tan estrechas que casi pueden considerarse como una unidad.

En relación a esto, en el desarrollo de los capítulos anteriores, hemos puesto de manifiesto en repetidas ocasiones que la evolución de la vegetación es una consecuencia directa de la propia dinámica y evolución del paisaje, por tanto, los mismos factores que afectan a su diversidad, reflejada en la naturaleza de los suelos, serán los que afecten a la diversidad vegetal.

Así pues, de entre los factores implicados la diversidad del sistema, roca y clima son, en primer lugar, los que determinarán las variaciones más patentes, ya que ambos factores son los responsables de las características primarias de los suelos del área estudiada; es decir, que en un clima mediterráneo como el que nos afecta, los suelos van a presentar unas características heredadas del material original y estas van a estar a su vez más o menos modificadas por la actuación del clima que, como veíamos, experimenta variaciones con la altitud que repercuten directamente en las características de los suelos.

Así pues, se puede comprobar que el clima y la roca, por sí mismos y a través de las características que imprimen a los suelos, van a ser los responsables de las variaciones más significativas que se producen en la vegetación así como de la distribución espacial de esta en el paisaje.

No obstante, hay que señalar que las variaciones vegetales, asociadas a la modificación del clima, no aparecen tan claramente delimitadas como las asociadas a cambios en el material geológico. Esto es debido a que, a diferencia de lo que ocurre con este último, en el que los cambios de roca se producen generalmente de forma brusca, las variaciones climáticas con la altitud tienen lugar de forma gradual. Este hecho determina la

aparición de áreas en las que coexisten especies características de niveles climáticos adyacentes: son las denominadas **Áreas de Ecotonia**.

El efecto combinado de la roca y el clima, junto a la propia dinámica de la vegetación, determinarán la presencia de diferentes "Series de Vegetación" (RIVAS MARTINEZ, 1976). Esto para las denominadas "Series Climatófilas". Las denominadas "Series Edafófilas", también conocidas como "geomorfófilas o freatófilas", además de por la roca y el clima, van a estar condicionadas por características de tipo intrazonal (hidromorfía).

En relación al material geológico, creemos interesante resaltar la existencia de rasgos o características, asociadas a la tectónica, que ejercen un fuerte control sobre la velocidad de evolución del sistema y que conducen a patentes variaciones en la vegetación, dentro de áreas ecológicamente homogéneas. Este hecho ya puesto de manifiesto por nosotros en anteriores trabajos (GIL, DE CARRASCO et al., 1986), está relacionado con la particular disposición del material geológico en el paisaje, así como con determinadas características del mismo, como es el caso de la patente esquistosidad que presentan los materiales metamórficos en nuestro territorio y, más concretamente, con la dirección y grado de buzamiento de la misma en relación a la superficie del terreno. Esto da lugar a situaciones tan contrastadas y aparentemente poco lógicas, como la presencia, en áreas de moderada pendiente (10-20%), de pastizales xerofíticos sobre suelos esqueléticos e, incluso, grandes superficies de roca desnuda con algunas especies rupícolas; mientras que, en áreas adyacentes con pendientes superiores al 50%, aparecen densas formaciones de piornos y espinos sobre suelos con potencias superiores, en muchos casos, a los 50 cm.

Como se desprende de lo anterior, estas características heredadas de la tectónica, inducen modificaciones en la dinámica general y hacen que el desarrollo del suelo, al contrario de lo que generalmente ocurre, no guarde una estrecha relación con el grado de la pendiente; y, al igual que ésta, ejercen un fuerte control sobre la velocidad de evolución, permitiendo la coexistencia de etapas maduras de la sucesión junto a otras escasamente evolucionadas (paraclimáticas) que, normalmente, se han achacado a las actividades humanas y de las cuales hay que desligar.

Respecto al relieve su principal característica en relación a los cambios en la vegetación, es su capacidad para modificar el clima base regional. Su acción la ejerce, fundamentalmente a tres niveles:

- Altitud
- Orientación
- Pendiente

Las variaciones de altitud son las responsables, como señalábamos antes, de las modificaciones climáticas que conducen a la zonación altitudinal de la vegetación y dan lugar a la aparición de los denominados "Pisos de Vegetación" o "Pisos Bioclimáticos". Esto es debido a que, paralelamente al incremento altitudinal, se produce un incremento en la precipitación y una disminución gradual de las temperaturas. De igual forma, la velocidad de los vientos así como la violencia de los mismos, aumentan debido a su menor rozamiento y a la menor densidad de la atmósfera en los niveles superiores; también aumenta la intensidad de la radiación con respecto a los niveles inferiores y tiene lugar la aparición de los fenómenos meteorológicos descritos en el capítulo de climatología que, como veremos, contribuirán a diversificar la vegetación.

Las orientaciones asociadas al relieve determinan el grado de exposición de las laderas a la radiación, frentes húmedos y vientos dominantes, lo que induce a la aparición de características microclimáticas diferentes en laderas y barrancos, de acuerdo con su orientación. Las diferencias más significativas se establecen entre las denominadas "solanas", templadas y sometidas a una intensa insolación, y "umbrias", más frías y húmedas, hecho que repercutirá en la vegetación.

Uno de los efectos directamente relacionados con lo anterior, es la modificación de los niveles, superior e inferior, de los pisos bioclimáticos en función a la orientación. Así, en el área de estudio como posteriormente veremos, los límites altitudinales para cada piso varían, de acuerdo con las orientaciones dominantes en el territorio.

El último aspecto relacionado con el relieve y que ejerce un efecto de control sobre los dos anteriores es la pendiente. Su acción se basa en la influencia que tiene sobre la retención de humedad y las aguas de escorrentía y, por tanto, sobre la evolución de los suelos y el desarrollo de la vegetación. Esto conduce por ejemplo, a la presencia de comunidades xerofíticas en lugares que, por su ubicación, deberían considerarse esencialmente húmedos, pero que, debido a la fuerte pendiente, retienen escasa humedad y presentan, por tanto, unas condiciones de elevada xericidad. El efecto contrario puede aparecer en áreas en las que, aunque teóricamente debieran ser secas, la escasa pendiente ha favorecido una mayor retención de humedad y, por tanto, el óptimo desarrollo de la vegetación y, lógicamente, de los suelos.

En relación a la Geomorfología, tenemos que decir que es un aspecto generalmente soslayado en los estudios sobre dinámica de la vegetación y que a nuestro entender, juega un importante papel tanto en la distribución espacial como en la composición de las comunidades vegetales. De hecho, la relación entre procesos geomorfológicos y la estructura de la vegetación ha sido reconocida desde hace tiempo (RUIZ y FOU, 1986). Estos autores desarrollan una metodología para el análisis y distribución de las comunidades vegetales, basado en la densidad de líneas de flujo de escorrentía por unidad de superficie y, tras su aplicación a una cuenca granítica con uso pascícola, encuentran que la densidad de líneas de flujo es, tras el p , la variable más explicativa de la estructura de la vegetación herbácea de la zona. Como vemos, la influencia de la geomorfología puede ser bastante notoria, lo que es lógico, ya que constituye, al igual que el suelo, una variable de síntesis de otros aspectos del paisaje.

Concretamente, en el territorio estudiado ejerce una gran influencia sobre las comunidades vegetales. Así, los suelos desarrollados sobre los grandes mantos coluviales de origen periglacial, tan característicos en la zona, presentarán una mayor capacidad de retención de agua que aquellos otros enclaves en los que los suelos aparecen desarrollados sobre la roca "in situ"; por tanto, serán más favorables al desarrollo de determinadas comunidades vegetales. Un ejemplo de estas situaciones lo constituyen las especies del sotobosque en los encinares supramediterráneos nevadenses; en el primer caso, suelos desarrollados sobre coluvios de solifluxión, dominan especies con relativa apetencia por la humedad edáfica, como el "rompesallos" (Adenocarpus decorticans), mientras que en el segundo (roca "in situ"), aunque aparece puntualmente algún rompesallos, el dominio del sotobosque lo constituyen claramente las "jaras" (Cistus laurifolius). Igualmente las etapas de degradación de los "melojares" se localizan en barrancos umbríos y sobre depósitos coluviales fundamentalmente.

Estos depósitos a veces adoptan una morfología particular, asociada a procesos morfogenéticos antiguos o a la tectónica, y se constituyen en zonas de acúmulo de agua y materiales finos, lo que conduce a que se encharquen con facilidad y presenten un carácter hidromórfico. Constituyen los denominados "borreguiles" y "herbazales" en cuencas endorreicas o semiendorreicas con problemas de evacuación del exceso de agua. En estos puntos, junto a otros de características diferentes, pero afectados por un nivel freático próximo a la superficie, las series climatófilas aparecen sustituidas por las ya mencionadas series edafófilas o, a nuestro juicio y de acuerdo con IBÁÑEZ (1986), mejor denominadas: "Series Geomorfófilas".

La actividad antrópica y sus consecuencias respecto de la vegetación y del paisaje en general, es un aspecto al que se debe recurrir de forma reiterativa, para explicar los diferentes aspectos implicados en la variabilidad paisajística dentro del territorio considerado; así, en diferentes apartados hemos puesto de manifiesto sus repercusiones sobre el paisaje nevadense y al objeto de no repetirnos, diremos únicamente que sus actividades afectan al sistema, eliminando o modificando su información; esto ha repercutido en las características y composición de las comunidades vegetales dentro del territorio, por retorno del sistema hacia estadios más jóvenes y, por otra parte, ha favorecido la presencia de las denominadas comunidades permantes o "paraclimáticas" y la penetración de "sucesiones secundarias".

Por último, las fluctuaciones climáticas y acontecimientos tectónicos acaecidos en Sierra Nevada, a lo largo de su historia, han contribuido de forma importante a la diversidad vegetal del área de estudio. Por una parte, como vemos antes, la génesis de las diferentes geoformas asociadas a los distintos periodos biostásicos y resistásicos que ha padecido el macizo así como los rasgos tectónicos conservados en las rocas y el relieve, ejercen un control en la actualidad, sobre el desarrollo de la vegetación, en general, y sobre algunas comunidades, en particular. Por otra parte, hay que señalar la abundancia de especies endémicas que se refugiaron en el macizo durante las distintas etapas glaciares y que, a través de su evolución independiente, han contribuido notablemente a la diversidad vegetal.

Este sector se extiende entre las cotas de 720 y 2.920 m. de altitud; el amplio espectro climático generado por este gradiente altitudinal, condiciona una particular riqueza en especies vegetales, muchas de ellas endémicas o disyunciones ártico-alpinas e ibero-norteafricanas; también son frecuentes los elementos euro-siberianos.

Táxones característicos de este sector son: Viola crasiuscula, Leontodon borzi, Eriqeron frigidus, Reseda complicata, Artemisia granatensis, Genista versicolor, etc.

Sector Alpujarro-Gadoreense.

Ocupa el margen sur-oriental dominado por los materiales alpujarrides, de variada naturaleza (calizas, dolomias, cuarcitas, filitas) y, en su mayor parte, de carácter carbonatado.

Se extiende entre las cotas de 860 m. y 1780 m. de altitud aproximadamente. Las precipitaciones en este sector son relativamente altas y la termicidad muy acusada; esto, unido al escaso desarrollo de los suelos, fuertemente erosionados, condiciona en algunos puntos situaciones de extremada xericidad.

Táxones característicos de este sector y/o diferenciales frente al Nevadense son: Lavatera oblongifolia, Centaurea gadorensis, Sideritis foetens, y Lavandula lanata.

Bioclimatología.

Como señalan MOTA y VALLE (1987), si se correlaciona el medio físico (clima y suelo) y las discontinuidades biocenóticas que aparecen en las montañas con la altitud (cliseries altitudinales), se puede observar que se cumplen en toda la tierra ciertos ritmos o cambios, en función de la temperatura y la precipitación (termo-clima y ombroclima).

Comentan igualmente que, aunque el fenómeno de la zonación altitudinal tiene jurisdicción universal, parece ser que en cada región o grupo de regiones afines existen unos peculiares pisos bioclimáticos con unos valores e intervalos que les son propios. (RIVAS MARTINEZ; 1981, 1982a; 1982b y 1983b). Lo cierto es que las diferencias entre los pisos bioclimáticos y el nivel que ocupan en las distintas regiones de la tierra vienen determinadas por los dominios climáticos correspondientes a la latitud, que establecen el clima base. Este clima base fija el límite de las nieves perpetuas, el nivel del óptimo pluviométrico y las características generales de la vegetación.

En la fig. 5.12, se pueden apreciar las diferencias entre dos zonas de montaña, en distintas latitudes, desde el nivel del mar hasta las cumbres: Los Andes y el Pirineo (DE MIRO y DOMINGO, 1985).

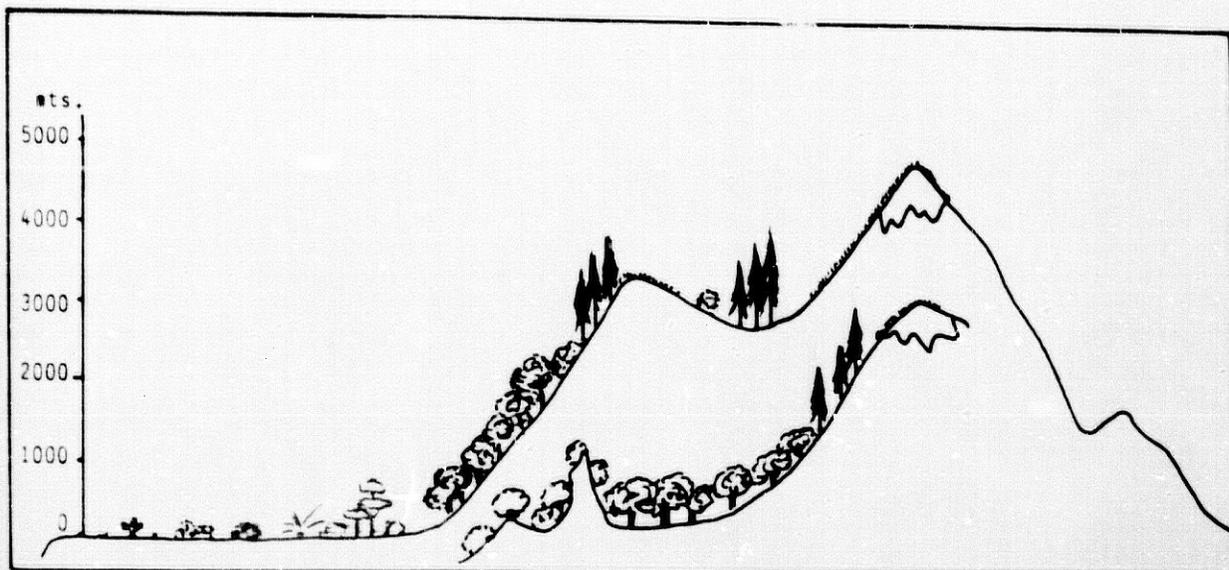


Fig. 5.12. - VARIACION DE LOS LIMITES ALTITUDINALES EN LOS PISOS VEGETALES DE MONTAÑA EN FUNCION A LA LATITUD

En función a estas diferencias, se puede reconocer, por un lado, el continente físico que son los "pisos bioclimáticos", y, por otro lado, el contenido biológico vegetal, que son los pisos o "series de vegetación" (MOTA y VALLE, op. cit.) (RIVAS MARTINEZ)

A continuación, exponemos los pisos bioclimáticos admitidos para la Región Mediterránea, así como las estimas de los índices que los caracterizan (RIVAS MARTINEZ; 1981, 1982a, 1982b y 1983).

- P. **Inframediterráneo** (ausente en la P. Ibérica)
T > 19°; m > 10°; M > 18°; It > 470
- P. **Termomediterráneo**
T = 17-19°; m = 5-10°; M = 14-18°; It = 360-470
- P. **Mesomediterráneo**
T = 13-17°; m = -1-5°; M = 8-14°; It = 200-360
- P. **Supramediterráneo**
T = 8-13°; m = -4(-1°); M = 3-8°; It = 70-200
- P. **Oromediterráneo**
T = 4-8°; m = -7(-4°); M = 0-3°; It = 70-200
- P. **Crioromediterráneo**
T < 4°; m < -7°; M = 0-3°; It = -30-70

Los valores termoclimáticos son aproximados, pudiendo oscilar en más de un grado, en función a la altitud, orientación o microclimas (RIVAS MARTINEZ, 1982a).

Como se puede observar, a cada piso bioclimático le corresponde un termoclima definido por los siguientes parámetros (RIVAS MARTINEZ, 1983b):

T = temperatura media anual
m = media de las mínimas del mes más frío
M = media de las máximas del mes más frío
It = índice de termicidad ($It = (T+m+M) \cdot 10$)

Dentro de cada piso bioclimático se pueden distinguir diversas unidades ombroclimáticas, en función a la precipitación anual en mm.:

Arido : P < 200 mm.
Semiárido : P = 200-350 mm.
Seco : P = 350-600 mm.
Subhúmedo : P = 600-1000 mm.
Húmedo : P = 1000-1600 mm.
Hiper húmedo: P > 1.600 mm.

Asimismo, y a efectos prácticos, cada piso de vegetación puede subdividirse en tres niveles: superior, medio e inferior, que facilitan la interpretación y establecimiento de límites en el caso de áreas de ecotonía.

Por otra parte, RIVAS MARTINEZ (1983b), propone los siguientes índices de mediterraneidad:

Im1 = ETP en julio / P en julio
Im2 = ETP en julio y agosto / P en julio y agosto
Im3 = ETP (junio, julio y agosto) / P (junio, julio y agosto)

En la Región mediterránea los índices de mediterraneidad deben ser:

Im1 > 4,5

Im2 > 3,5

Im3 > 2,5 (especialmente).

Si Im3 es menor que uno, se dice que no hay influencia mediterránea o mediterraneidad.

En todos los puntos del territorio se cumplen estos índices, presentando valores muy superiores a los exigidos, a excepción del Im1 que, a partir de aproximadamente 2.000 m., se hace menor a 4,5.

Igualmente, RIVAS MARTINEZ (1983b) propone variantes o tipos de inviernos, a partir de la media de las mínimas del mes más frío. De acuerdo con esto diferencia:

Muy frío.....	m = -4 a -8 °C
Frío.....	m = -1 a -4 °C
Fresco.....	m = 2 a -1 °C
Templado.....	m = 2 a 5 °C
Cálido.....	m = 5 a 9 °C
Muy Cálido.....	m = 9 a 14 °C
Extremadamente Cálido...	m = > 14 °C

Calculados los valores de m a partir de los datos de ELIAS CASTILLO y RUIZ BELTRAN (1977), que establecen entre otros parámetros los valores medios de las mínimas, en el área de estudio aparecen los tipos: "fresco" para la estación de Laujâr (m= -0,1) a 921 m.; "frío" para la de Monterrey (m= -2,8) a 1.522 m.; y "muy frío" para la estación del Cerecillo (m= -4,5) localizada a 1.780 metros de altitud.

En relación a todo lo visto hasta ahora, en el territorio objeto de nuestro estudio, se presentan los siguientes pisos bioclimáticos y ombroclimas:

Oromediterráneo	subhúmedo/húmedo
	seco
Supramediterráneo	subhúmedo
	seco
Mesomediterráneo	seco/seco-subhúmedo

Aparecen igualmente, situaciones ecotónicas termomediterráneas (mesomediterráneo inferior) y criomediterráneas (oromediterráneo superior), detectándose la penetración de especies características de ambos pisos.

Creemos interesante señalar que en los niveles cacuminales del piso oromediterráneo -independientemente de que este presenta un ombroclima subhúmedo/húmedo- las condiciones de xericidad se hacen extremas a causa de los fuertes vientos que eliminan la mayor parte de la nieve y ejercen un intenso efecto desecante sobre los suelos y la vegetación.

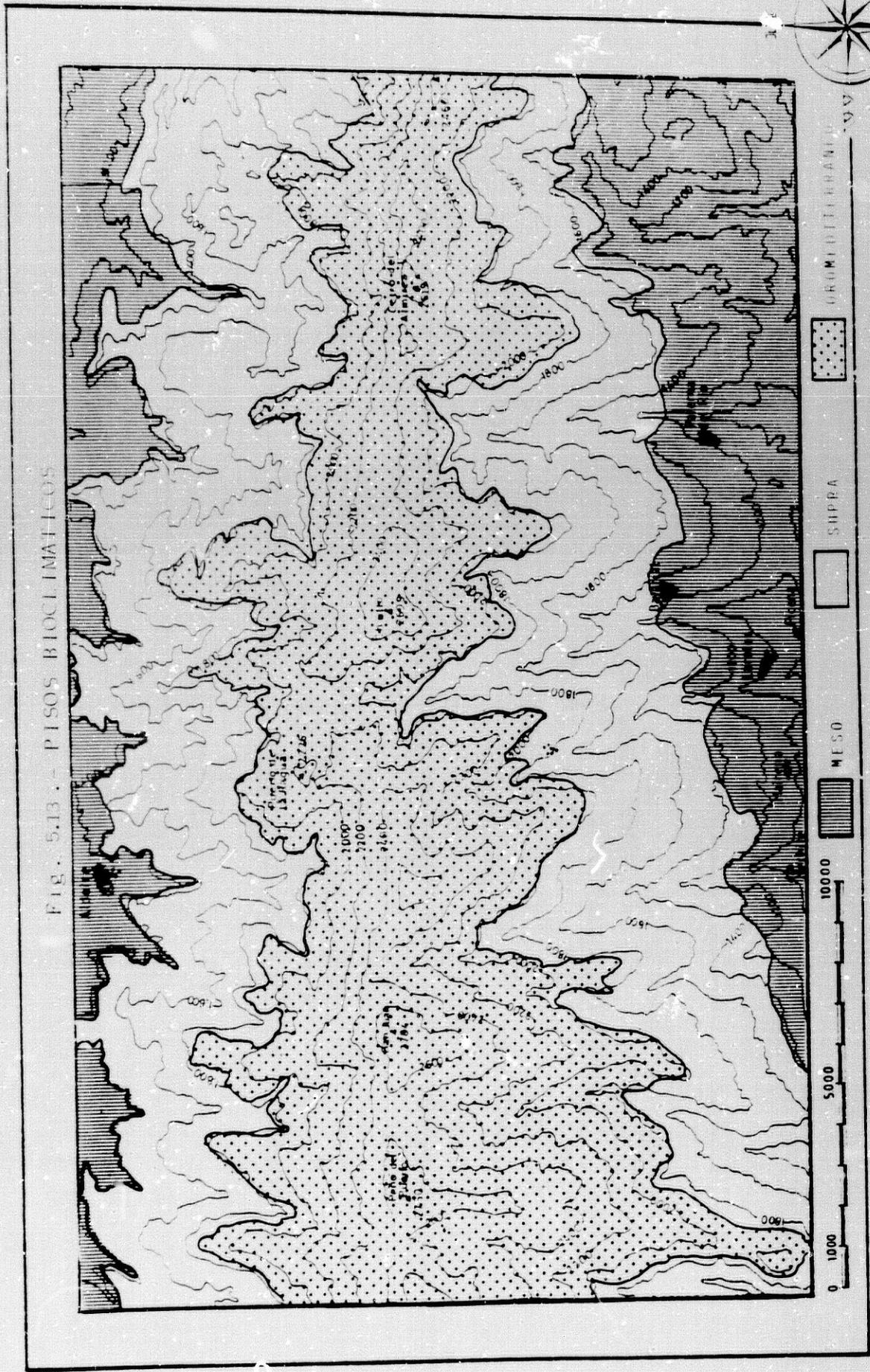
Estos pisos bioclimáticos se distribuyen en la región estudiada a modo de bandas que convergen hacia el este y discurren de forma irregular, más o menos paralelas a las curvas de nivel (fig. 5.13). La convergencia de las mismas hacia el sector oriental, se debe a que se produce un incremento de temperatura a la vez que disminuyen las precipitaciones de forma paulatina, salvo excepciones (vertiente meridional), conforme nos aproximamos al mencionado sector.

Estas variaciones en la temperatura y precipitación conducen a un incremento del nivel altitudinal para cada piso bioclimático y, conjuntamente, al desplazamiento de ombroclimas subhúmedos por ombroclimas secos-subhúmedos y secos en dirección este.

Los niveles varían igualmente con la orientación de las vertientes principales; así, en la vertiente septentrional se produce un incremento de los límites superior e inferior para cada piso bioclimático.

En la fig. 5.14, aparece representada la superficie ocupada, aproximadamente, por cada uno de los pisos bioclimáticos, dentro del territorio estudiado.

FIG. 5.13. — PISOS BIOCLIMATICOS



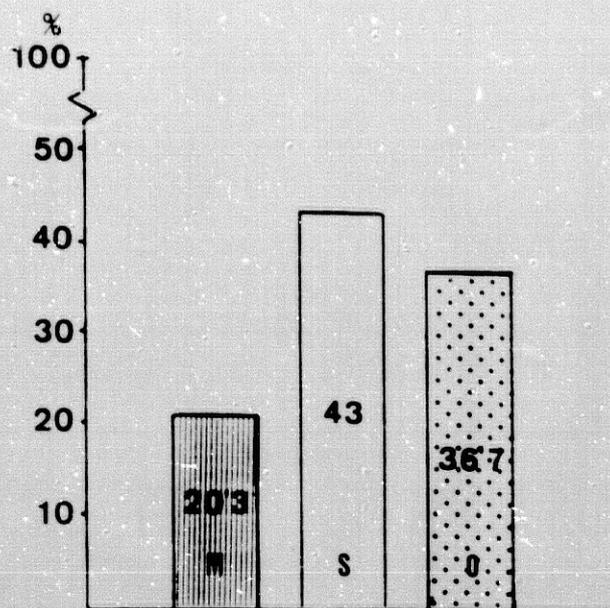


Fig. 5.14.- SUPERFICIE OCUPADA POR LOS DISTINTOS PISOS BIOCLIMATICOS EN EL AREA DE ESTUDIO

Mesomediterráneo: Ocupa el 20,3% del total del área estudiada (aproximadamente 11.129 Has.)

Se detecta su presencia en los límites norte y sur del área de estudio, ocupando los enclaves de menor altitud en ambas vertientes.

Su límite altitudinal, como indicábamos, es variable en función de la longitud geográfica y la exposición de las laderas. De forma general, el límite superior oscila aproximadamente entre:

- Vertiente meridional :

* 1.600 m. para el sector oriental (sobre materiales alpujarrides).

* 1.350/1.400 m. para el sector occidental, desapareciendo en el tercio distal de este sector, al incrementarse la altitud, aproximadamente en las proximidades del barranco del río Yegen.

- Vertiente septentrional :

* 1.450 m. para el sector oriental

* 1.300 m. para el sector occidental.

En esta vertiente, aparece de forma discontinua penetrando hacia el interior del territorio a través de los barrancos.

Elementos característicos de este nivel son: Retama sphaerocarpa, Cistus clusii, Rosmarinus officinalis, Cistus ladaniferus y Lavatera oblongifolia; estos dos últimos sólo se detectan en la vertiente meridional, de mayor termicidad.

Los cultivos típicos de este piso son el olivo y el almendro.

Supramediterráneo: Es el que ocupa una mayor extensión: 43% del total (23.573,5 Has.)

El área ocupada por este piso está comprendida aproximadamente entre las cotas:

- Vertiente meridional :

* 1.350/1.400 m. a 1.850 m. en el sector occidental

* 1.600/1.650 m. a 2.000 (2.100) m. en el sector oriental

- Vertiente septentrional :

* 1.300 m. a 1.750 m. en el sector occidental

* 1.450 m. a 1850 (1900) m. para el sector oriental.

Especies características e indicadoras de la presencia de este piso son: Adenocarpus decorticans, Berberis hispanica, y Cistus laurifolius y Cytisus scoparius.

Oromediterráneo: Ocupa alrededor del 36,7% del total de la zona, correspondiendo a las cotas más elevadas de la misma.

La progresiva desaparición de los encinares y la aparición de un matorral de porte almohadillado (piornal) perteneciente a la asociación Genista-Juniperetum nanae, nos indican el comienzo de este piso, que va incrementando su superficie hacia el sector occidental del territorio.

Elementos característicos de los piornales nevadenses son: Genista versicolor y Cytisus oromediterraneus.

En el nivel superior de este piso, el piornal comienza a aclararse a causa de las rigurosas condiciones climáticas y al carácter pedregoso de los suelos, de escaso desarrollo, como consecuencia del continuo rejuvenecimiento al que están sometidos. En este nivel, se detecta la presencia de especies típicas del piso crioromediterráneo como: Viola crassiuscula, Erodium cheilanthifolium, Artemisia granatensis y Saxifraga nevadensis.

5.2.4.4.- SERIES DE VEGETACION.

La unidad básica de la sistemática sinfitosociológica es la sinasociación o serie de vegetación (RIVAS MARTINEZ, 1982b). Este concepto nace con la necesidad de describir el paisaje vegetal, al tratar de valorar las distintas comunidades en su conjunto, relacionándolas con los distintos factores ecológicos y entre ellas mismas (RIVAS MARTINEZ, 1976).

Las sinasociaciones se definen mediante sincaracterísticas o comunidades cuyo óptimo se halle dentro de la unidad a definir, y sindiferenciales, que son las que se utilizan para diferenciar unas parcelas de otras que están próximas (RIVAS MARTINEZ y GEHU, 1981).

De una forma sencilla, y de acuerdo con los trabajos de RIVAS MARTINEZ (1982a, 1982b y 1986), MOTA y VALLE (1987) definen la serie de vegetación como el conjunto de comunidades que viven en un territorio determinado, bajo unas mismas condiciones ecológicas y que tienden, todas ellas, hacia el mismo estado final estable y maduro.

Según VALLE (1985a), la tendencia al estudio de la vegetación de forma integrada se basa, fundamentalmente, en la intensa presión antrópica, ejercida en los últimos tiempos, que impide encontrar formaciones vegetales en un óptimo estado de desarrollo, apareciendo las etapas seriales conviviendo con las etapas maduras y alternando con cultivos y eriales o campos abandonados, donde la erosión se ve muy acentuada y las condiciones de xericidad se hacen cada vez más acusadas.

En relación a lo anterior, y aún a riesgo de alterar ligeramente la continuidad en el desarrollo de este capítulo, antes de introducirnos en el análisis de las series de vegetación que caracterizan al territorio, queremos hacer una serie de observaciones sobre algunos aspectos que a nuestro juicio, pueden conducir a interpretaciones erróneas, al utilizar bibliografía relacionada con la dinámica de la vegetación, así como otros que consideramos de interés en el análisis de dicha dinámica.

Uno de estos aspectos es que, en la mayoría de los trabajos consultados al respecto, se utilizan, de forma indiscriminada, los términos de suelos evolucionados o suelos desarrollados para referirse, concretamente, a la potencia del manto edáfico. Queremos señalar que se trata de términos con un significado totalmente distinto. Así, por ejemplo, en el territorio estudiado, un suelo esquelético (Litosol) desarrollado sobre peridotitas, de apenas 10 cm. de espesor pero que presenta un pequeño horizonte de alteración (Bw), representa una mayor evolución que un suelo desarro-

llado sobre coluvios de solifluxión, con una potencia de 60 a 70 cm., pero sin evidencias de alteración edáfica (Regosol).

Otro aspecto, es la tendencia bastante generalizada al describir las series de vegetación a, establecer un paralelismo entre las diferentes etapas de la serie considerada y la profundidad de los suelos. Así, se suelen asociar, por norma, los términos inferiores de las series a los suelos de menor profundidad o más erosionados y viceversa. Tenemos que decir que estas consideraciones son más teóricas que reales y sólo podrían ser aplicables, aunque con restricciones, a sistemas de relativa juventud y escaso grado de alteración (antropización); por lo que su utilización en el capítulo dedicado al análisis de las series hay que asumirla con las debidas reservas.

En realidad, las posibilidades de desarrollo o subsistencia de una etapa evolucionada, dentro de cualquier serie, están en función, fundamentalmente, de las disponibilidades hídricas dentro de cada nivel térmico. Como señala WALTER (Op.cit), " para las plantas es completamente indiferente que, por ejemplo, las condiciones térmicas favorables estén determinadas por el macroclima o por la localización del biotopo en una ladera resguardada orientada hacia el sur. Tampoco tiene importancia para las plantas que la humedad necesaria del suelo se consiga gracias a una distribución favorable de las precipitaciones, a una evaporación reducida debida a la orientación hacia el norte o a la estructura del suelo y la proximidad del agua freática; lo principal es que la planta no carezca de agua.

Indudablemente, la potencia de los suelos jugará un papel determinante en la retención de humedad y soporte para la vegetación, pero será igualmente importante la cantidad de radiación en relación a la ETP en cada punto; así, por ejemplo, puede resultar más favorable a la instauración de una etapa evolucionada, un suelo esquelético localizado en una umbria que un suelo potente que padezca de una fuerte insolación.

En la fig. 5.15, se puede comprobar cómo la pérdida de información en el sistema (incremento de la xericidad por eliminación del estrato arbóreo), hace volver a la vegetación a sus etapas inferiores, aún sin alteraciones edáficas importantes. Se observa igualmente, cómo existe una gradación y aparece cada una de las etapas de la serie, localizada en un punto determinado en función a sus requerimientos hídricos y a la intensidad de la radiación.

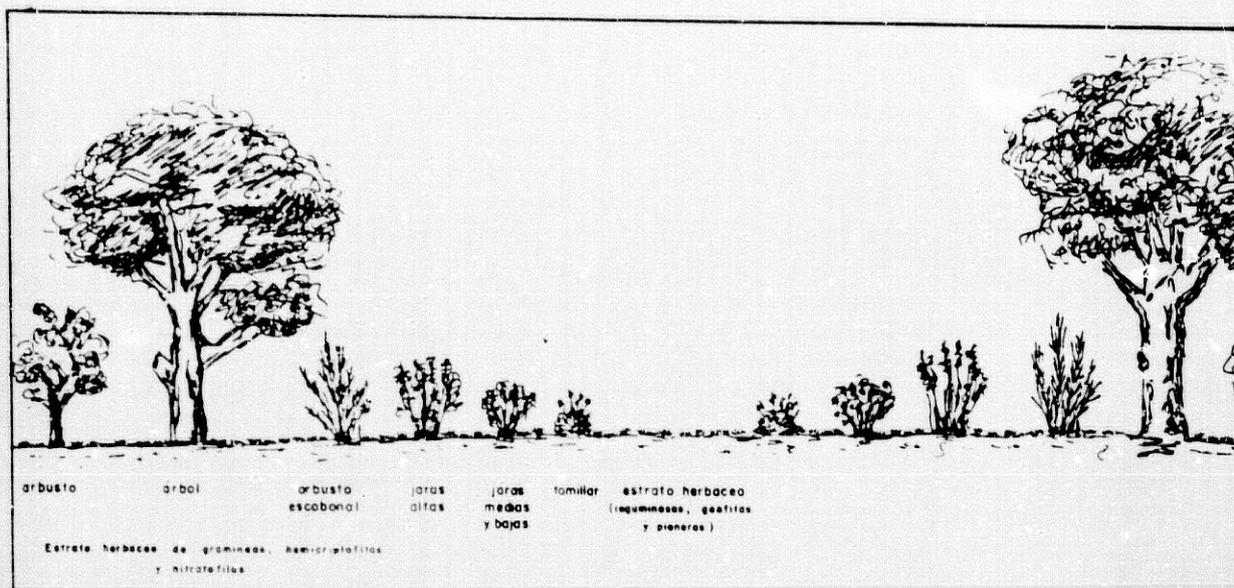


Fig. 5.15.- Influencia del arbolado en la mejora del balance hídrico de la vegetación del sotobosque y variación de la composición específica de ésta, en función de la distancia al árbol. (En MONTTOYA OLIVER ; 1983)

Un último aspecto a considerar es que, salvo en relación a las series edafófilas, como decíamos se le concede muy poca importancia a otros aspectos geomórficos que, a nuestro juicio, pueden resultar de gran utilidad en el estudio dinámico de la vegetación.

Estas afirmaciones se basan en lo siguiente: si consideramos la climax actual, dentro de cualquier serie, enmarcada en una determinada época climática, lógicamente no podemos esperar el mismo tipo evolutivo en todos los puntos de un territorio, ya que existirá un control morfológico (rasgos morfológicos) heredado de etapas climáticas anteriores que, conjuntamente con el clima actual, determinarán las pautas y velocidad evolutiva para cada uno de dichos puntos; es decir, si consideramos por ejemplo, las formaciones actuales en el área de estudio, es obligado pensar que su evolución ha sido muy diferente, según haya tenido lugar sobre las laderas rocosas desnudas tras la última glaciación, sobre los depósitos de material geológico y edáfico originados como consecuencia de la erosión de las anteriores o bien sobre antiguos suelos que, por cualquier circunstancia, se hubiesen conservado. En los dos últimos casos, la evolución vegetal, además de más rápida, probablemente haya soslayado algunas etapas, ya que las características del medio se lo permitirían.

Queremos decir con esto que el análisis detallado de las superficies sobre las que se desarrollan las diferentes series, puede resultar un instrumento de gran utilidad, tanto para explicar posibles variaciones dentro de cualquier comunidad como, en otros casos, para el establecimiento de su origen, ya que podría determinarse si su presencia está asociada a una lenta evolución o, por el contrario, a las actividades humanas a las que normalmente se suelen achacar.

Tras estas consideraciones que suponemos de interés por su carácter aclaratorio, vamos a pasar a describir las series de vegetación que caracterizan al territorio objeto de la presente memoria.

SERIES DE VEGETACION EN EL AREA DE ESTUDIO.

En función a los pisos bioclimáticos, litología y ombroclimas que se presentan en el territorio, se distinguen los siguientes dominios climáticos o series de vegetación (climatófilas):

Serie termomediterránea Bética basófila de la "encina".
(= Smilaci-Querceto rotundifoliae S.)

Esta serie ocupa el piso termomediterráneo seco de la provincia Bética, desarrollándose fundamentalmente sobre sustratos rocosos de tipo calizo.

En la zona estudiada no se presenta este piso, si bien se produce un área de ecotonía (meso inferior-termomediterránea) en los enclaves de menor altitud, coincidiendo con los materiales carbonatados del sector Alpujarro-Gadoreño, localizados al suroeste del territorio. En estos puntos, mezcladas con las especies características del piso mesomediterráneo, se detecta la presencia de especies propias de las distintas etapas de sustitución de los encinares termófilos, fundamentalmente elementos constitutivos del matorral serial pertenecientes a la as. *Odontito-Thymetum baeticae* (Orden *Phlomidetalia purpureae* Rivas Goday y Rivas Martínez 1968), y otros pertenecientes a la as. *Salvio-Sideritetum foetens* Rivas Goday y Rivas Martínez 1968 (Orden *Anthyllidetalia terniflorae* Rivas Goday et al. 1961), como Lavandula multifida, Thymus baeticus, Lavatera oblongifolia, Phlomis purpurea, Convolvulus lanuginosus; y: Helianthemum almeriense, Teucrium eriocephalum, Sideritis foetens, etc., respectivamente.

Serie mesomediterránea Bética, Maríanense y Araceno-Pacense basófila de la "encina" (*Quercus rotundifolia*) (= Paeonio coriacea-Querceto rotundifoliae S.)

Se extiende esta serie por todo el piso mesomediterráneo sobre suelos ricos en bases; más concretamente, sobre materiales ricos en carbonato cálcico, por lo que su presencia en el territorio se restringe al cuadrante sureste sobre los materiales carbonatados del Complejo Alpujárride. Su amplitud altitudinal oscila entre los 900 y 1.600 m. (1.700 m.)

* Encinares:

Los primitivos encinares fueron bosques estratificados de considerable altura y gran cobertura; en la actualidad ya no quedan más que algunos restos muy degradados; en ellos, junto a las encinas (*Q. rotundifolia*), pueden observarse especies como Daph-

ne gnidium, Juniperus oxicedrus, Lonicera splendida, Clematis flammula, Asparagus acutifolius, etc., que se incluyen en la as. Paeonio coriaceae-Quercetum rotundifoliae Rivas Martínez 1964.

La ausencia de formaciones boscosas de esta serie, hay que achacarla a las actividades humanas ya que por su baja altitud de ubicación, próxima a los núcleos urbanos, son las que más han padecido la presión antrópica. Aparece una pequeña formación, muy degradada, en las proximidades de Paterna del Río e, igualmente, como indicábamos, es frecuente la presencia de sus especies acompañantes entre el matorral heliófilo y resguardadas en lugares umbrios.

* Matorral subserial:

El primer estadio de degradación de estos encinares lo constituye el "coscojal", formado por pies arbustivos de encina o charra, junto a otras especies como Quercus coccifera, Rhamnus lycioides subsp. lycioides, Crataegus monogyna, etc.; MARTÍNEZ PARRAS et al., (1983) incluyen estas formaciones en la as. Crataego-Quercetum cocciferae. (Otros autores las incluyen en la as. Asparago-Rhamnetum oleoidis Rivas Goday 1959).

Cuando la destrucción de la cubierta arbórea y arbustiva es avanzada o total, el clima de la localidad se hace más seco como consecuencia de la fuerte evaporación y de la destrucción de los horizontes orgánicos. El resultado es la aparición de formaciones de mediano porte, ya que la profundidad del suelo aún lo permite, constituidas por especies áfilas con tallos clorofilicos (biotipo retamoide) perfectamente adaptadas a las nuevas condiciones de xericidad: los "retamales". En éstos son frecuentes especies como Retama sphaerocarpa y Ononis speciosa, que se incluyen en la as. Genisto speciosae-Retametum sphaescaepae Rivas Martínez in Valle 1987.

En el territorio son muy frecuentes estas formaciones, aunque se presentan muy degradadas, por lo que son poco representativas. Aparecen ocupando antiguos terrenos de labor, abandonados hace algunos años, y fundamentalmente en los "carasoles" o solanas.

* Matorral serial:

Sus formaciones características son muy abundantes en el territorio y constituyen la etapa mejor representada de esta serie.

Se trata de matorrales heliófilos, generalmente de gran cobertura, que sustituyen a las anteriores comunidades en áreas donde

los suelos aparecen intensamente erosionados o bien, en zonas incendiadas o áreas de cultivo abandonadas no hace demasiados años, en las que, aunque la profundidad del suelo es suficiente para el desarrollo de etapas superiores, la fuerte insolación a que están sometidas restringe su colonización, en principio, únicamente a especies perfectamente adaptadas a estas condiciones de xericidad extremas.

Entre estos matorrales de pequeño porte hay que destacar los "romerales", formaciones heliófilas constituidas por una gran diversidad de especies, como indicábamos, perfectamente adaptadas a la xericidad reinante en estos enclaves (esencias, pelos en el envés de la hoja, bordes de la hoja revueltos, etc.). Especies típicas de estas formaciones son Ulex parviflorus, Rosmarinus officinalis, Cistus clusii, Cistus albidus, Genista pumgens Fumana ericoides, Digitalis obscura, Phlomis purpurea, Sideritis foetens, etc. Estas comunidades se identifican, fitosociológicamente, con el sintaxon Ulici parviflori-Cistetum clusii Valle, Mota y Gomez Mercado subas. phlomidetosum purpurae Valle, Mota y Gomez Mercado 1987.

Los romerales alcanzan frecuentemente gran cobertura (80-90%) incluso bajo las repoblaciones de coníferas aunque, en este caso, hay un neto predominio de Ulex parviflorus y Genista pumgens que hacen el sotobosque de los pinares prácticamente impenetrable.

Entremezcladas con las formaciones anteriores o bien, predominando cuando los suelos son algo menos pedregosos aunque bastante secos, aparecen las comunidades de gramíneas vivaces y raíz fasciculada conocidas como "espartales", por el predominio de Stipa tenacissima. En éstos son frecuentes otras gramíneas, como Avenula bromoides, Arrhenatherum elatius, Dactylis glomerata, etc., pertenecientes a la as. Arrhenathero-Stipetum tenacissima Rivas Martínez in Izco 1969.

Conviviendo también con los romerales o predominando en las zonas más adversas, sobre suelos esqueléticos, se desarrollan los "tomillares". Aparecen constituidos por especies de pequeño porte como Thymus baeticus, Thymus zygis, Helianthemum cinereum, Thymus membranaceus, Teucrium polio subsp. capitatum, Phlomis lychnitis, Brachypodium retusum, etc., incluibles en la as. Phlomido-Brachypodietum retusii Bolos 1957.

La gran riqueza florística de estos romerales y tomillares probablemente haya que atribuirle, al menos en parte, a los frecuentes incendios padecidos por estos territorios y que de acuerdo con algunos autores (SANROQUE, RUBIO y MANSANET, 1985), contribuyen a incrementar la riqueza específica de las áreas donde tienen lugar. Esta hipótesis estaría basada en la presencia, en

estas comunidades, de abundantes especies pirófitas de buena respuesta reproductora frente a los incendios, como es el caso de Rosmarinus officinalis, Ulex parviflorus, Coris monspeliensis, Fumana ericoides, Cistus albidus, Leuzea conifera, Helichrysum stoechas, etc. (SANROQUE, RUBIO y MANSANET, op. cit.).

La eliminación total de la vegetación y remoción de los suelos, con fines agrícolas o forestales, induce la aparición de los denominados "tomillares nitrófilos", pertenecientes a la as. Artemisio-Santolinetum canescentis Peinado y Martínez Parras 1984.

Se trata de formaciones de pequeño porte, constituidas por especies de carácter pionero, que utilizan todo su potencial biológico en la producción de cantidades ingentes de semillas, de poco peso y fácil dispersión, en detrimento de la formación de tejidos de almacén de sustancias nutritivas. Esto hace que presenten poco interés desde el punto de vista ganadero (Pastos duros).

En relación con lo anterior, a nuestro juicio, la denominación de tomillares nitrófilos resulta poco apropiada ya que el término "nitrofilia", de acuerdo con GONZALEZ BERNALDEZ (1981), resulta extremadamente vago y, por otra parte, se utiliza de forma indiscriminada para referirse tanto a las comunidades afectadas por aportes nitrogenados procedentes del ganado -poco importantes excepto puntualmente- como a comunidades relacionadas con aportes nitrogenados procedentes de la mineralización rápida de la materia orgánica de los suelos, como es el caso de los incendios y las roturaciones. Por otra parte, el significado ecológico de estas comunidades está más relacionado con su capacidad colonizadora que con el contenido en nitrógeno de los suelos sobre los que se desarrollan y que, en general, resulta muy bajo en todos los suelos analizados. Esto, independientemente de que tras una roturación, el incremento en la mineralización, con la consiguiente liberación de nitrógeno, pueda facilitar la colonización por parte de estas comunidades.

Entre las especies más frecuentes que las constituyen hay que resaltar: Santolina chamaecyparissus, Helichrysum italicum sub sp. serotinum, Artemisia campestris sbsp. glutinosa, Andryala integrifolia, Eryngium campestre, Carlina corymbosa, etc. etc.

Estos tomillares, por su rápida propagación, constituyen el paso previo tras los incendios y fundamentalmente tras las roturaciones, a la implantación de los matorrales (Tomillares, romerales, etc.) que, con el tiempo, terminarán por desplazar a estos tomillares, de gran capacidad colonizadora pero de escasa competitividad.

Cuando la escasa profundidad de los suelos o la localización del biotopo determinan unas condiciones de xericidad tales, que resultan insostenibles para la supervivencia incluso de las especies altamente especializadas de tomillares y romerales, la vegetación aparece representada por especies anuales que aprovechan las épocas favorables para su desarrollo y reproducción. Estos lugares constituyen el dominio de los "pastizales", en los que dominan diversas especies de gramíneas, de raíz fasciculada y enraizamiento superficial, como adaptación a estos medios sumamente desfavorables, junto a leguminosas de pequeño porte. En ellos son frecuentes especies como Campanula erinus, Astragalus hamosus, Minuartia funkii, Minuartia montana, etc. (incluidas en la al. Thero-Brachypodion Br.BI. 1925).

Por nitrificación de estos pastos, consecuencia del pastoreo, las especies anteriores son sustituidas por otras de mayor interés forrajero como Poa bulbosa, Bromus rubens, Bromus sterilis, Medicago minima, Medicago rigidula, Trifolium scabrum, Trifolium campestre, etc., pertenecientes a la as. Medicago-Aegilopetum gonculatae Rivas Martínez e Izco 1977.

Serie supra-mesomediterránea Filábrica y Nevadense silicícola de la "encina" (=Adenocarpo decorticantis-Querceto rotundifoliae S.)

La serie de los encinares nevadenses se extiende sobre los pisos supra y mesomediterráneo, en los materiales silíceos del complejo Nevado-Filábride, y allí donde el ombroclima es seco. Estas características ecológicas son, con diferencia, las más frecuentes en Sierra Nevada, por lo que se trata de la serie más extendida.

En el territorio estudiado no son excesivamente abundantes las formaciones boscosas de esta serie y, en su mayoría, aparecen muy aclaradas o entremezcladas con pinos de repoblación. Las diferentes etapas de esta serie se distribuyen por los niveles basales y medios de la zona a excepción de los enclaves calcáreos y barrancos umbrios, apareciendo en estos últimos desplazadas por la serie del "roble-melojo".

Las formaciones boscosas más representativas son las ya mencionadas de Bayárcal, Barranco de Valor y Barranco de Ohanes. Pertenecen a la as. Adenocarpo-Quercetum rotundifoliae Rivas Martínez inéd.

Dada su variabilidad, se divide para su estudio en dos faciasiones:

- **Faciación típica o con "rompesallos"** : Propia del piso supramediterráneo, caracterizada por la presencia de Adenocarpus decorticans.

- Faciación con "retama" : típica del mesomediterráneo y caracterizada por la presencia de Retama sphaerocarpa .

La delimitación altitudinal de ambos pisos en Sierra Nevada y por tanto de ambas facitaciones, es especialmente compleja a causa de la abrupta topografía y características geomórficas de esta zona, configurada a base de grandes lomas y profundos barrancos, que determinan condiciones microclimáticas muy diferentes en función de las orientaciones y del tipo de superficies sobre las que se desarrollan.

La faciación típica se presenta fundamentalmente sobre laderas de soliflucción o grandes mantos de derrubios, profundos y frescos, cuyos suelos presentan una elevada capacidad de retención de humedad e, igualmente, en algunos puntos donde se han conservado antiguos suelos arcillosos (Paleosuelos), como es el caso del encinar de Bayárcal.

La faciación con retama, ocupa generalmente las áreas más erosionadas o con suelos desarrollados sobre la roca compacta y dura, poco profundos, con menor capacidad de retención de humedad y por tanto más secos.

Las formaciones boscosas, en ambos casos, resultan bastante semejantes desde un punto de vista fisiológico. Las diferencias se aprecian fundamentalmente a nivel de los matorrales que representan sus etapas de degradación.

Faciación con Retama:

Se extiende por el piso mesomediterráneo seco, sobre sustratos silíceos del complejo Nevado-Filábride y Alpujárride hasta los 1.400-1.500 m. e incluso, a cotas superiores, en laderas soleadas sobre suelos erosionados.

Teóricamente estos bosques debieron presentar mayor desarrollo que los de la faciación supramediterránea, ya que el descenso de la temperatura con la altitud, induciría la formación de bosques más abiertos y de menor porte.

La realidad es bien distinta, pudiéndose comprobar cómo los encinares mesomediterráneos aparecen más abiertos y degradados. La causa fundamental de esta degradación ha sido su proximidad a los núcleos de población.

* Matorral subserial:

El matorral subserial es relativamente escaso. Está representado por el "retamal" de Genista cinerea subsp. speciosa , Ge-

nista umbellata y, en los lugares más húmedos y umbrios, Cytisus grandiflorus.

Estas formaciones aparecen localizadas fundamentalmente, sobre antiguas superficies de cultivo, donde la erosión no ha resultado excesivamente severa por hallarse ubicadas en áreas de moderada pendiente.

* Matorral serial:

Al tratarse de materiales silíceos, la comunidad teóricamente esperada sería un "jaral"; sin embargo, aunque existen especies propias de esta comunidad, como: Cistus salvifolius, Lavandula stoechas, Halimium viscosum, etc., aparecen otras de mayor espectro ecológico, como: Thymus mastichina, Santolina rosmarinifolia, Dorycnium penthaphyllum; y especies de mayores apetencias basófilas: Cistus albidus, Phlomis purpurea, Digitalis obscura, Thymus baeticus, Teucrium capitatum, etc.

Este hecho, al igual que apuntábamos al analizar la serie anterior, probablemente esté también relacionado con los efectos del fuego, pues, aparte de la presencia de alguna de las especies pirófitas antes mencionadas, la mayoría de los autores consultados coinciden en que tras los incendios se produce un incremento natural en la fertilidad de los suelos: aumenta su contenido en bases y nitrógeno e igualmente, se aprecia un significativo incremento en los valores de pH (KANG Y SAJJAPONGSE, 1980; BOYLE, 1973; RAISON, 1979; SANROQUE, RUBIO y MANSANET, op. cit.). Este incremento de fertilidad, en suelos ya de marcado carácter edáfico, facilitaría la penetración de las mencionadas especies y explicaría en parte, la atípica composición florística de estos jarales.

Por otra parte hay que señalar que, en la vertiente sur, en las áreas de ecotonía con el piso inferior, estos jarales se enriquecen con la presencia de Cistus ladaniferus, cosa que no sucede en la vertiente septentrional, menos térmica, aunque en ella, en laderas soleadas, hemos podido detectar la presencia de elementos termófilos de esta serie, como Genista umbellata, en altitudes superiores a 1.800 m. (perfil 43). Este hecho probablemente esté relacionado con la presencia del viento de foehn, descrita en el capítulo de climatología.

Los "espartales" no son muy frecuentes en el área estudiada, apareciendo las especies características de esta comunidad (Stipa tenacissima, Dactylis glomerata, etc.) entremezcladas con especies propias de los jarales antes comentados.

En terrenos baldíos (cultivos abandonados) y zonas roturadas (aterrazamientos para repoblaciones forestales) son muy signifi-

cativos los "tomillares nitrófilos", comunidades con idéntico significado ecológico que las descritas para el piso inferior. La especie dominante es la Santolina rosmarinifolia o "abrotano", de la que se recolectan grandes cantidades, al inicio del verano, para la obtención de esencias. La denominación vulgar para los recolectores de la zona es la de "capota". Junto a esta aparecen otras como Artemisia campestris subsp. glutinosa, Helichrysum stoechas, Eryngium campestre, Carlina corymbosa, Ptilostemum hispanicus, etc., incluidas en la subas. helichrysetosum serotini Valie, Mota y Gómez Mercado; de la as. Artemisio-Santolinetum rosmarinifoliae Costa 1975.

* Pastizales:

Al igual que ocurría en el piso inferior (mesomediterráneo) los típicos pastizales constituidos por especies de bajo interés pascícola, como Evax pygmaea, Tuberaria guttata, etc., localizados en los enclaves más desfavorables, han sido parcialmente modificados por los continuos aportes nitrogenados. El resultado ha sido la aparición de "pastizales nitrófilos", con especies de mayor interés pascícola como: Trifolium smyrnaeum, Trifolium cherleri, Medicago tenoreana, Medicago rigidula, Trigonella monspeliaca, Vicia lutea, Vicia hirsuta, Poa bulbosa, Bromus tectorum, Teniantherum caputmedusae, Cynosurus elegans etc.

Estos pastizales, desde el punto de vista fitosociológico, se encuadran en la as. Trifolio-Taeniantheretum caputmedusae Rivas Martínez e Izco 1977.

Faciación típica:

La faciación típica o supramediterránea sólo está presente sobre materiales silíceos del complejo Nevado-Filábride.

Los encinares existentes en esta serie son, en principio, más pobres en especies que los desarrollados sobre suelos básicos. A pesar de que predomina netamente la encina, aparecen otros arbustos como Juniperus oxycedrus, Daphne gnidium, Asparagus acutifolius, Ruscus aculeatus, Lonicera etrusca, etc..

Las talas abusivas que han padecido estos bosques, han conducido a una estructura adhesionada que ha favorecido la presencia de especies heliófilas propias de las etapas de degradación.

* Matorral subserial: (Pertenece a la clase Cytisetea-scopariostrati. Rivas Martínez 1974).

El incremento en las precipitaciones, con respecto a los pisos inferiores, favorece la presencia de un matorral de porte ele

vado, el "Adenocarpal". Se trata de formaciones arbustivas en las que predominan: Adenocarpus decorticans, Genista cinerea subsp. speciosa y Cytisus scoparius.

Son igualmente frecuentes, especies espinosas como: Rosa canina, Rosa pouzinii, Prunus ramburii, Berberis hispanica, Crataegus mollis subsp. brevispina, etc. Se incluyen en la as. Cytiso-Adenocarpetum decorticantis Valle 1981.

Estas formaciones requieren la presencia de suelos potentes y frescos, preferentemente de tipo coluvial, en los que se mantiene la humedad durante gran parte del periodo de estiaje. En estos enclaves, dan lugar a formaciones muy densas que alcanzan frecuentemente los 3 m. de altura. Aparecen normalmente asociados a taludes de derrubios originados bajo escarpes, laderas Ritchee y áreas de acúmulo en general.

* Matorral serial:

La formación típica es el "Jaral", en el que las especies dominantes son Cistus laurifolius y Halimium viscosum. Entre las especies acompañantes aparecen Cistus salvifolius, Lavandula stoechas, Thymus mastichina, etc. Se incluyen en la as. Halimio-Cistetum laurifolii Martínez Parras y Molero 1982.

En los niveles superiores de este piso (supramediterráneo superior), en las zonas de ecotonia con el oromediterráneo, las formaciones anteriormente descritas aparecen sustituidas por una comunidad de difícil inclusión sintaxonómica, donde la especie dominante es Erinacea anthyllis y junto a ella, Festuca scariosa, Thymus serpyllodes subsp. gadorensis, Teucrium compactum, Phlomis lychnitis, Koeleria vallesiana, Digitalis obscura, etc.

El origen de estas formaciones, como en casos anteriores, parece guardar una estrecha relación con los repetidos incendios provocados para la producción de pastos. Esto daría lugar a un enriquecimiento de los suelos en nitrógeno mineral, aumentaría su riqueza en bases (fertilidad) y, por tanto, se produciría un incremento de pH a la vez que disminuiría la capacidad de retención de los mismos y quedarían expuestos a una severidad climática extrema. Ante estas condiciones, la Erinacea tendría pocos competidores para colonizar estos ambientes.

En suelos menos pedregosos (coluvios de textura fina) y elevada capacidad de retención de humedad, aparecen los "lastonares" de: Festuca scariosa, Festuca elegans, Koeleria crassipes, Dactylis glomerata, etc.

Son igualmente frecuentes los "tomillares y pastizales nitrófilos" sobre terrenos baldíos o recientemente roturados. Las es-

pecies que aparecen, son las mismas citadas para la faciación mesomediterránea.

Serie supramediterránea Bética y Nevadense silicícola del roble-melojo (*Quercus pyrenaica*) (= *Adenocarpus decorticans*- *Querceto pyrenaicae* S.)

Aunque no hemos detectado la presencia de ejemplares de roble melojo (*Q. pyrenaicae*), en el territorio estudiado se presentan las condiciones ecológicas precisas para su desarrollo (suelos con valores de pH ácidos o neutros y ombroclima subhúmedo). Por otra parte, son frecuentes especies propias de esta serie como *Genista florida*, *Ilex aquifolium*, *Sorbus aria*, *Sorbus domestica*, *Castanea sativa*, etc.

La ausencia del bosque de robles hay que achacarla, al igual que en casos anteriores, a las actividades humanas. La calidad de su madera, los incendios y el hecho de encontrarse en su límite de Área de expansión, en barrancos umbrios donde la fuerte xericidad estival resulta atenuada, probablemente han sido los factores determinantes de su desaparición.

*Matorral subserial:

Este tipo de formaciones se presentan en el territorio en los enclaves más umbrios y húmedos asociadas a suelos profundos con elevada capacidad de retención de humedad. Así mismo, se comprueba su facilidad para colonizar bancales de cultivo localizados a gran altitud, en la vertiente meridional, y abandonados hace relativamente pocos años. Estos bancales presentan unas características muy similares a los lugares en los que estas formaciones presentan su óptimo ecológico: suelos profundos de textura franca o franco-arenosa y ricos en fragmentos rocosos, lo que permite el mantenimiento de un cierto grado de humedad hasta bien entrado el verano. En estos lugares, dan lugar a formaciones arbustivas de gran tamaño y densa cobertura donde la especie dominante es el "rompesallos" (*Adenocarpus decorticans*), junto a otras como: *Genista florida*, *Cytisus scoparius*, *Rosa nitidula*, *Prunus ramburii*, *Rosa pouzinii*, *Rubus ulmifolius*, *Berberis hispanica*, *Rosa canina*, etc., incluidas en la as. *Cytiso-Adenocarpetum decorticans* Valle 1981.

Parece ser que la presencia de estas formaciones guarda una estrecha relación con el ascenso preferencial de nubes entre las sierras de Gádor y la Contraviesa que, como comentábamos en el capítulo de climatología, llevaban asociadas precipitaciones de tipo orográfico. Esta hipótesis, se basa en el hecho de que dichas formaciones son más frecuentes y aparecen mejor desarrolladas en los barrancos meridionales. Por el contrario, en la vertiente

norte estas formaciones tienen poca entidad, apareciendo de forma puntual en barrancos muy húmedos.

En contacto con el piso oromediterráneo aparece la subas. *genistetosum baeticae* Mota y Valle 1987; y en el piso supramediterráneo inferior, en contacto con el mesomediterráneo, la subas. *cytisetosum grandiflori* Mota y Valle 1987.

* Matorral serial:

La desaparición de las etapas anteriores ha conducido de forma general, a la destrucción de los suelos al quedar éstos desprotegidos frente a los agentes erosivos. El rejuvenecimiento de los mismos, unido al incremento de la insolación, han determinado un aumento considerable de la xericidad, paliada hasta entonces por la densa cubierta vegetal y la mayor profundidad del suelo. El resultado de esta transformación ha sido la implantación en estos lugares, de "jarales" y "pastizales" típicos de la serie anterior (*Adenocarpus decorticantis-Querceto rotundifoliae* S.), como vemos perfectamente adaptados a estas condiciones de mayor xericidad.

Serie oromediterránea Filábrico-Nevadense silicícola del enebro rastrero (*J. nana*) (= *Genisto baeticae-Juniperetum nanae* S.)

Se extiende, en el sector Nevadense, por encima de los 1.800 (1.900 m.). En el límite oriental del territorio, en exposiciones meridionales, no suele aparecer por debajo de 2.000 (2.100 m.)

Originariamente debieron ser formaciones ricas en "enebros" (*J. communis* subsp. *nana* y subsp. *hemisphaerica*), "sabinas" (*J. sabina*) y "pinos" (*P. sylvestris* var. *nevadensis*), que, según RIVAS MARTINEZ (1977), tuvieron su centro de dispersión en las altas montañas y parámeras centro-ibéricas y fueron desplazados, durante las distintas etapas glaciares del Cuaternario, hasta Sierra Nevada y montañas del Norte de África.

En la actualidad, y al igual que en los casos anteriores, como resultado de la actividad antrópica, sólo aparecen enebros y sabinas, de forma puntual, entre las especies características del matorral de degradación. De forma general, y particularmente en el caso de las sabinas, su presencia es más frecuente en la vertiente septentrional, en las áreas cacuminales y en canchales más o menos estabilizados.

No obstante, en relación a lo anterior, aunque la mayoría de los autores consultados consideran que las formaciones primitivas

del piso oromediterráneo eran muy ricas en enebros y sabinas, no hemos podido encontrar ninguna explicación satisfactoria, salvo apreciaciones personales, que justifiquen dicha hipótesis. Por otra parte, hemos podido observar como en el área de estudio y en general en toda Sierra Nevada, ambas especies y particularmente las sabinas, presentan una ecología bastante bien definida, apareciendo, fundamentalmente, sobre suelos muy secos y con una riqueza en bases superior a la de los suelos característicos o dominantes en el piso oromediterráneo nevadense. Así, como indicábamos, son muy frecuentes en zonas de cumbres fuertemente venteadas, en las que como veremos existe un proceso de basificación por ausencia de lavado, en fisuras rocosas en las que el suelo confinado se enriquece en bases también como consecuencia de la falta de lavado (GIL DE CARRASCO et al. op. cit.) y sobre suelos escasamente evolucionados que de acuerdo con nuestra investigación, así como con la de otros autores (DELGADO CALVO-FLORES, 1980), presentan una mayor saturación del complejo de cambio. Sobre rocas ultrabásicas, son también bastante frecuentes pero, al igual que en los casos anteriores y pese a la riqueza en bases de los suelos, aparecen ocupando los lugares más desfavorables (fríos y secos). Por otra parte, el hecho de que estos sabinares presentan su óptimo ecológico en el piso oromediterráneo, pero sobre materiales ricos en bases (calcáreos), apoyaría la hipótesis de que no se trata de una formación residual, procedente de una antigua comunidad climática, sino de una especie que, adaptada a soportar condiciones climáticas extremas, coloniza los ambientes más desfavorables para las típicas formaciones del piso oromediterráneo nevadense.

* Matorral serial:

Es el más extendido de esta serie. Se trata de formaciones xeromorfas de porte almohadillado y que vulgarmente se conocen como piornales. Constituyen la vegetación climática en la actualidad y se incluyen en la as. *Genista baeticae-Juniperetum nanae* Quezel 1953 nom. inv.

Las especies dominantes en estos matorrales son Cytisus oromediterraneus y Genista versicolor, fundamentalmente. En los claros del matorral es frecuente la presencia de otras especies como: Arenaria pungens, Hormatophylla spinosa, Arnoseris minima, Senecio boissieri, Dianthus subacaulis, Erygeron major, Marrubium supinum, Leucanthemopsis radicans y de forma puntual Juniperus communis subsp. nana y Juniperus sabina.

En los niveles inferiores de este piso (oromediterráneo inferior-supramediterráneo superior), el piornal se enriquece en Ery-nacea anthyllis, especie también bastante frecuente en niveles superiores, pero sobre rocas ultrabásicas.

Por otra parte, en algunos puntos es frecuente la presencia de abundantes especies nitrófilas, lo que nos indica la intensidad del pastoreo a que están sometidos estos lugares. Entre las más frecuentes hay que destacar: Eryngium glaciale, Reseda complanata, Carduus carlinoides subsp. hispanica, Cirsium odontolepis, etc.

El desbroce o quema de estas comunidades en lugares de suave pendiente favorece la penetración de gramíneas vivaces de cierto interés ganadero, como Koeleria crassipes, Deschampsia flexuosa, Festuca indigesta subsp. hackeliana, Dactylis glomerata, Corinephorus canescens, etc. (GIL DE CARRASCO et al. op. cit.)

Las áreas de mayor pendiente y suelos de poco espesor, con un contacto lítico a pocos cm. de la superficie, constituyen el dominio de los "tomillares". Se trata de formaciones de bajo porte y escasa cobertura, pero con una gran riqueza florística. Entre las especies más frecuentes en estas comunidades destacan: Thymus serpylloides subsp. serpylloides, Thymus serpylloides subsp. gadorensis, Sesamoides canescens, Erysimum grandiflorum, Campanula willkommii, Scabiosa turolensis, Erysimum baeticum, Armeria filicaulis, etc.

* Pastizales:

En éstos predomina, con diferencia, Festuca indigesta subsp. hackeliana, junto a F. pseudeskia y demás gramíneas citadas con anterioridad. Estos pastizales tienen su origen en causas muy diversas: la presencia de suelos esqueléticos de escaso espesor, generalmente asociados a procesos erosivos en áreas de fuertes pendientes, o lenta evolución condicionada por la disposición del material geológico como veíamos o, incluso, a la presencia de un nivel freático a escasos centímetros de la superficie que impide el desarrollo de piornos u otras especies de mayor desarrollo radicular. En estas situaciones se produce el desplazamiento de tomillares y piornales y son sustituidos por pastizales de enraizamiento superficial.

En las áreas cacuminales, dentro de este piso, fuertemente venteadas, los piornales aparecen sustituidos por una comunidad fisionómicamente semejante (piornal-tomillar), pero constituida por especies de marcado carácter basófilo y entre las que destaca fundamentalmente, Astragalus granatensis subsp. granatensis junto a otras de menor porte, como: Sideritis glacialis, Erodium cheilanthifolium, Poa liquilata, Vitaliana primuliflora subsp. assoana y Arenaria pungens, que se incluyen en la as. Siderito-Arenarietum pungentis, Quezel 1953. La presencia de estas comunidades parece estar relacionada, como veremos más

adelante, con la existencia de un proceso de basificación de origen microclimático.

Por último, al igual que en el piso inferior, en áreas donde dominan coluvios de textura fina, pobres en fragmentos rocosos, los "lastonares" de Festuca scariosa, desplazan al piornal.

5.2.5. - ACTIVIDAD ANTROPICA

A lo largo de los anteriores capítulos, hemos puesto de manifiesto en repetidas ocasiones, la gran importancia de las actividades humanas en lo que a la génesis y expresión paisajística se refiere; tanto es así, que algunos autores como IBÁÑEZ (1986) han definido el paisaje como "un producto de la cocreación del hombre y la naturaleza, el primero a través de su gestión y la segunda mediante su autoorganización". Su gran repercusión sobre el paisaje nevadense, nos ha inducido a la realizar este apartado, en el que se trata como un factor independiente, al objeto de realizar una breve reseña histórica de sus principales actividades y de sus repercusiones reales en el ámbito de nuestro trabajo.

Los vestigios de antiguas civilizaciones en Sierra Nevada son relativamente abundantes. De acuerdo con RUIZ JIMENEZ (1987), en ella se detectan huellas de civilizaciones prehistóricas, tartésica, visigoda y romana. Sin embargo, según este autor, el hecho histórico de Sierra Nevada se inicia con la invasión musulmana. En relación a esto, uno de los más importantes impactos sobre el medio serrano lo constituyó, tras la conquista del Reino de Granada, la repoblación de estos territorios con agricultores españoles de diversa procedencia. La sustitución de los moriscos por campesinos cristianos, a decir de RUIZ JIMENEZ, tuvo consecuencias ecológicas trascendentales al introducir estos últimos, procedentes en su mayoría de tierras de secano, los sistemas de cultivo y ganadería que conocían. Así, los cultivos hortofrutícolas de regadío perfectamente diseñados por los moriscos, empleando técnicas de riego y utilización del suelo muy avanzadas, mediante sistemas de acequias y abancalamiento de laderas, fueron sustituidos por el cultivo de cereales, lo que llevó a la roturación de grandes masas boscosas para el asentamiento de estos nuevos cultivos y la creación de terrenos de pastos.

Pero no han sido las actividades agrícolas y ganaderas las únicas implicadas en la degradación de este macizo; así, la obtención de madera para la construcción, usos navales, carboneo y minería, de gran importancia y dilatada historia en estos territorios, contribuyeron de forma importante a la deforestación de los mismos.

El resultado final de estas continuas agresiones fue un cambio drástico en la fisonomía que originariamente debió presentar el macizo y que llevó a los hermanos RECLUS (1907) a comentar sobre Sierra Nevada, en su Geografía Universal de principios de siglo: "Pese a ser las montañas más elevadas de España, talados sus bosques, privados de manantiales para alimentar sus torrentes, dan impresión de sed.....".

Otro hecho, a nuestro juicio, de gran repercusión sobre el paisaje nevadense está relacionado con la intensa despoblación que ha padecido la sierra desde el inicio del presente siglo. Se estima que la disminución de población, para las cuatro comarcas a las que afecta nuestra investigación (Alpujarra, Marquesado del Zenete, Alto Andarax y Nacimiento), ha sido aproximadamente del 36% en el intervalo comprendido entre los años 1900 y 1981 (Datos del I.N.E.; en RUIZ JIMENEZ, op. cit) alcanzandose los mayores porcentajes a partir de 1950 con disminuciones del 43,63% para la Alpujarra granadina, 51,59 para la almeriense, 44,55% en el Marquesado del Zenete y 45,39 para la comarca del Nacimiento (MARTIN MONTERO ET AL, 198).

Como consecuencia de este paulatino abandono, grandes superficies dedicadas a cultivos cerealistas que alcanzaban cotas próximas a los 2000 m., protegidas al menos temporalmente por los cultivos, quedaron expuestas a la acción de los agentes erosivos y resultaron parcial o totalmente desmanteladas. Los suelos se erosionaron, la incisión hídrica se intensificó dando lugar a frecuentes cárcavas y grandes barranqueras, y el clima edáfico se hizo más xérico.

Por último, la intensa reforestación llevada a cabo en la sierra, especialmente a partir de 1941, -en un intento de controlar la intensa erosión desencadenada y sus graves efectos sobre las poblaciones y cultivos de zonas bajas (inundaciones, deslizamientos de tierras, etc.) (IGLESIAS CASADO, 1985)- junto a las actuaciones antes mencionadas, han sido los agentes responsables de la actual conformación del paisaje serrano, muy distante de lo que debió representar no hace demasiados años.

Las cifras pueden dar una idea más clarificadora del resultado de estas transformaciones: concretamente, en el sector estudiado por nosotros con 54.822 Ha. de superficie, sólo 21.972 Ha. aparecen ocupadas por vegetación natural (Ministerio de Agricultura, 1975), y de éstas, únicamente el 12,2% (2.678 Has.) se presentan en un aceptable estado de conservación. El resto, aparece constituido por un retículo de comunidades subseriales y seriales en función a las características ecológicas y niveles de degradación de cada localidad.

La distribución de los cultivos y vegetación natural en la superficie total de la hoja es como sigue (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1975):

Regadio (huerta)	Hortalizas	181	
	Hortalizas + Frutales	1.887	2.068
Labor extensiva en seco ..	Cereales de invierno	1.442	
	Cereales + Castaños	30	1.472
Secano.....	Cereales de invierno	137	
	Cereales + Castaños + Encina	35	172
Olivar	Cultivo puro	20	
	Con almendros	15	1.051
	Con labor de seco + Castaños + Almendros ..	1.016	
Viñedo.....	Cultivo puro	25	
	Asociado con almendra	50	75
Almendra	Cultivo puro	1.181	
	Asociado a labor de seco	778	1.959
Vegetación natural.....	Encinar puro	2.678	
	Matorral subserial + serial	16.081	21.972
	Matorral subserial + serial + Encina	1.691	
	Matorral serial + Encina + Castaño	1.522	
Replantaciones forestales.....		25.927	
Improductivo		126	

Huerta:

Aproximadamente 181 Has. se localizan, generalmente, alrededor de los núcleos urbanos. Se cultivan hortalizas de todo tipo para consumo local y comarcal, alternándose con cultivos de cereales de invierno y verano. Las restantes 1.887 Has. presentan las mismas características, pero aparecen asociadas a frutales, principalmente manzanos, perales y olivos en algunos puntos. No siguen un marco de plantación concreto, encontrándose normalmente diseminados o en las lindes de las parcelas. Los rendimientos medios oscilan entre 32 Tm/Ha. para los tomates, hasta 3 Tm/Has. para la cebada.

Secano:

172 Has. dedicadas a esta labor se localizan en el término de Nevada; en ellas se cultiva normalmente cebada caballar, con bajos rendimientos. Las 35 Has. restantes se localizan en el término de Paterna del Río, donde, junto a la labor, aparecen pequeñas parcelas con encinas y castaños.

Labor extensiva:

1.442 Has. dedicadas al cultivo de cereales de invierno en seco, generalmente, cada cinco o seis años; el resto del tiempo para aprovechamiento de pastos espontáneos. Existen, además, otras 30 Has. asociadas a castaños, con unos rendimientos medios de 1.500 Kg/Ha.

Oliver:

Como cultivo puro sólo aparecen 20 Has. con marcos de plantación irregulares y de edad adulta. En el término de Fondón existen otras 15 Has. asociadas a almendros.

Las 1.016 Has. restantes se distribuyen en la hoja asociadas con labor de seco y pequeñas manchas de castaños. Los marcos de plantación, así como las edades, son muy irregulares.

Vinedo:

Está representado por 25 Has. de cultivo puro en el término de Bayárcal y 50 Has. asociadas con almendros en el término de Nevada.

Almendo:

Aparecen 1.181 Has. como cultivo puro y 778 asociadas con labores de seco; la mayor densidad está en los términos de la provincia de Granada. Las plantaciones son de todas las edades y las más modernas se sitúan en laderas abancaladas siguiendo las curvas de nivel.

Repoblaciones forestales:

Existen 25.927 Has. dedicadas al cultivo de coníferas, concretamente pinares y generalmente en asociaciones de diferentes especies, entre las que predominan: P. pinaster, P. laricio y P. sylvestris, estas dos últimas ocupando las zonas más altas. También aparecen, aunque no formando masas, en pequeñas agrupaciones: cedros, alerces y cipreses.

Es frecuente encontrar algunas especies caducifolias como fresnos, serbales y chopos, normalmente en los bordes de las pistas y bordeando los arroyos.

En algunos puntos de la vertiente sur, como es el caso del barranco de Valor, se ha intentado la reforestación con robles (*Q. pyrenaica*), aunque éstos no han prosperado probablemente a causa de la escasez de precipitaciones en los últimos años.

Las masas de pinar son de edades diferentes, la mayor parte de ellas tiene una antigüedad de, aproximadamente, veinte años y están en explotación, mediante saca de madera, con producciones medias que oscilan entre 0,5 a 1 m³ Ha. y año, en función a la edad y las características ecológicas de las parcelas.

La mayor densidad de estas repoblaciones se concentra en el piso supramediterráneo, de elevada productividad forestal de acuerdo con el índice de GANDULLO Y SERRADA (1977) que alcanza valores de $I = 177,7$ en la estación del Cerecillo. En el piso inferior, con un índice de productividad forestal superior ($I = 226,3$ en Laujar de Andarax), las repoblaciones aparecen relegadas a las zonas más desfavorables ya que, en este piso, existe un neto predominio de los cultivos dado que es donde se localizan la mayoría de los núcleos urbanos.

Con respecto al oromediterráneo, gran parte de su superficie aparece dedicada a los cultivos forestales que frecuentemente superan los 2.300 m. de altitud. Esto, a nuestro juicio, parece totalmente absurdo y una completa barbaridad; ya que, a estas altitudes, la productividad vegetal es mínima debido a las adversas condiciones climáticas y la pobreza de los suelos. Por otra parte, si el papel de estas repoblaciones está más orientado a la protección de los suelos y regulación hidrológica, tenemos que decir que en estos ambientes de dominio periglacial, la roturación previa a la implantación del pinar, va a conducir a una intensa pérdida de materiales finos por acción de los procesos periglaciares descritos con anterioridad (Pipkrake, etc.). Además, estamos convencidos de que ambas funciones las realizan de forma eficaz los pinales típicos de este piso que, por otra parte, constituyen un ecosistema raro y único en Andalucía y que por tanto se debe salvaguardar.

Aparte de lo anterior, estamos convencidos de que este sector de Sierra Nevada se encuentra sobreexplotado desde el punto de vista forestal lo que, independientemente de la indiscutible labor protectora de estas repoblaciones que ya hemos comentado con anterioridad, puede conducir a situaciones graves además de las ya conocidas, incendios y plagas, que afectan a este tipo de monocultivos. Nos referimos concretamente a sus efectos sobre el balance hídrico global del territorio ya que, como es bien cono-

cido, las especies de crecimiento rápido consumen ingentes cantidades de agua en la producción de biomasa y además sus efectos sobre la interceptación de la lluvia pueden resultar considerables llegando a alcanzar valores, en determinadas circunstancias, de hasta el 50% de la precipitación total (MOLINA RODRIGUEZ, 1985). Esto como decimos puede conducir a situaciones de graves deficiencias hídricas en cuencas como las que tratamos, en general deficitarias en agua. De hecho, es bastante frecuente escuchar entre los agricultores y ganaderos de la zona comentarios como: "...desde que pusieron los pinos se han secado la mayoría de las fuentes"; suponemos que dichos comentarios deben tener algún fundamento y aún aceptando un ligero endurecimiento climático en los últimos años, poco manifiesto en los datos meteorológicos, nos induce a pensar que dicho fenómeno puede estar relacionado como decíamos, con la gran densidad de estas repoblaciones. Así pues, aún conscientes de la complejidad que supone ya que los estudios sobre la utilización de agua por especies forestales en España, de acuerdo con PAZ GONZALEZ Y DIAZ FIERROS (1985), son prácticamente inexistentes, creemos de vital importancia el inicio de estudios encaminados a evaluar los efectos reales de dichas repoblaciones sobre el balance hídrico global de estas cuencas, de forma que se estimen las entradas (precipitación oculta, condensaciones, etc) - que como veíamos en el apartado de climatología podían ser relativamente importantes- y las salidas (interceptación, transpiración, etc.), así como las posibles repercusiones sobre estas cuencas a medio y largo plazo.

Por otra parte, hay que tener en cuenta sus controvertidos efectos sobre los suelos, en los que de momento no vamos a profundizar, pero que fundamentalmente afectan al ciclo de los bioelementos por exportación de los mismos que no vuelven al suelo; de acuerdo con SANTA REGINA Y GALLARDO LANCHO (1986), las explotaciones forestales son especialmente consumidoras de nitrógeno y calcio, este último se acumula en los troncos y puede crear problemas en áreas de sustrato ácido como la que tratamos.

En definitiva, una hipotética disminución de la humedad junto a una intensa pérdida de nutrientes, por exportación o lavado, podrían desembocar con el tiempo en una parcial esterilidad de los suelos ya que disminuirían las entradas al sistema al ralentizarse los procesos de meteorización y reducirse los aportes orgánicos por extracción de la madera.

Ganadería:

Realmente la ganadería en Sierra Nevada está poco desarrollada en comparación con otras áreas montañosas. Esto se debe fundamentalmente a su particular climatología que imposibilita la formación de buenos pastos; este hecho, determina igualmente una elevada susceptibilidad a las actividades ganaderas, aunque estas

no sean excesivas, ya que la recuperación de la vegetación resultará bastante dificultosa. En general se trata de un ganado transhumante que en primavera, tras el retroceso de las nieves, asciende hacia los pastos de alta montaña y permanece en ellos hasta que, pasado el verano, inicia el descenso gradual hasta las zonas bajas.

En este apartado nos ocuparemos únicamente del ganado que vive en régimen de libertad o semilibertad y que es el que, básicamente, va a producir alteraciones en el paisaje. El más abundante es el ganado ovino con 20.271 cabezas (49,8% del total), le sigue en importancia el caprino con 15.673 cabezas (38,4%) y por último el bovino con 4.778 cabezas (11,8%). Estas cantidades y porcentajes se refieren al ganado total (40.732 cabezas) en las cuatro comarcas parcialmente incluidas en el territorio estudiado; su distribución en cada una de ellas es como sigue (RUIZ JIMENEZ op. cit):

		Cabezas

Marquesado del Zenete.....	bovino	780
	ovino	3.920
	caprino	3.352
Alpujarra granadina.....	bovino	3.769
	ovino	7.556
	caprino	8.083
Alpujarra almeriense.....	bovino	123
	ovino	4.227
	caprino	2.015
Nacimiento.....	bovino	116
	ovino	4.568
	caprino	2.253

Como se puede observar, el número de cabezas disminuye hacia el sector oriental, especialmente el ganado bovino, lo cual es lógico ya que las precipitaciones, considerando Sierra Nevada en su conjunto, disminuyen hacia ese sector a la vez que aumentan las temperaturas. Esto determina una mayor pobreza en los pastos conforme nos aproximamos hacia el este.

Con respecto a los efectos del ganado, como decíamos, resultan bastante manifiestos y afectan principalmente a la compo-

ción de las comunidades vegetales así como a la regeneración de las mismas. Sobre los suelos, sus efectos no son dignos de mención, salvo en algunos lugares donde se concentra el ganado, como los "borreguiles" y zonas de surgencia de aguas, y conduce a un deterioro bastante acusado de los mismos (foto).

Actividades mineras

En el área estudiada son abundantes los yacimientos minerales aunque la mayoría aparecen abandonados en la actualidad. Así, son dignos de mención los yacimientos de cobre de Jêres y Lanteira que se remontan a la época romana y tuvieron gran importancia en el pasado, cesaron sus actividades en 1954. Los efectos de estas antiguas explotaciones, junto al de los conocidos yacimientos de hierro de Alquife, en el límite septentrional del territorio, aunque difíciles de evaluar, sin lugar a duda han tenido un gran protagonismo en el estado actual que presenta el paisaje de este sector de Sierra Nevada ya que este tipo de explotaciones requerían grandes cantidades de madera (entibados, fundiciones, etc) que lógicamente debió ser extraída de los bosques próximos con las consecuencias que esto conlleva.

En la actualidad, solo continúan en explotación, dentro del área, las minas de la Gabiarra; se trata de explotaciones a cielo abierto para la extracción de oligisto micáceo que se utiliza como base de algún tipo de pintura. El impacto paisajístico de estas explotaciones es más que considerable y las alteraciones que están provocando en los suelos y la vegetación, prácticamente irreversibles ya que se encuentran ubicadas en el piso oromediterráneo, donde la severidad climática ralentiza en extremo el desarrollo de los suelos y la vegetación.

5.2.6. - TIEMPO.

En el desarrollo de los capítulos anteriores, hemos puesto de manifiesto la gran importancia de este factor en la evolución y configuración actual del paisaje de Sierra Nevada, así como su relación con la existencia de determinadas formas y formaciones cuya presencia ha sido y continúa siendo en la actualidad, determinante en la dinámica de los suelos y del paisaje en general.

Con respecto a la edad de los suelos de Sierra Nevada, las dataciones cronológicas son muy escasas y se restringen a los trabajos de DELGADO ET AL (1979) que obtienen datos aproximados, basados en medidas de denudación, de 4.424 ± 983 años.

DELGADO (1980) y DELGADO ET AL (1982a; b y c), aportan nueva información al respecto y apuntan la existencia de dos etapas edafogenéticas distintas: la más antigua la datan como postwurmense y la última reciente o actual. Igualmente establecen una correspondencia entre los tipos de suelos y su edad; así, consideran los Entisoles como suelos actuales y a Inceptisoles y Mollicoles les atribuyen una edad postwurmense, señalando que su génesis debió tener lugar en un clima más cálido y húmedo que el actual.

Tenemos que indicar que estos datos se basan en estudios realizados en el sector nor-occidental de la sierra, concretamente en la cuenca alta del río Dilan y barranco Hondo, en suelos localizados por encima de 1450 m., por lo que no pueden hacerse extensivos a todo el macizo; así, en el área objeto de nuestro estudio la presencia de paleosuelos (Luvisoles y Acrisoles) o resto de ellos, que alcanzan cotas de hasta 2.000 m y que en diversos puntos aparecen enterrados por depósitos periglaciares de considerable potencia, evidencian un origen anterior y por tanto, la existencia de otra etapa edafogenética anterior a las mencionadas. A este respecto DELGADO CALVO-FLORES Y SIMÓN (1982), señalan que los suelos más antiguos son antewurmenses y con bastantes probabilidades del interglacial Riss-Wurm, pero que aparecen poco representados en el macizo debido a la potencia erosiva de las últimas etapas glaciares.



5.3. SECTORIALIZACION DEL TERRITORIO.

A partir de la información acumulada en la fase anterior, procedimos al análisis fotogramétrico y división del territorio en unidades paisajísticas homogéneas, siempre desde nuestro particular punto de vista.

El análisis fotogramétrico se realizó a partir de la fotografía aérea de la zona a escala 1:18.000 y con la ayuda de un estereoscopio de espejos. Sobre láminas de acetato, colocadas sobre una de las fotografías correspondiente a cada par estereoscópico, procedimos a la delimitación de cada una de las distintas unidades fisionómicamente homogéneas y en las que existía una cierta uniformidad en lo que a factores formadores se refería; de ahí que coincidan básicamente con las "unidades de paisaje" definidas BJLUDA, MOLINA Y SANCHEZ (op. cit.).

Por último, las unidades delimitadas sobre las láminas de acetato se trasladaron a papel vegetal en el que previamente se habían localizado los centros de foto correspondientes, procediéndose finalmente a su restitución sobre la base topográfica del mapa 1:50.000 con la ayuda de un pantógrafo y corrigiendo las posibles desviaciones mediante el uso combinado del mapa topográfico y la fotografía aérea.

Una vez elaborado este mapa previo, se procedió a su comprobación en el campo, para lo que previamente establecimos una serie de itinerarios que nos permitiesen recorrer la totalidad de las diferentes unidades establecidas. De estos itinerarios cabe destacar tres transectos realizados en dirección norte-sur; el primero discurría por el sector occidental y, desde Valor, ascendía por la vertiente meridional hasta el Collado del Lobo y Alto de San Juan (2.784 m.) en la línea de partición de la dorsal; luego descendía por la vertiente norte hasta las proximidades de Jares del Marquesado. El segundo, en el sector central, unía las localidades de Picena y Lacalahorra a través de la carretera del Fuerte de la Ragua. Por último, el tercer transecto, situado en el sector oriental, estaba compuesto por dos tramos: uno se iniciaba en Laujar de Andarax y ascendía por la pista forestal de Monterrey hasta las minas de la Gabiarra y Cerro del Almirez (2.519 m.) y el segundo, en la vertiente septentrional, ascendía desde Hueneja hasta la Loma del Rosal en la cara norte del Cerro del Almirez.

Estos transectos se completaron con otros en dirección este-este, en ambas vertientes, y a altitudes comprendidas entre 900-1.000 m., 1.700-1.900 m. y 2.000-2.300 m.

A partir de la información obtenida en esta fase, se corrigieron los límites y se establecieron las unidades definitivas, resultando un número total de 32 unidades diferentes.

5.4. ANALISIS Y CARACTERIZACION DE LAS UNIDADES.

Trás la fase anterior, establecida la división definitiva de las distintas unidades, procedimos al análisis detallado de los factores y procesos que habían intervenido en la génesis de cada una de ellas. Para esto, se seleccionaron una serie de unidades modales representativas del conjunto y se procedió al análisis detenido de las mismas. Dicha elección estaba basada en el convencimiento de que la génesis de unidades iguales, pero localizadas en diferentes lugares, había que atribuirle un mismo origen; es decir, que su génesis estaba determinada por la actuación de los mismos factores y procesos derivados de ellos. Como señalan AUBERT Y BOULAINÉ (1986), "la existencia de una roca madre de características constantes, de un clima cuyas variaciones son insensibles, de una duración evolutiva parecida en todos los puntos y de unas acciones biológicas y topográficas de la misma naturaleza, hace que el suelo sea -salvo variaciones negligibles- idéntico a un perfil típico". Así pues, se puede extrapolar el conocimiento de un perfil y admitir que en todos los lugares donde los factores de formación han sido los mismos, el suelo, de hecho es parecido a aquel en cuyo punto ha sido estudiado el perfil.

En cada unidad llevamos a cabo una descripción fisionómica (pendiente, morfología, orientación, altitud, signos de erosión, etc) así como una serie de sondeos a fin de evaluar la variabilidad de sus suelos y vegetación; procediendo posteriormente al estudio detallado de las principales tipologías mediante la apertura de perfiles de suelos y la descripción de la vegetación que sustentaban.

Para el análisis de la vegetación se siguió el método fitosociológico de la escuela de "Zurich-Montpelier" a base de toma de inventarios en los que se reflejan cada uno de los táxones presentes así como sus índices de abundancia y sociabilidad. En la descripción de la vegetación se han adoptado las "series de vegetación" de RIVAS MARTINEZ (1982, 1984).

Con respecto a los suelos, se procedió a la descripción macromorfológica de cada perfil seleccionado, siguiendo las indicaciones de la Guía de FAO (1977), y a la estimación del color mediante las tablas MUNSELL (1954); posteriormente se tomaron las muestras de cada uno de sus horizontes y por último procedimos a la preparación y análisis de las mismas en el laboratorio. Los métodos utilizados aparecen reflejados a continuación en el apartado correspondiente a métodos experimentales.

* Los inventarios de vegetación junto a la descripción macromorfológica, resultados analíticos y ficha climática de cada perfil, aparecen reflejados en el Anexo I.

* En el Anexo II se recoge el Mapa de Unidades de Suelos y Ecotopos Potenciales que constituye la síntesis de nuestra investigación. En él, cada una de las unidades viene definida por los suelos que la caracterizan, considerándose estos a nivel de "asociación" en el caso de que ocupen más del 20% del total de la unidad, o a nivel de "inclusión" cuando la superficie que ocupan varía entre el 5 y 20%. No se incluyen en la definición de la unidad aquellos otros suelos que, aún estando presentes, ocupan menos del 5%, aunque sí se recogen a nivel de memoria.

* En lo que se refiere a la vegetación, las unidades no son totalmente homogéneas ya que dentro de una misma unidad pueden aparecer distintas comunidades (p. ej. piornal, tomillar, pastizal, etc.) desarrolladas sobre el mismo tipo o tipos de suelos, junto a otras comunidades asociadas a una tipología específica como es el caso de las comunidades glareícolas y rupícolas sobre Litosoles, o prados y herbazales asociados normalmente a zonas de hidromorfía donde dominan los Gleysoles.

El que la mayoría de las unidades no sean homogéneas con respecto a la vegetación se debe fundamentalmente a que, una nueva subdivisión de las unidades en función al tipo de vegetación, habría dado lugar a una cartografía sumamente compleja y, desde nuestro particular punto de vista, prácticamente inutilizable.

Al objeto de aumentar la información cartográfica sin complicarla excesivamente, cosa que como decíamos hubiese ocurrido en el caso de separar también los diferentes tipos de vegetación en cada unidad, sobre las unidades edáficas se han superpuesto los distintos "pisos bioclimáticos" presentes en el área estudiada; de esta forma, además de la información que aportan las unidades de suelos aparece una información adicional: los "ecotopos potenciales". Así, una misma unidad edáfica puede verse afectada por pisos bioclimáticos diferentes y por tanto, aunque no existan variaciones de suelos en toda su extensión, la vegetación potencial va a ser diferente dentro de una misma unidad en función del piso bioclimático; así, por ejemplo, si consideramos la unidad 12 de la cartografía, en el sector noroccidental de la hoja, podemos ver que está definida por una asociación de Cambisoles eútricos y Phaeozem háplicos con inclusiones de Regosoles eútricos y que a su vez está afectada por los pisos supramediterráneo y oromediterráneo. Esto nos indica que, dentro de esta unidad, la vegetación en los niveles inferiores estará constituida por comunidades pertenecientes a la serie del *Adenocarpus decorticantis-Querceto rotundifoliae* S., mientras que en los superiores pertenecerán a la *Genisto baeticae-Juniperetum nanae* S.

5.4.1. METODOS EXPERIMENTALES.

Preparación de las muestras.

Se realizó a través de los siguientes pasos:

- Extensión de las muestras sobre papel y secado al aire.
- Selección de agregados para el estudio de propiedades físicas
- Molienda con rodillo de madera, tamizado sobre malla de 2 mm. de luz y pesada de las fracciones resultantes.
- Molienda fina en mortero de ágata y tamizado a 0,05 mm., para la determinación de algunas propiedades químicas.

Análisis granulométrico.

En la determinación de los porcentajes de las distintas fracciones minerales, se procedió de la siguiente forma:

Tratamiento de las muestras con agua oxigenada para la destrucción de la materia orgánica.

Para prevenir una mala dispersión, en el caso de muestras ricas en sales, se sometieron a lavado por diálisis en una membrana semipermeable (celofán) y corriente de agua.

La fracción arena se determinó por tamizado en húmedo y separación en subfracciones por tamizado en seco.

La arcilla y el limo se separaron por sedimentación y se siguió el método de la Pipeta de ROBINSON, tal y como se describe en el Soil Survey Report, nº 1 (Soil Conservation Service, 1972)

pH:

Se determinó sobre una suspensión de tierra fina en agua en relación 1:1. Posteriormente se efectuó otra medida con ClK 0,1 H en la misma proporción (HAYWARD et al., 1973). Las medidas se realizaron en un pH-metro Crison-501 con electrodo de vidrio.

Mineralogía de la fracción arena:

Se realizó mediante difracción de Rayos-X.

Mineralogía de la fracción arcilla:

Se llevó a cabo mediante difracción de Rayos X, en agregado orientado solvatado con etilenglicol (BRUNTON, 1955), solvatado con dimetilsulfóxido (GONZALEZ GARCIA Y SANCHEZ CAMAZANO, 1968) y, en algunos casos, se realizó un tratamiento térmico a 550°C (MARTIN VIVALDI Y RODRIGUEZ GALLEGO, 1961).

Retención de Agua a 1/3 y 15 atmósferas:

Se utilizó el método de la membrana de Richards (RICHARDS, 1947; 1954). (RICHARDS Y WEAVER, 1944).

Agua utilizable por las Plantas:

Se ha calculado para cada horizonte, a partir de los porcentajes de humedad a 1/3 y 15 atmósferas, la densidad aparente y la profundidad en decímetros del horizonte en cuestión. Para ello utilizamos la siguiente fórmula (HENIN, GRAS Y MONNIER, 1972):

$$Au = \%H \text{ 1/3 atm.} - 5H \text{ 15 atm.} \times D.A. \times Prof. \text{ (dm.)}$$

Densidad aparente:

En la determinación de la densidad aparente, se ha empleado la ecuación de regresión múltiple, obtenida por SANTOS (1979), y que se expresa a continuación:

$$D.A. = 1,5456 + 0,0015 \times (\%Arenal) - 0,002 \times (\%Arcilla) - 0,1219 \times (\%Carbono \text{ orgánico})$$

Coefficiente de dispersión:

Se ha determinado siguiendo el método de MIDDLETON (1930) con algunas modificaciones, según la siguiente expresión:

$$Cd = \frac{\%(\text{Limo} + \text{Arcilla}) \text{ sin utilizar dispersante}}{\%(\text{Limo} + \text{Arcilla}) \text{ utilizando dispersante}}$$

Los valores del denominador son los obtenidos a partir del análisis mecánico, tras la destrucción de agentes cementantes (mat. orgánica y carbonatos), aplicación de un agente dispersante (Hexametafosfato sódico) y 8 horas de agitación.

Los valores del numerador se han obtenido de igual forma pero sin destruir los agentes cementantes ni añadir dispersante a la

muestra, y sustituyendo las 8 horas de agitación por 20 volteos de la probeta, previos a la extracción, siguiendo a Middleton.

Los valores obtenidos aparecen en las tablas analíticas representados por las siglas Cd.

Por otra parte, se ha realizado una nueva determinación, en las mismas condiciones que la anterior, pero agitando la muestra sin dispersante durante 8 horas.

Los valores correspondientes al coeficiente de dispersión, obtenidos de la relación entre los datos de esta última determinación y los correspondientes al análisis mecánico, aparecen representados por las siglas Cd'.

Capacidad y Bases de cambio:

Se determinaron sobre la misma muestra y de forma sucesiva, con los siguientes pasos:

- Lixiviación del suelo con acetato amónico (1N y pH =7) en una columna y utilizando como obturador lana de vidrio. En el lixiviado se determinaron las bases de cambio: sodio y potasio por fotometría de llama y calcio y magnesio por absorción atómica (Soil Conservation Service, USDA, 1972). Las medidas se realizaron en un fotómetro de llama Meteor-Nak II y en espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 305E.

- Lavado con alcohol y saturación del complejo de cambio con sodio por lixiviación con acetato sódico (1N y pH = 8,2).

- Lavado con alcohol y desplazamiento del sodio del complejo de cambio con acetato amónico (1N y pH = 7). La capacidad de cambio se determinó con la valoración de sodio en el lixiviado por fotometría de llama (RICHARDS, 1954).

Nitrógeno total: (orgánico + nitrato)

Se realizó según el método clásico de Kjeldahl, por mineralización en caliente con ácido sulfúrico, usando como catalizador una solución sulfúrica de selenio y sulfato potásico para elevar la temperatura de ebullición.

La destilación del mineralizado y valoración del amonio se realizaron de forma simultánea en un aparato Bouat Micro Kjeldahl (BOUAT Y CROUZET, 1965).

Carbonato Cálcico equivalente:

Se ha determinado por volumetría de gases a través del tratamiento de las muestras del suelo, en un dispositivo cerrado, con ClH 1:1 a presión y temperatura constantes. La valoración del gas desprendido se llevó a cabo mediante el aparato descrito por BARAHONA (1934), estableciendo las correcciones de presión y temperatura con carbonato cálcico puro. Métodos Oficiales del Ministerio de Agricultura (1971).

Potasio asimilable:

Se extrajo con una solución de acetato amónico (pH = 7) y posterior valoración por fotometría de llama. Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura (1971).

Fósforo asimilable:

Se utilizaron dos métodos de extracción en función a la naturaleza de las muestras:

Extracción con una solución de bicarbonato sódico, para muestras carbonatadas (OLSEN, 1954).

Extracción mediante una solución ácido-fluorada (FH_4 -ClH), para las muestras carentes de carbonatos (BRAY Y KURTZ, 1945).

Posteriormente, en ambos casos, se procedió a la valoración del complejo fosfomolibdico con un espectrofotómetro Sequoia-Turner 390 y una longitud de onda de 820 nm.

Hierro total:

Se sometieron las muestras a una digestión con mezcla FH , SO_4H_2 y NH_3 . La materia orgánica se destruyó por adición de una mezcla nítrico-perclórica (SHAPIRO Y BRANNOCK, 1962). Posteriormente, tras la dilución de la muestra, se procedió a su medida en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 305B y con una longitud de onda 248,3 nm.

Hierro libre:

Se extrajo mediante agitación de las muestras en una solución de ditionito-citrato sódico (HOLMGREN, 1967) y se determinó a partir de los líquidos de extracción, en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 305B, a longitud de onda de 248,3 nm.

Silice y aluminio total:

Sometimos al suelo a una fusión alcalina con NaOH (SHAPIRO Y BRANNOCK, 1962). Para la determinación de silice, se trata con molibdato amónico, formándose el complejo silicomolibdico; como reductor del complejo empleamos una mezcla de amidol y sulfito. La intensidad del color azul se midió en un espectrofotómetro RD 62, empleando una radiación de 640 nm.

El aluminio se trata con solución de rojo de alizarina, midiendo el color rojo de la laca formada en un espectrofotómetro RD 62, empleando una radiación de 475 nm. de longitud de onda.

Carbono orgánico:

Se oxidó la materia orgánica con dicromato potásico en medio ácido, valorando el exceso con sulfato ferroso amónico (Método de TYURIN, descrito por KONONOVA, 1932).

Extracción rápida de ácidos húmicos y fúlvicos:

Empleamos el método de KONONOVA Y BELCHIKOVA (1961), basado una extracción rápida con pirofosfato de sodio y sosa tamponada a pH 13. El carbono orgánico lo hemos determinado por el método de Tyurin anteriormente descrito.

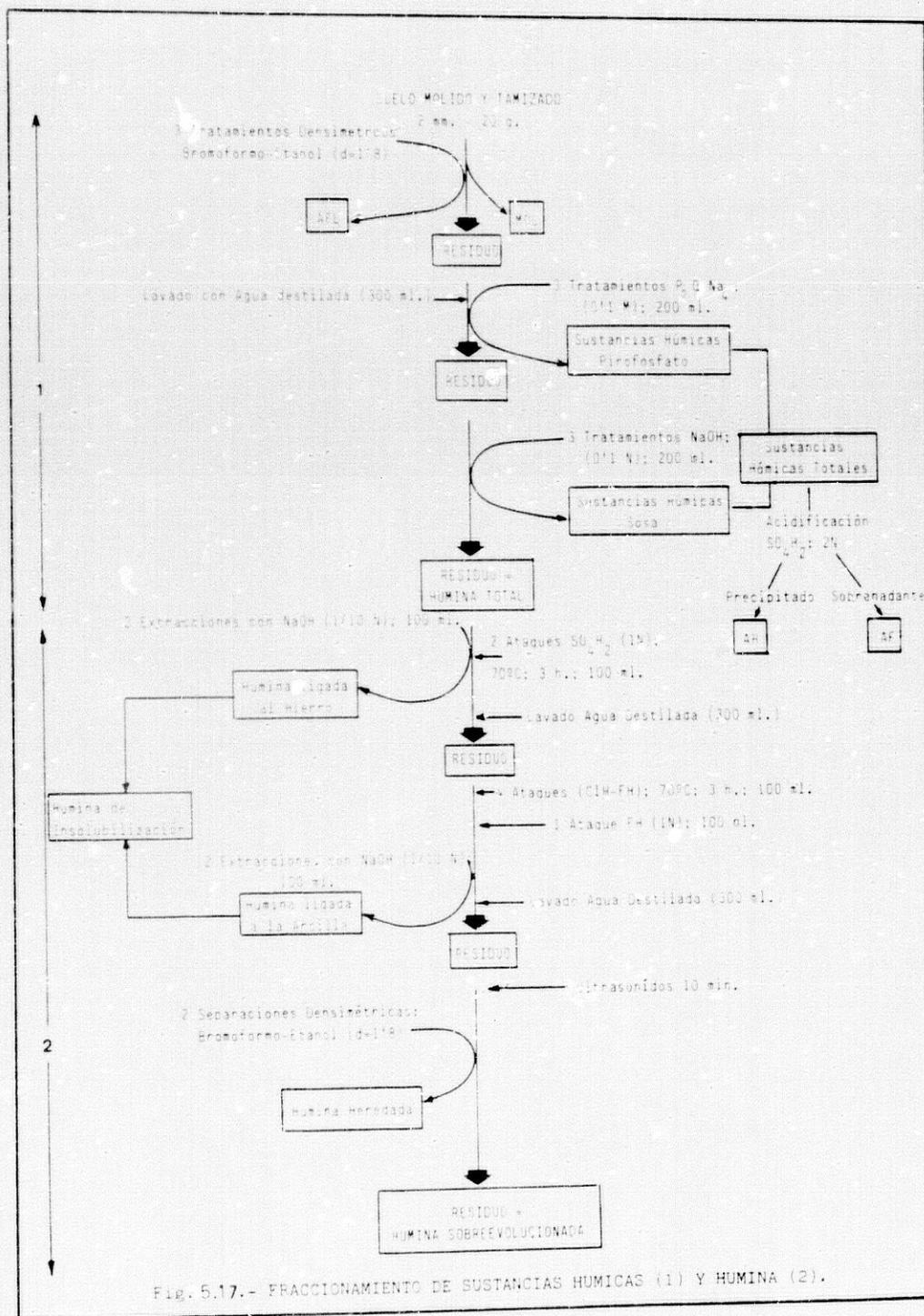
Fraccionamiento de la materia orgánica:

La extracción de los compuestos húmicos se realizó, previa separación densimétrica de la fracción materia orgánica libre a partir de una mezcla de bromoformo-etanol de densidad 1,8, mediante tratamientos con pirofosfato e hidróxido sódico 0,1 M. (DABIN, 1971). Al residuo resultante se le extrajeron las fracciones de huminas ligadas al hierro y a la arcilla, mediante hidróxido sódico 0,1 N, previo tratamiento con SO_4H_2 (1 N) y una mezcla de ClH-FH (1 N) respectivamente. Finalmente, del residuo resultante, se obtuvo la fracción humina heredada por separaciones densimétricas con una mezcla de bromoformo-etanol de densidad 1,8 tratando previamente la muestra con ultrasonidos. El proceso aparece esquematizado en la fig. 5.

Caracterización de los ácidos húmicos:

Los ácidos húmicos fueron separados del extracto total por precipitación a pH: 1 con ClH, purificados por ultracentrifugación a pH alcalino y posterior tratamiento con ClH-FH 1%, y caracterizados mediante:

a) Filtración a través de un gel. - Se empleó Sephadex G-100 (de rango 10^2-10^5), utilizando un sistema de cromatografía constituido por una columna Pharmacia K 25/45, espectrofotómetro Zeiss PMQII y registrador Kipp-Zonen BD8, operando en todos los casos a la longitud de onda de 450 nm. (DORADO et al.;1972).



b) Espectroscopia visible.- Se preparan soluciones de 0.136 mgr.C./ml de los ácidos húmicos y se miden las densidades ópticas a longitudes de onda de 728, 665, 619, 574, 533, 496 y 465 nm. (KONONOVA M.M., 1961).

c) Espectroscopia infrarroja.- Para el registro de los correspondientes infrarrojos se utilizó un espectrofotómetro de doble haz Perkin-Elmer 325, empleando la técnica de la pastilla de Brk con 1,8 mgr. de muestra.

Medida de superficies

La estimación de las superficies, en cada una de las cartografías temáticas, se ha realizado con la ayuda de un planímetro digital Koizumi-Placom mod. KP82.

6. PLANTEAMIENTO DE BASE

A la vista del conjunto de resultados obtenidos, la primera conclusión que podemos extraer es el diferente grado de similitud existente entre las 32 unidades de suelos delimitadas por nosotros, de forma que existen unidades muy semejantes entre sí, en las que las directrices de actuación de los factores formadores son similares y cuyas diferencias responden fundamentalmente al estadio evolutivo en que se encuentre la unidad (fig. 1.2: diferente estadio dentro de cada serie A-D o W-Z), junto a otras claramente diferenciadas en la naturaleza de la vegetación y propiedades de sus suelos que responden a marcadas diferencias en las directrices de actuación de uno o varios de los factores formadores (fig. 1.2: diferentes series A-D o W-Z).

Estas semejanzas o diferencias, si bien son fáciles de captar, son difíciles de cuantificar; no obstante, si tenemos en cuenta que el suelo no solamente es un componente del paisaje, sino que además es un producto del mismo, esta cuantificación se podría estimar a partir de las características de los suelos, ya que en su formación intervienen los mismos factores que configuran el paisaje actual, al mismo tiempo que pueden permanecer en ellos caracteres heredados de estadios o series evolutivas diferentes por las que ha pasado el área natural a lo largo de su historia.

Con este fin seleccionamos una serie de perfiles, de forma que en ellos estuviesen contempladas las principales series y estadios evolutivos presentes en el área de estudio, y sobre ellos realizamos un análisis multivariante, de manera que nos permitiera conocer el grado de similitud existente entre las distintas muestras.

En total se seleccionaron 36 perfiles con un total de 106 horizontes que se consideraron como muestras individualizadas. En cada muestra se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: arena; arcilla; materia orgánica; nitrógeno; capacidad de cambio; calcio, magnesio y potasio de cambio; pH; carbonatos y relación hierro libre: hierro total (Tabla 6.1).

A partir de estas muestras y sus variables correspondientes se construyó la matriz de datos de la tabla 6.1, que a su vez se transformó, de manera que todos los datos fuesen comparables aritméticamente en un rango de 0 a 100 (ETCHEVEHERE et al., 1971) estableciéndose a continuación el grado de semejanza o índice de similitud existente entre las distintas muestras mediante la distancia euclídea de sus variables y calculada a partir de la ecuación:

$$d = \frac{(X_u - X_v)}{n}$$

que representa el grado de semejanza entre los horizontes k e y, definidos por un número n de caracteres.

Una vez obtenida la matriz con todos los índices de similitud, se transforma mediante la ecuación:

$$S = \frac{10.000 - d}{100}$$

con objeto de dar el valor 100 a la máxima semejanza y 0 a la mínima. Posteriormente, se construyó la nueva matriz de los índices de semejanza y, a partir de ella, se comparan todos los índices de dos en dos, comenzando por los de mayor valor que se corresponderán con las muestras más semejantes; de esta primera comparación se obtiene un nuevo índice que se sigue comparando con los demás y así sucesivamente. Por último, los resultados obtenidos se representan en un dendograma en el que quedan agrupados los distintos horizontes en función de su grado de similitud, siempre en relación con los parámetros utilizados, pudiendo cambiar el agrupamiento de las muestras si varía el tipo o número de parámetros considerados.

Los resultados de este estudio están recogidos en el dendograma de la fig. 6.1, en el que se observa un reagrupamiento de los distintos horizontes en función del grado de similitud existente entre ellos.

En un primer análisis del dendograma se pueden establecer dos grandes grupos, cuyo índice de similitud es el menor, 58, o lo que es lo mismo, su grado de diferenciación es el máximo de entre todas las muestras estudiadas. Son los grupos A y B.

El grupo A comprende todos los horizontes de los suelos formados sobre material ácido y situados en el piso oromediterráneo, mientras que el grupo B es más heterogéneo y abarca a los horizontes de los suelos desarrollados sobre material ácido de los pisos meso y supramediterráneo, a los horizontes de los suelos desarrollados sobre los materiales ultrabásicos del piso oromediterráneo y a los horizontes de los suelos desarrollados sobre material carbonatado que, por otra parte, están situados todos en el piso mesomediterráneo.

Dentro de los horizontes del grupo A se establecen ciertas diferencias en función de que se trate de horizontes orgánico-minerales (hor. A ricos en materia orgánica) u horizontes minerales (hor. B-C, e incluso A relativamente pobres en materia orgánica); aunque la máxima diversidad viene impuesta por la existencia de un proceso de hidromorfia (Grupo A1) y tanto más cuanto más intenso es el proceso (la hidromorfia del perfil 67 es mucho

TABLA. 6.1

PERFIL	mg/100 g.										s. eqv.		
	ARCILLA	ARENA	C.O	H	T	Ca**	Mg**	K*	pH	CO ₂ a	Fel/Fel	CO ₂ a	Fel/Fel
1. Ab	10.4	60.4	2.00	0.175	8.89	2.19	0.40	0.24	5.5	-	0.69	-	-
Ba	11.1	59.9	1.40	0.173	7.78	0.70	0.15	0.13	5.2	-	0.36	-	-
Bc	9.7	55.1	0.40	0.050	4.22	0.70	0.15	0.04	5.3	-	0.17	-	-
C	16.4	42.5	0.70	0.040	6.22	0.70	0.28	0.07	5.2	-	0.25	-	-
2. Ab	9.3	64.0	3.05	0.239	13.11	2.81	0.60	0.33	5.3	-	0.29	-	-
Ba	9.5	59.1	2.20	0.175	11.11	1.88	0.36	0.16	5.5	-	0.21	-	-
Bc	9.1	61.4	1.60	0.170	9.33	1.56	0.30	0.07	5.7	-	0.23	-	-
C	6.1	64.0	0.40	0.133	6.89	1.17	0.26	0.20	5.8	-	0.17	-	-
4. Ab1	12.9	54.4	3.30	0.199	13.56	3.36	0.63	0.20	5.5	-	0.20	-	-
Ab2	13.2	49.1	2.30	0.155	13.78	3.15	0.42	0.15	6.0	-	0.37	-	-
5. Ab	10.2	65.3	3.10	0.197	9.33	2.34	0.45	0.20	5.8	-	0.42	-	-
7. Ab	13.8	55.3	2.72	0.239	10.44	3.28	0.57	0.22	5.7	-	0.39	-	-
C	10.6	59.2	0.97	0.073	6.00	0.86	0.21	0.04	5.4	-	0.52	-	-
9. Ab	12.7	50.0	3.37	0.204	10.22	2.81	0.50	0.24	5.4	-	0.58	-	-
Bc	10.8	56.9	1.75	0.159	8.09	0.78	0.21	0.07	5.2	-	0.25	-	-
C	13.6	54.5	0.82	0.079	6.44	0.63	0.16	0.07	5.3	-	0.25	-	-
12. Ab	11.0	56.2	2.95	0.168	11.33	3.94	2.26	0.71	6.5	-	0.34	-	-
Ba	13.2	53.2	1.65	0.177	11.78	6.09	1.67	0.16	6.7	-	0.26	-	-
Bc2	14.6	47.0	1.39	0.124	13.78	6.49	1.38	0.09	6.5	-	0.26	-	-
C	16.2	58.4	1.21	0.104	12.44	6.09	1.06	0.07	6.3	-	0.22	-	-
16. Ab	13.1	66.7	3.92	0.192	11.56	2.73	0.56	0.20	5.2	-	0.32	-	-
Ba	21.1	44.1	0.84	0.083	7.35	0.84	0.28	0.04	5.1	-	0.46	-	-
C	17.6	52.6	0.61	0.051	5.77	0.63	0.14	0.02	5.3	-	0.37	-	-
PERFIL	ARCILLA	ARENA	C.O	H	T	Ca**	Mg**	K*	pH	CO ₂ a	Fel/Fel	CO ₂ a	Fel/Fel
33. Ab	18.3	48.5	3.27	0.230	12.89	5.33	1.15	0.33	6.3	-	0.26	-	-
Ba1	16.2	54.7	1.02	0.107	8.00	2.87	0.99	0.24	5.9	-	0.30	-	-
Ba2	19.2	50.8	1.16	0.114	8.26	4.10	1.40	0.24	6.1	-	0.32	-	-
C	31.0	34.1	3.31	0.262	19.32	3.28	1.40	0.16	6.3	-	0.27	-	-
34. Ab	15.4	77.6	3.26	0.114	8.44	5.33	1.15	0.33	6.3	-	0.26	-	-
Ba	12.3	61.9	2.83	0.119	6.67	2.87	0.99	0.24	5.9	-	0.30	-	-
Ba1	16.3	53.3	1.36	0.083	9.34	4.10	1.40	0.24	6.1	-	0.32	-	-
Ba2	15.3	55.7	0.86	0.079	7.33	3.28	1.40	0.16	6.3	-	0.27	-	-
C	10.5	58.0	0.54	0.052	4.22	2.05	1.15	0.07	6.5	-	0.21	-	-
35. Ab	10.4	60.6	4.29	0.270	12.44	6.60	1.41	0.38	6.6	-	0.20	-	-
Ba1	10.3	62.3	1.43	0.166	9.22	4.28	0.68	0.34	6.2	-	0.33	-	-
Ba2	12.2	61.0	1.27	0.126	9.45	5.44	0.87	0.28	6.7	-	0.28	-	-
C	9.9	71.8	0.92	0.069	6.67	3.90	0.61	0.24	6.7	-	0.29	-	-
36. Ab	11.5	61.6	1.91	0.151	7.11	5.57	0.57	0.25	6.7	-	0.26	-	-
Ac	11.4	52.9	1.44	0.129	7.25	4.92	0.74	0.13	6.8	-	0.32	-	-
40. Ab	9.5	65.2	1.96	0.155	6.67	3.64	0.59	0.29	6.5	-	0.28	-	-
Ba	14.4	50.1	1.75	0.148	10.25	5.55	0.88	0.22	6.4	-	0.36	-	-
C	13.9	65.9	0.90	0.106	8.21	3.94	0.92	0.16	6.5	-	0.47	-	-
41. Ab	14.6	50.8	3.44	0.214	14.53	6.93	1.31	0.42	6.9	-	0.32	-	-
Ba	20.5	60.7	1.72	0.162	12.78	6.09	1.12	0.32	6.7	-	0.60	-	-
42. A	13.7	49.8	1.22	0.113	7.78	5.67	0.78	0.14	7.1	0.41	0.18	-	-
43. Ab	11.6	67.7	2.47	0.214	11.27	4.99	1.43	0.53	6.7	-	0.35	-	-
Ba	15.9	54.8	1.53	0.137	11.41	4.01	1.38	0.32	6.1	-	0.39	-	-
C	13.8	62.6	1.28	0.128	10.53	3.76	1.08	0.28	6.5	-	0.32	-	-

17. Ah	16.7	49.9	3.11	0.264	12.89	7.27	1.31	0.38	4.8	0.37
Ba1	15.6	47.9	1.86	0.188	14.00	7.66	1.32	0.13	6.6	0.44
Ba2	15.4	54.0	0.89	0.149	11.56	5.86	1.16	0.09	6.8	0.41
C	9.0	53.8	0.64	0.110	8.22	4.38	0.87	0.07	6.8	0.45
19. Ah	9.1	65.1	1.86	0.177	8.00	4.61	1.41	0.36	6.8	0.28
Ba	18.9	41.8	0.43	0.084	11.33	7.33	1.11	0.06	6.6	0.17
C	22.3	47.8	0.59	0.090	10.44	9.66	2.17	0.04	6.6	0.22
21. Ah	9.9	63.0	3.15	0.164	12.22	3.57	1.12	0.16	5.9	0.17
A2	9.1	40.2	1.26	0.124	9.55	1.68	0.59	0.13	5.5	0.11
C	7.2	58.6	0.98	0.058	6.67	1.05	0.42	0.02	5.3	0.12
22. Ah	8.3	70.0	2.07	0.125	9.34	4.53	4.22	0.19	6.8	0.31
Ba1	14.2	43.7	1.01	0.092	9.56	3.81	3.67	0.08	7.1	0.42
Ba2	25.7	55.2	0.66	0.023	12.89	3.70	9.03	0.08	7.2	0.43
23. A	17.9	42.8	1.22	0.156	9.78	5.41	1.05	0.15	7.7	0.34
2C	21.1	41.9	0.27	0.051	8.00	5.41	0.98	0.00	8.1	0.14
24. A	21.9	46.5	1.96	0.178	13.78	5.41	1.05	0.40	7.6	0.35
Cl	28.5	35.7	1.52	0.158	18.00	5.41	0.84	0.27	7.7	0.46
C2	29.9	32.0	1.50	0.154	20.22	5.41	0.98	0.24	7.6	0.45
C3	29.6	36.5	0.50	0.066	14.00	5.41	0.91	0.22	7.8	0.50
25. A	20.2	44.9	1.82	0.135	10.67	5.41	0.91	0.02	7.7	0.43
2C1	10.7	55.1	0.58	0.074	5.78	5.41	0.49	0.02	7.9	0.09
26. Ah	22.4	25.4	1.94	0.156	13.11	5.41	0.91	0.22	7.6	0.35
28. Ah	10.1	64.6	1.65	0.104	7.51	4.20	1.54	0.16	6.6	0.30
C	17.7	52.8	0.61	0.067	7.35	3.15	2.38	0.15	6.7	0.39
B1b	34.1	32.7	0.17	0.035	10.00	4.03	3.69	0.03	6.8	0.48
B1c	20.5	44.4	0.26	0.074	7.10	2.14	3.10	0.00	6.7	0.46
Cl	11.4	49.9	0.16	0.007	6.90	1.60	2.30	0.00	6.7	0.54
32. Ah	10.0	59.0	2.65	0.256	10.25	4.56	0.94	0.42	6.0	0.30
Ba	21.6	52.0	1.48	0.106	8.23	4.28	0.80	0.26	6.6	0.36
C	16.5	45.4	0.82	0.099	7.18	3.49	0.74	0.10	6.3	0.45
B-b	32.3	38.6	0.35	0.049	8.07	3.90	1.08	0.12	6.1	0.52
Cb	14.7	51.7	0.24	0.046	4.45	2.14	0.68	0.02	6.2	0.67
44. Ah	8.1	76.3	2.78	0.154	4.50	1.62	1.31	0.42	6.6	0.33
Ac	8.8	42.3	1.51	0.129	7.69	0.91	0.17	0.09	5.5	0.33
C	15.5	54.9	0.56	0.068	5.64	0.61	0.36	0.04	5.4	0.36
45. Ah	14.6	48.7	4.39	0.221	12.24	4.99	1.13	0.49	6.6	0.39
Ba	18.9	39.8	2.13	0.157	11.76	4.99	1.13	0.49	6.3	0.52
46. Ah	12.8	65.5	3.84	0.235	14.22	7.70	5.92	0.19	6.7	0.35
Ba	18.5	57.6	1.92	0.161	12.45	5.10	7.15	0.13	6.9	0.42
52. Ah	11.2	62.8	4.48	0.295	11.45	1.51	0.55	0.16	4.7	0.26
Ba	11.2	57.4	1.39	0.152	7.69	1.70	0.22	0.08	5.0	0.27
C	10.2	46.3	0.79	0.107	4.96	1.10	0.17	0.00	5.3	0.27
53. Ah	10.9	59.1	3.04	0.292	13.65	2.94	1.45	0.21	5.4	0.52
Ba1	9.6	61.7	1.57	0.201	8.05	1.47	0.92	0.05	5.8	0.54
Ba2	8.0	64.0	0.95	0.156	6.65	1.05	0.53	0.02	5.7	0.46
C	10.0	60.2	0.99	0.190	7.70	0.84	0.33	0.02	5.5	0.66
54. A	11.6	66.7	0.61	0.066	9.81	8.78	2.70	0.02	6.3	0.26
57. Ah	20.6	53.2	2.37	0.202	13.85	11.64	0.51	0.36	7.3	0.47
Ba	27.5	42.7	0.68	0.062	10.12	8.98	0.31	0.07	7.6	0.38
58. Ah	12.1	58.8	4.52	0.344	20.39	13.27	2.75	0.26	6.7	0.38
Cl	11.9	54.7	1.54	0.178	11.36	8.37	2.19	0.27	7.5	0.35
62. Ah a1	30.9	7.0	16.16	0.635	24.12	3.06	0.81	0.42	5.0	0.24
Aha2	29.5	7.4	24.85	0.351	16.34	1.22	0.41	0.07	5.2	0.36
Ba	20.4	20.5	1.28	0.150	9.18	1.02	0.40	0.00	5.3	0.49
Bc	27.1	12.9	1.37	0.151	10.38	1.02	0.36	0.06	5.4	0.47
Cb	15.8	27.2	0.80	0.107	6.85	0.87	0.35	0.00	5.5	0.37
68. Ah	11.9	57.7	2.73	0.224	10.51	1.12	0.26	0.10	5.2	0.39
Ba	11.3	61.8	1.64	0.133	7.35	0.17	0.03	0.04	5.0	0.41
C	9.5	66.0	1.34	0.124	6.10	0.21	0.07	0.25	5.2	0.35

más patente que la del 53) y más densa sea la vegetación de prado que se asiente sobre el suelo hidromorfo (horizontes Ahg del perfil 67).

En el grupo D, la mayor diversidad de factores que intervienen en la formación de los suelos que conforman, hace que sus muestras sean más heterogéneas, pudiéndose distinguir hasta cinco subgrupos: el subgrupo B1, en el que se encuadran los horizontes de los suelos desarrollados sobre material carbonatado, a excepción del perfil 57 caracterizado por una mayor evolución (Cambisol crómico). El subgrupo B2, que engloba a los horizontes de los suelos desarrollados sobre material ultrabásico. El subgrupo B3, constituido por los dos únicos horizontes argillicos y, finalmente, los subgrupos B4 y B5 que reúnen a los horizontes de los suelos desarrollados sobre material ácido en los pisos meso y supramediterráneo; en el B4 se encuadran los horizontes subsuperficiales (hor. B,C) y los superficiales (hor. A) de los suelos menos evolucionados, y en el B5 se incluyen los horizontes A de los suelos más evolucionados que muestran un horizonte cámbico con características perfectamente desarrolladas..

De acuerdo con estos resultados, el mayor grado de similitud se da en suelos desarrollados bajo la misma roca y el mismo clima. En estas condiciones, la variabilidad viene marcada por la propia evolución del suelo, que da lugar a los horizontes A-B-C, y, en mayor medida, por la actuación de determinados procesos actuales, como la hidromorfia, o relictos, como la iluviación.

Dentro de la diferenciación inducida por la propia evolución del suelo, ésta parece ser menor en el piso oromediterráneo que en el meso y supramediterráneo, lógico si tenemos en cuenta las restricciones que, en este proceso, imponen las frías temperaturas invernales y fuerte desecación estival de las altas cotas del macizo.

Las mayores diferenciaciones que se producen en las características de los suelos tienen lugar cuando se dan cambios drásticos en el clima o en la naturaleza del material sobre el que se forman, aunque, cuantitativamente, no siguen un comportamiento fijo y depende de la naturaleza del cambio.

A igualdad de clima, en el piso oromediterráneo las características de los suelos son muy diferentes en función de la naturaleza del material original, ácido o ultrabásico (subgrupos A2 y B2); lo mismo ocurre en el piso mesomediterráneo entre el material carbonatado y ácido (subgrupos B1 y B4), aunque en este caso las diferencias son menos patentes o, lo que es lo mismo, el grado de similitud mayor. Si comparamos la variabilidad impuesta por el clima manteniendo constante la roca, en el caso de suelos desarrollados sobre material ácido, es máxima entre los pisos meso

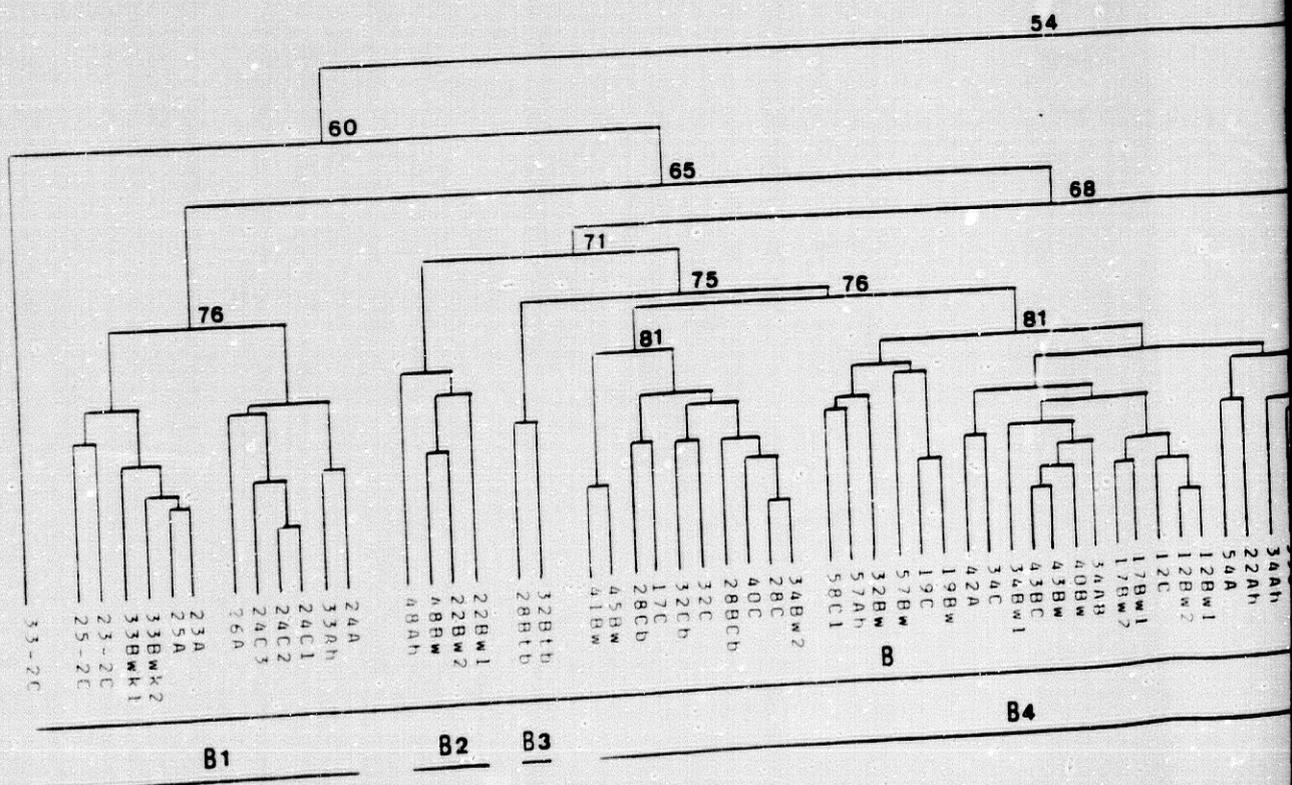
- supramediterráneo y oromediterráneo (subgrupos B4-B5 y A2) y menor entre los pisos meso y supramediterráneo (subgrupos B4 y B5). Cuando varían ambos factores, las diferencias o bien son máximas (subgrupos B1, material calizo y piso mesomediterráneo, y A2, material ácido y piso oromediterráneo) o bien tienden a reducirse (subgrupos B2, material ultrabásico en piso oromediterráneo, y B4, material ácido en pisos meso y supramediterráneo).

Por lo tanto, clima y material original son dos de los factores que principalmente intervienen en la variabilidad de los suelos de nuestra zona, pero no podemos afirmar que el efecto de uno supere al del otro o viceversa, dependiendo dicha diversificación de la naturaleza del cambio introducido en cada uno de estos factores. Les siguen la existencia de determinados procesos intrazonales, como la hidromorfia, la presencia de rasgos o caracteres heredados de antiguos procesos no vigentes en la actualidad, como la iluviación, y, en menor medida, las variaciones impuestas por los procesos zonales que actualmente intervienen en la evolución de los suelos, como son la meteorización física y química y la acumulación y transformación de materiales orgánicos que, a su vez, vienen condicionados por la actuación de factores como relieve, orientación, etc., y pueden ser modificados por la actuación antrópica.

Siguiendo este esquema diferenciador, en el área de estudio podremos realizar una sectorización progresiva desde sectores generales y por tanto con mayor variabilidad interna, a sectores cada vez más concretos, en los que dicha variabilidad se reduce, hasta llegar a unidades más o menos homogéneas en las que la diversidad de factores sea mínima. Indiscutiblemente, si tenemos en cuenta que en el desarrollo del suelo intervienen los mismos factores que lo hacen en el sistema de relaciones ecológicas que caracteriza cada tipo de paisaje, esta sectorización implica al mismo tiempo la división del territorio en sistemas ecológicos cada vez más definidos y en paisajes cada vez más uniformes. El nivel de sectorización alcanzado estará siempre en función de la escala de trabajo y vendrá condicionado por las propias limitaciones de la cartografía.

Este modelo, que parte de lo general para llegar a lo concreto, es el que vamos a seguir en la redacción de la presente memoria ya que, desde nuestro punto de vista, es el más idóneo a la hora de exponer los resultados, pues está basado en un desarrollo secuencial que permite sacar conclusiones en cada nivel del mismo. No obstante, hay que tener en cuenta que, para llegar a él, hemos tenido que partir de un conocimiento exhaustivo del territorio, de forma que la metodología seguida en el desarrollo de la investigación y en la exposición de los resultados es inversa; en la primera ha sido preciso llegar a un conocimiento detallado del área para poder extraer las conclusiones generales y, en la

Fig. 6.1 • DENDROGRAMA DE SIMILARIDADES POR DISTANCIA



segunda, partimos de dichas generalidades e intentamos explicar, a la luz siempre de los conocimientos aportados por nuestra investigación, cómo se ha ido concretando su diversificación.

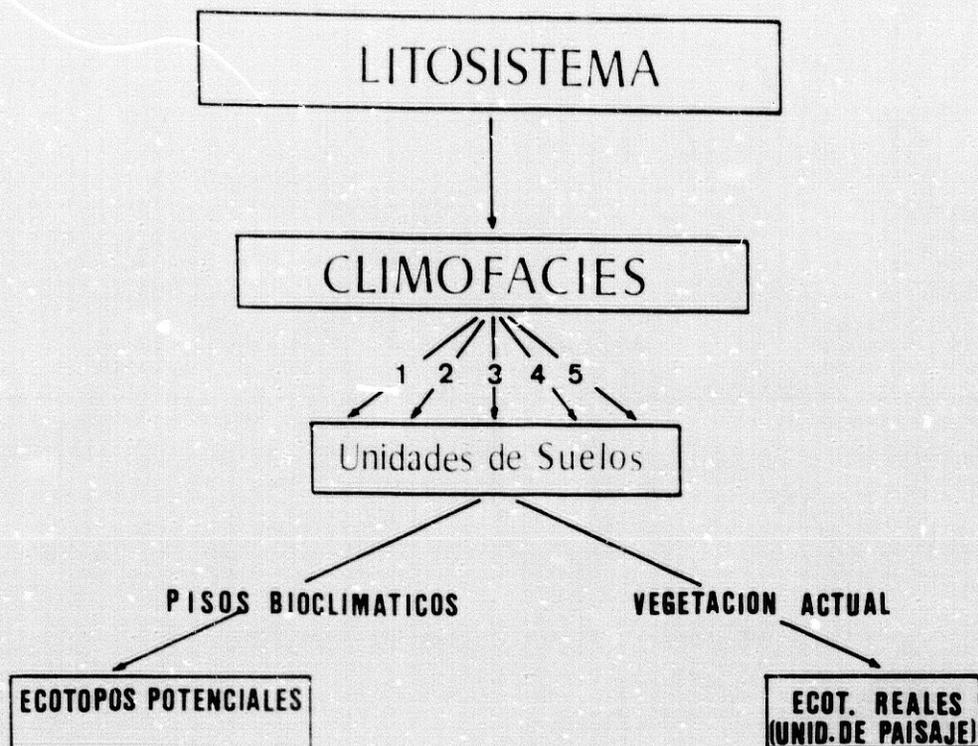
Siguiendo este esquema, en primer lugar, dividiremos el paisaje de Aldeire en base al factor que más influencia tenga en su diversificación; las unidades así obtenidas se seguirán subdividiendo en función de la actuación del segundo factor en importancia diversificadora y así sucesivamente, hasta dividir el territorio en unidades relativamente homogéneas, en las que la actuación de los distintos factores formadores se puede considerar constante en todo su ámbito.

No obstante, el primer problema que nos encontramos en este desarrollo, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de similitudes, es determinar cuál de los factores, material original o clima, hay que considerar en primer lugar.

En nuestro caso particular, atendiendo fundamentalmente a la escasa evolución que presenta la casi generalidad de los suelos estudiados, que hace que sus propiedades estén íntimamente relacionadas con la del material de partida, hemos situado a éste como primer factor diferenciador; de hecho, los suelos relictos más evolucionados, como el perfil 57, desarrollado sobre mármoles y los horizontes Bt de los perfiles 28 y 32, escapan, en cierta medida, a la dinámica impuesta por la roca en las actuales condiciones climáticas. En otros casos, cuando la variabilidad climática imponga características más diferenciadoras que la diversidad del material original, será el clima el primer factor diferenciador.

De acuerdo con este orden de prioridades, en primer lugar, dividiremos el territorio en base a los tipos fundamentales de material original. La superficie ocupada por cada tipo de material se subdividirá, a su vez, en función de la diversidad climática siempre que imponga en los suelos características claramente diferenciadoras, con lo que obtendremos macrounidades caracterizadas por un material original y un clima determinado. Por último, cada macrounidad se seguirá subdividiendo en base al relieve, microclima, existencia en los suelos de caracteres relictos, actividad antrópica, etc., con lo que obtendremos un mosaico de unidades caracterizadas, cada una de ellas, por unos factores y unos procesos específicos que han dado lugar a unos suelos y vegetación determinados.

Un esquema general de este tipo de sectorización lo podemos ver representado en la fig. 6.2.



- 1) Procesos zonales
- 2) Procesos azonales
- 3) Procesos intrazonales
- 4) Caracteres relictos
- 5) Actuación antrópica

Fig. 6.2.- ESQUEMA DE SECTORIALIZACION SECUENCIAL DEL PAISAJE.

Los LITOSISTEMAS vienen definidos por un determinado material original, que constituye el soporte físico sobre el que tiene lugar la génesis y evolución del paisaje e imprime al suelo caracteres claramente diferenciadores del resto de materiales existentes en la zona.

Las CLIMOFACIES serían las variaciones edáficas que se producen en un determinado litosistema atribuibles a cambios climáticos; es decir, que la climofacies vendrá definida por un material original y un clima determinados de cuya interacción surgen unos suelos característicos y diferenciables de los originados en áreas próximas en las que varía alguno de estos dos factores (por ej. rocas ácidas en los pisos supra y oromediterráneo). Esto es lógico, ya que la variación del clima, dentro de un mismo litosistema, determinará variaciones tanto en los procesos físico-químicos como en los organobiológicos y por tanto en la dinámica general del sistema.

Las UNIDADES DE SUELOS representan la diversidad de suelos dentro de una climofacies, que puede ser atribuida a causas muy diversas, como: procesos zonales (que determinarían los suelos de máxima evolución que cabe esperar dentro de la climofacies, de acuerdo con las características de las superficies sobre las que se desarrollan); azonales (suelos que no han alcanzado la máxima evolución por procesos de erosión o deposición más o menos intensos); intrazonales (unidades de suelos determinadas a partir de la actuación de un proceso intrazonal, como la hidromorfía); caracteres relictos (suelos que guardan características heredadas de una etapa edafogenética distinta de la actual); actuación antrópica, unidades de suelos que han visto truncada su evolución por las actuaciones humanas como cultivos y repoblaciones. Indiscutiblemente, la formación de los suelos de una determinada unidad puede responder a una o varias de las causas anteriormente mencionadas.

Sobre estas unidades de suelos, en función de sus propiedades, se implanta una determinada vegetación, cuyo conjunto da lugar a las UNIDADES DE PAISAJE. No obstante, no existe una perfecta concurrencia entre las características cuali y cuantitativas utilizadas en la taxonomía de los suelos y la vegetación que soportan, por lo que una vegetación típica de un determinado suelo puede invadir ocasionalmente otros suelos taxonómicamente diferentes y, por el contrario, un determinado suelo puede ser colonizado por dos vegetaciones distintas; de ahí que una misma unidad de suelos pueda presentar vegetaciones diferentes y una misma vegetación pueda invadir dos unidades de suelos distintas. Consecuencia de esto y como ya comentáramos en capítulos anteriores, la subdivisión cartográfica del territorio hasta los niveles de rango inferior (unidad de paisaje), a la escala de trabajo utilizada, supondría una gran complejidad a y no contribuiría a enriquecer la información cartográfica sino que, por el contrario, la complicaría. Es por esto que, en la cartografía que acompaña a la presente memoria, hemos sobreimpuesto a las unidades edáficas los pisos bioclimáticos que caracterizan al territorio estudiado obteniendo de esta forma una cartografía de ECOTOPOS POTENCIALES que, tal y como los definen IBÁÑEZ (1986) e IBÁÑEZ ET AL (1987), serían unidades geográficas ecológicamente homogéneas y que por ello poseen un único tipo de vegetación potencial. En la fig. 6.3, se puede ver, a grandes rasgos, un esquema de este tipo de sectorialización aplicado al área de estudio y en ella aparecen representados además de los Litosistemas y Climofacies, algunos de los posibles rasgos o condicionamientos responsables de la génesis de las diferentes Unidades de Paisaje.

En el capítulo siguiente pasamos a exponer las características de los suelos, impuestas por cada nivel de diferenciación hasta llegar a las unidades más simples que, como decíamos, vendrán condicionadas por la escala de trabajo.

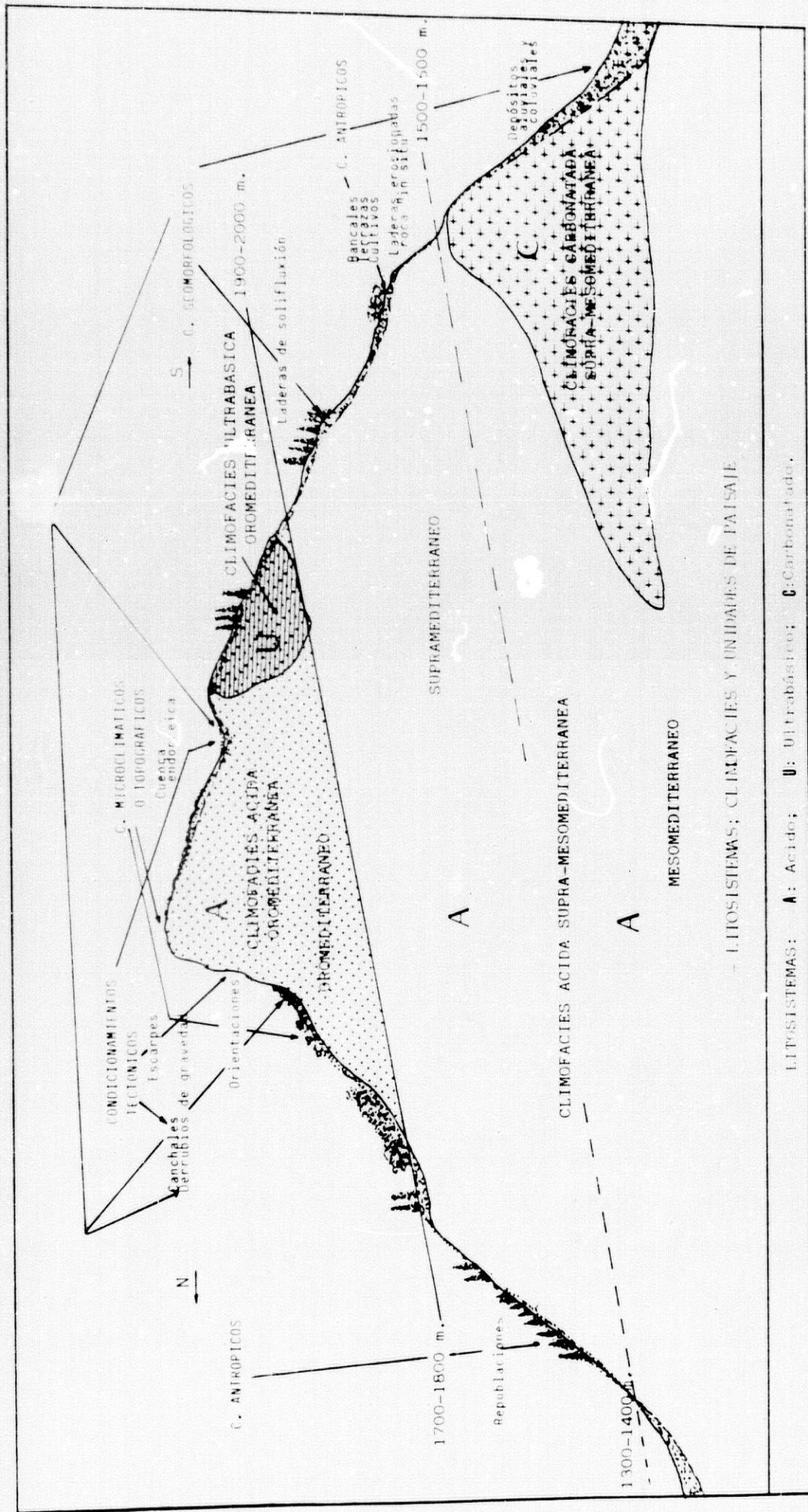


Fig. 6.3.- ESQUEMA DE SECTORIALIZACION EN EL AREA ESTUDIADA

7. ANALISIS SECUENCIAL
DEL
AREA DE ESTUDIO.

***NOTA:**

EN TODOS LOS GRAFICOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DEL PRESENTE CAPITULO, LA NOMENCLATURA EMPLEADA PARA REPRESENTAR EN EL EJE DE ORDENADAS LOS DISTINTOS PARAMETROS ANALIZADOS ES LA SIGUIENTE:

HORIZONTES: 1= A 2= Bw 3= Bt 4= Bg 5= C.

MATERIAL ORIGINAL: 1= SILICEO 2= CARBONATADO 3= ULTRABASICO.

PISO BIOCLIMATICO: 1= MESOMEDITERRANEO 2= SUPRAMEDITERRANEO 3= OROMEDITERRANEO.

LITOSISTEMAS: DIVERSIFICACION POR EL MATERIAL ORIGINAL.

Tal y como ya hemos mencionado, el litosistema constituye, en nuestro estudio, el primer nivel de diversificación y está basado en la influencia que tiene el material original en la diferenciación de los suelos.

De acuerdo con los resultados del dendrograma (fig.6.1), hemos establecido tres litosistemas diferentes: ácido, ultrabásico y carbonatado. El LITOSISTEMA ACIDO se desarrolla sobre los distintos tipos de micasquitos y cuarcitas presentes en el área de estudio (pertenecientes a los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride), es el más ampliamente representado y ocupa unas 50.985 Has., lo que representa el 93% del total de la zona; el LITOSISTEMA ULTRABASICO se desarrolla sobre las peridotitas y ortoserpentinitas que afloran en el Cerro del Almirez, ocupan una extensión muy pequeña, aproximadamente 274 Has., que representa el 0,5% del total de la zona estudiada; el LITOSISTEMA CARBONATADO, como su nombre indica, se desarrolla sobre materiales carbonatados del Complejo Alpujárride, como calizas, dolomías, mármoles e incluso filitas, ocupa una extensión de 3.563 Has y representa el 6,5% del total de la superficie de estudio. La distribución y localización de estos litosistemas, en el área de estudio, se puede ver en el mapa de la fig. 7.1.

En cada uno de estos litosistemas, los suelos van a presentar unas características que estarán directamente relacionadas con la naturaleza del material original; no obstante, dado que los factores formadores actúan conjuntamente, es difícil distinguir que características del suelo responden a la actuación de un determinado factor, ya que ésta vendrá condicionada por la actuación de los demás.

Por lo tanto, en esta primera fase del análisis territorial, intentaremos dar una idea general acerca de las características de los suelos del conjunto de la zona de estudio y la variabilidad impuesta por la actuación del material original, aunque sin descartar aquellos casos en que, para explicar dicha variabilidad, tengamos que recurrir a parámetros diferentes del material, como puede ser, entre otros, el estado evolutivo del suelo.

En general, los suelos de Aldeire se encuadran dentro de los siguientes grupos: Leptosoles, Regosoles, Cambisoles, Phaeozems, Luvisoles, Alisoles, Gleysoles, Fluvisoles y Antrosoles (FAO, 1985) o bien dentro de los Ordenes Entisoles, Inceptisoles, Mollisoles y Alfisoles (USDA, 1975), siendo los horizontes de diagnóstico más representativos el Móllico, Umbrico, Cábico, Argillico y, por supuesto, el Ocrico.

En general, presentan una textura gruesa, encuadrándose la mayoría de las muestras analizadas en las clases franco-arenosa y arenosa-franca. El contenido en arcilla, si bien se mueve entre límites muy amplios (fig. 7.2), es escaso y casi el 64% de las muestras no superan el 15%; mientras que la arena (fig. 7.3) oscila entre el 7 y el 78% y más del 70% de las muestras superan el 50%.

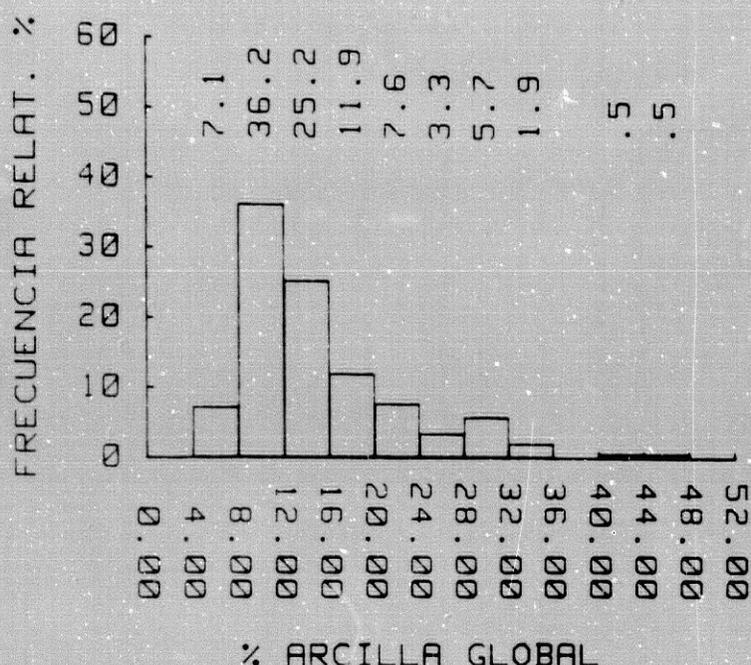
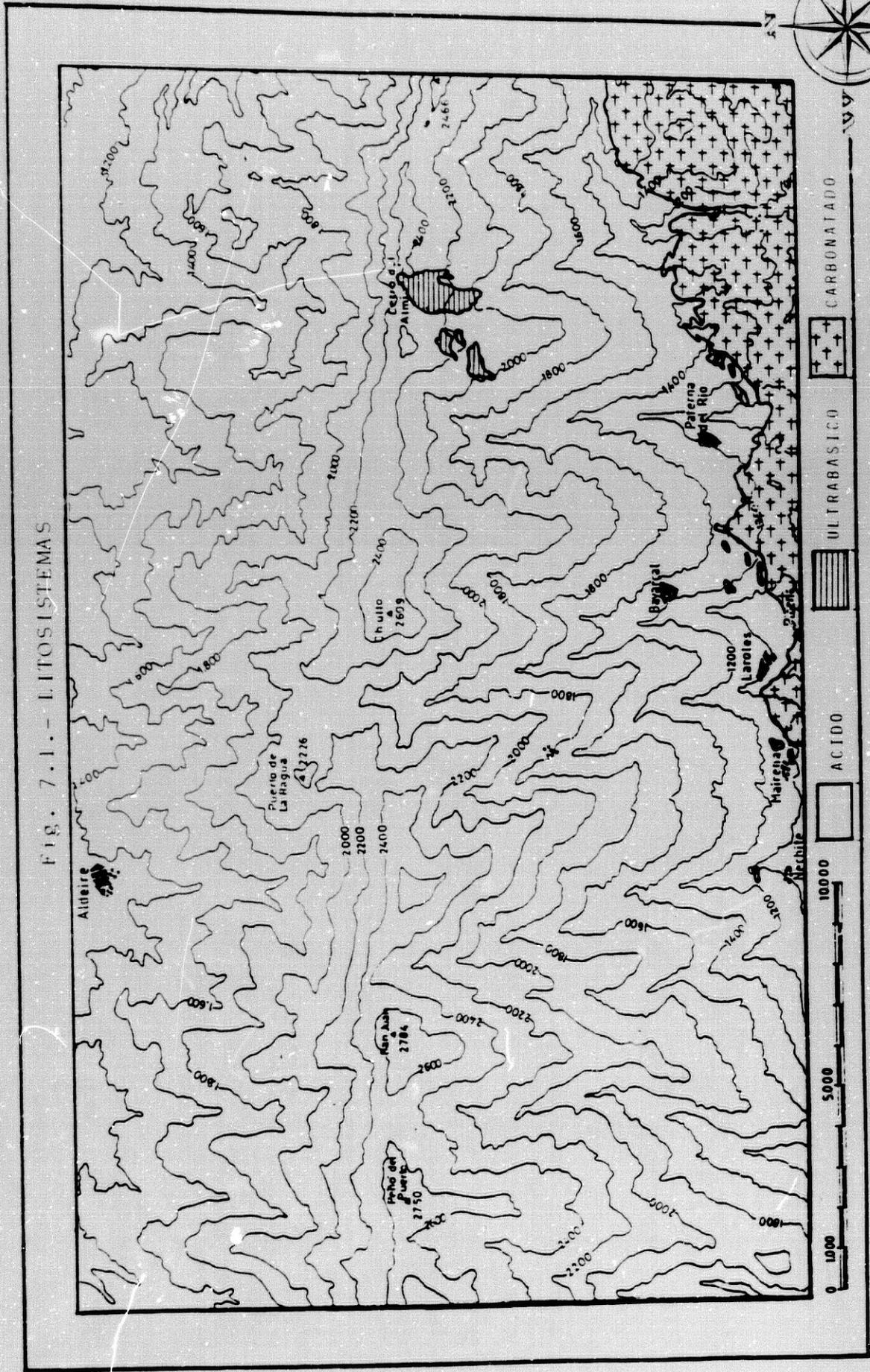


Fig. 7.2.- Distribución global de la arcilla.

La naturaleza del material original y el tipo de horizonte parecen ser los parámetros que más influyen en la textura de los suelos, de forma que son los materiales carbonatados los que dan lugar a los mayores contenidos medios en arcilla, seguidos de los materiales ácidos y ultrabásicos respectivamente (fig.7.4), aunque el mayor rango lo presentan los materiales ácidos que, por otra parte, son sobre los que se han analizado un mayor número de muestras. La arena sigue un comportamiento opuesto al de la arcilla, como se puede comprobar en la fig. 7.5.

Con respecto al tipo de horizonte, en general, los horizontes A son los que presentan los menores contenidos medios de arcilla y máximos de arena (fig. 7.6-7.7); a escasa distancia les siguen los horizontes C, Bw y Bg, todos ellos con contenidos medios en arcilla muy próximos entre sí y con una mayor dispersión con respecto al contenido en arena. Un caso especial lo constituyen los horizontes Bt, localizados todos ellos sobre material ácido, que, por su propia génesis, son los que muestran las texturas más finas, con un contenido medio en arcilla del 34%.

FIG. 7.1. - LITOSISTEMAS



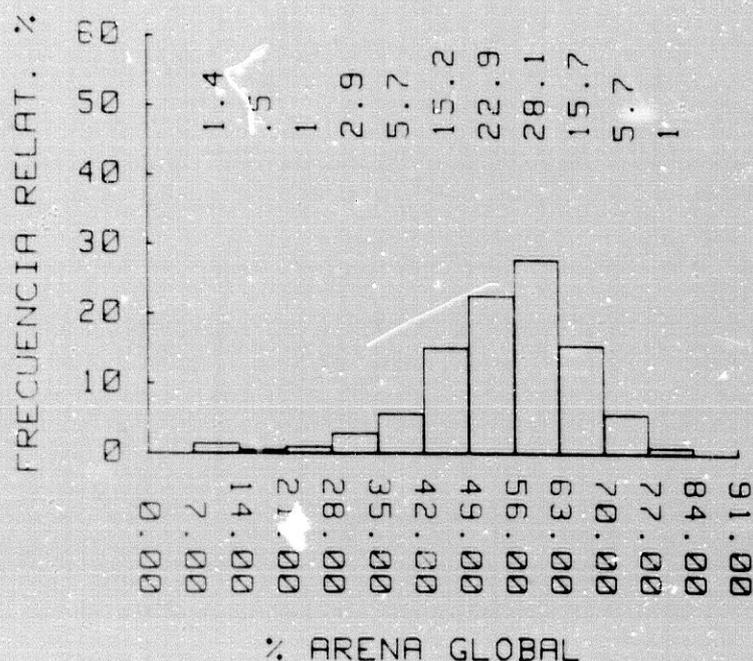


Fig. 7.3.- Distribución global de la arena.

Una característica que podemos extraer del análisis textural de los distintos horizontes es el menor rango en el que se mueven los contenidos de arcilla y arena en los hor. Bw, en comparación con los C, y que parece indicar que el proceso de alteración tiende a uniformizar la textura de los suelos. En el caso de aceptar esta tendencia general, en los hor. A, en los que la alteración debe ser, al menos, comparable a la de los hor. B, habría que esperar el mismo comportamiento; no obstante, en la realidad su variación textural es comparable en el caso de la arcilla, o incluso superior, en el caso de la arena, a la de los horizontes C, lo que hay que atribuir al proceso de erosión que afecta particularmente a los horizontes superficiales y que, por otra parte, muestra una intensidad muy variable a lo largo y ancho de la zona de estudio.

En cuanto al componente orgánico, dado que tiende a acumularse en los horizontes superficiales por el aporte aéreo o subterráneo de la cubierta vegetal, es lógico que en la mayoría de los casos decrezca con la profundidad del perfil, presentando los máximos en los hor. A (fig. 7.9), teniendo siempre presente las excepciones que se puedan producir a consecuencia de enterramientos o discontinuidades.

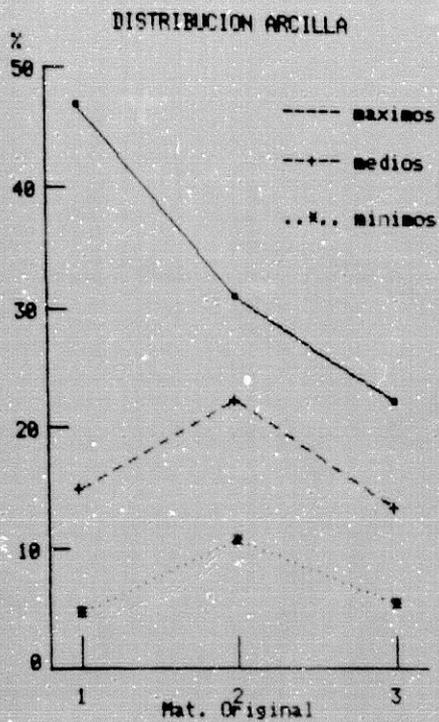


Fig. 7.4.- Distribución del contenido en arcilla en función a la naturaleza del material original

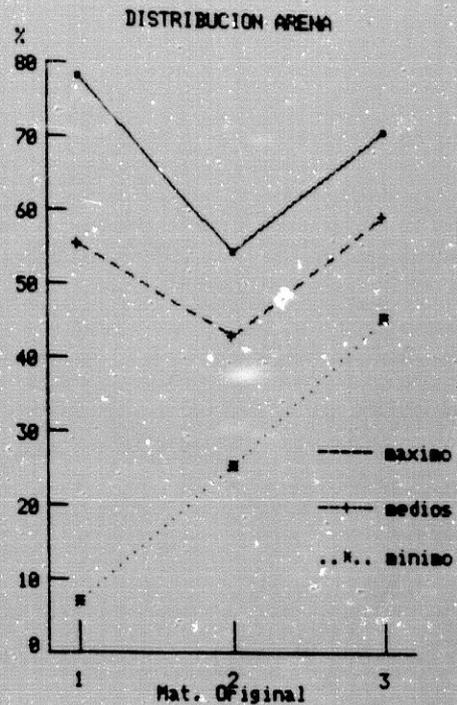


Fig. 7.5.- Distribución de la arena en función a la naturaleza del material original.

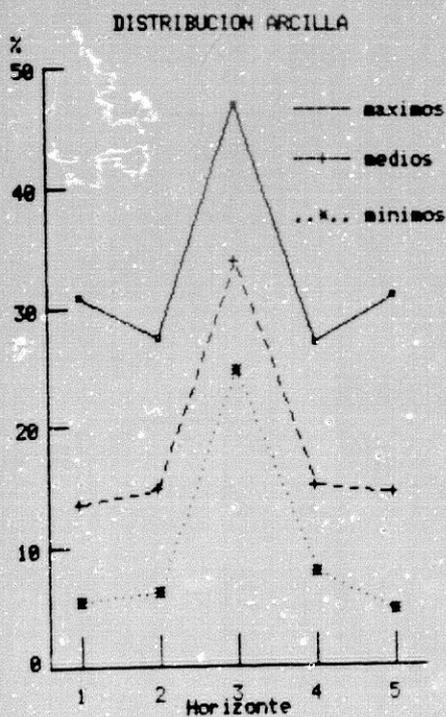


Fig.7.6- Distribución del contenido en arcilla en función del tipo de horizonte

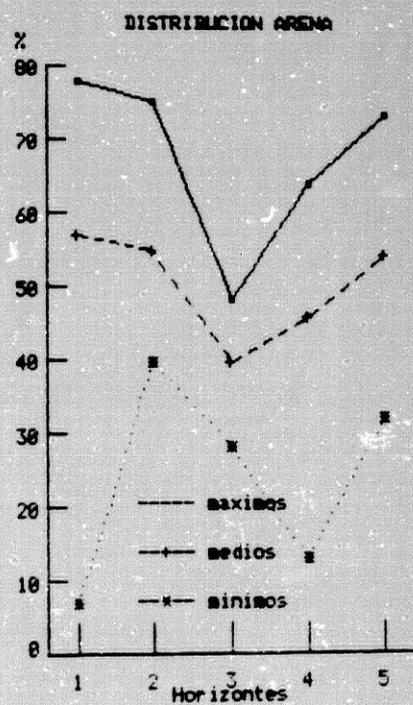


Fig.7.7- Distribución del contenido en arena en función del tipo de horizonte.

La variabilidad en el contenido de carbono orgánico, referida únicamente a los hor. A, es relativamente grande y oscila entre 0,61 y 8,79%, aunque más del 50% de las muestras presentan valores comprendidos entre 1,6 y 3,2% (fig.7.8). Los contenidos inferiores a 1,6% se concentran en las zonas más degradadas del piso mesomediterráneo, mientras que los valores superiores al 7% se restringen, fundamentalmente, a las áreas afectadas por hidromorfía y colonizadas por prados de enraizamiento muy denso.

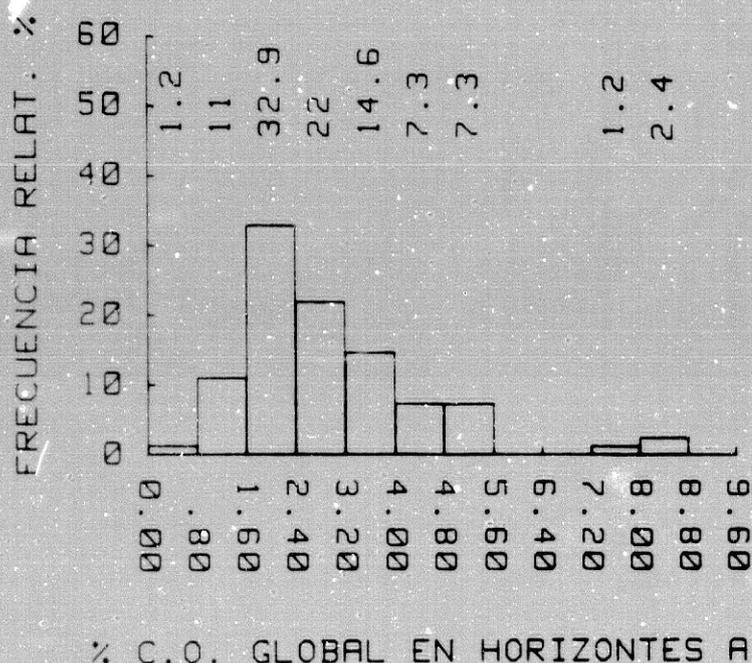


Fig.7.8.- Distribución global de los valores de carbono orgánico en los horizontes A.

La influencia que la naturaleza del material original tiene en la acumulación y características de este componente orgánico es difícil de determinar, ya que depende tanto de la velocidad de aporte de restos orgánicos como de la velocidad de descomposición y mineralización de los mismos; por lo que, en cada material dependerá de las características del suelo que se forme y de las condiciones climáticas, y éstas no varían por igual en todos los materiales. No obstante, y siempre dentro de los límites de un análisis globalizado, hemos estimado los contenidos máximos, mínimos y medios de carbono orgánico en los horizontes A de los suelos desarrollados sobre los distintos materiales (fig. 7.10) y se pone de manifiesto que tanto el rango como el contenido medio disminuye en el sentido de materiales ácidos, ultrabásicos y carbonatados.

La disminución de la temperatura invernal y fuerte desecación estival que presentan los suelos de Sierra Nevada conforme se asciende en altitud, justifica que sea sobre materiales ácidos donde se da el rango más amplio respecto al contenido en carbono orgánico, ya que en ellos se dan las mayores variaciones altitudinales; no obstante, no justifica que su contenido medio sea superior al del material ultrabásico, que se restringe al piso oromediterráneo. Para explicar este hecho hay que recurrir a otros factores, como son las propiedades químicas y químico-físicas de los suelos, en especial pH, grado de saturación y contenido en nutrientes, que son más elevados en los suelos desarrollados sobre material ultrabásico y condicionan una mayor velocidad en el proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica.

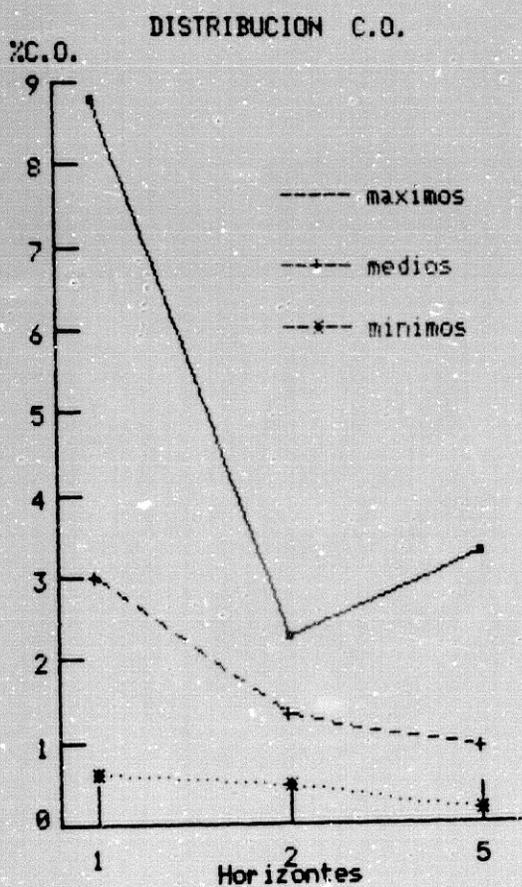


Fig.7.9.- Distribución del C.O. en función del tipo de horizonte

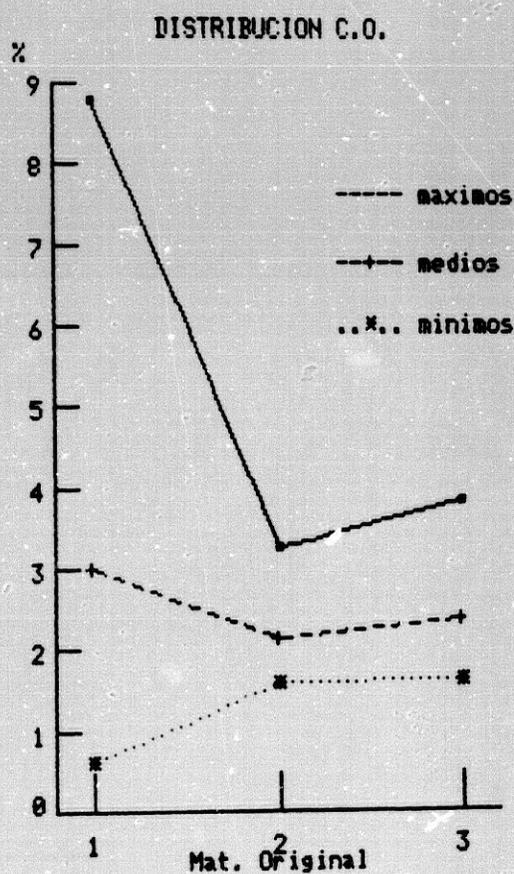


Fig.7.10.- Distribución del C.O. en hor. A en función del material original.

En el caso de los suelos desarrollados sobre material carbonatado, su restricción al piso mesomediterráneo, pH neutro o básico y riqueza en nutrientes justifican sus bajos contenidos medios en Carbono orgánico, que son los menores de todos los estudiados.

El comportamiento del nitrógeno es semejante al del carbono orgánico (fig.7.11), excepto en el material ultrabásico que es donde se dan los valores más bajos y, de ahí, su elevada relación C/N (fig.7.12). Estos valores están en contradicción con el buen grado de descomposición y mineralización de la materia orgánica que anteriormente atribuimos a los suelos desarrollados sobre material ultrabásico, por lo que la explicación podría estar en una intensificación de las pérdidas de nitrógeno, mediante volatilización o lavado.

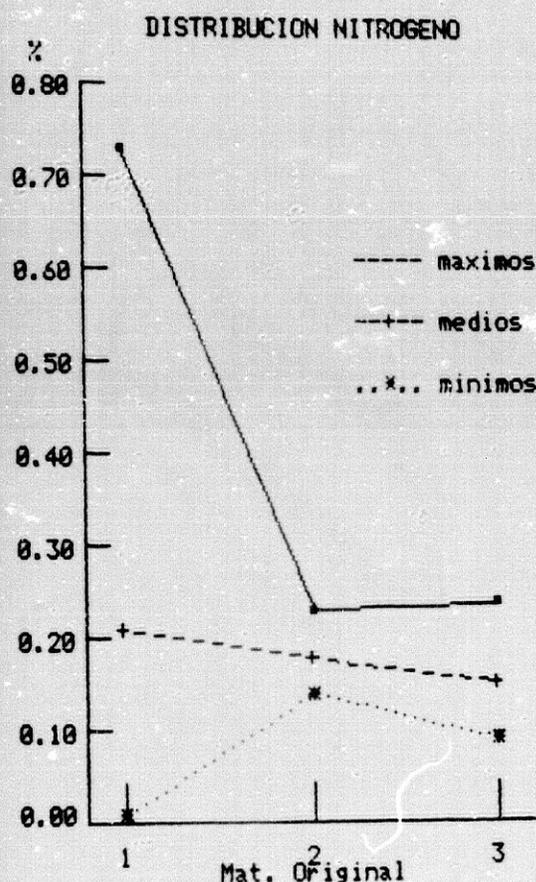


Fig.7.11.- Distribución del nitrógeno en hor. A en función al material original.

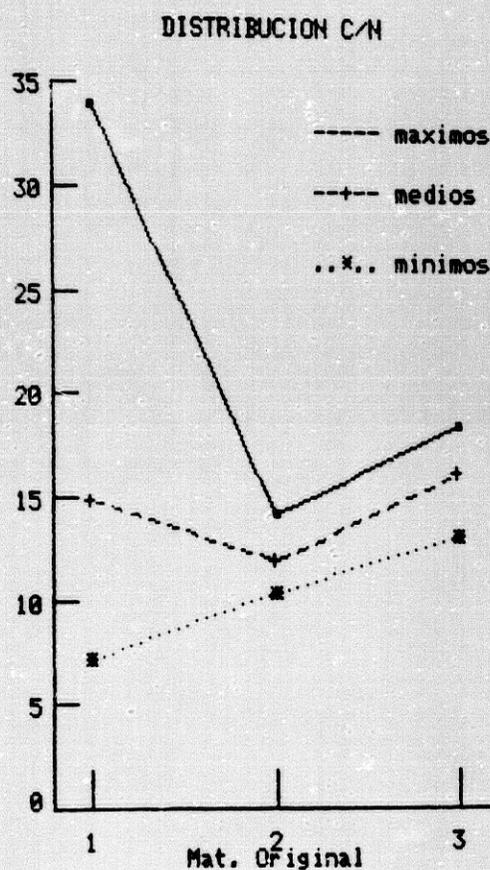


Fig.7.12.- Distribución de los valores de C/N en hor. A en función del material original.

Con respecto al complejo de cambio, dentro de él distinguiremos entre capacidad de cambio, bases de cambio y grado de saturación.

La capacidad de cambio es un parámetro que está relacionado, fundamentalmente, con la cantidad y calidad de la materia orgánica y con las fracciones más finas del suelo, en especial la arcilla. Los valores de los suelos estudiados por nosotros se sitúan entre 3 y 30 meq/100 g, aunque más del 65% de las muestras se en-

cuentran entre 6 y 12 meq/100 g. (fig.7.13). Al igual que ocurría con los parámetros anteriormente estudiados, los suelos desarrollados sobre material ácido son los que presentan un mayor rango respecto a los valores de capacidad de cambio, lo que siempre es atribuible a la mayor variabilidad que en estos materiales, tiene la actuación de los demás factores formadores, en especial clima y vegetación; le siguen el material carbonatado, en el que, si bien hay uniformidad climática, su naturaleza es muy variada (calizas, dolomías, mármoles y filitas) y, por último, el material ultrabásico en el que se presenta una uniformidad de roca y clima (fig.7.14).

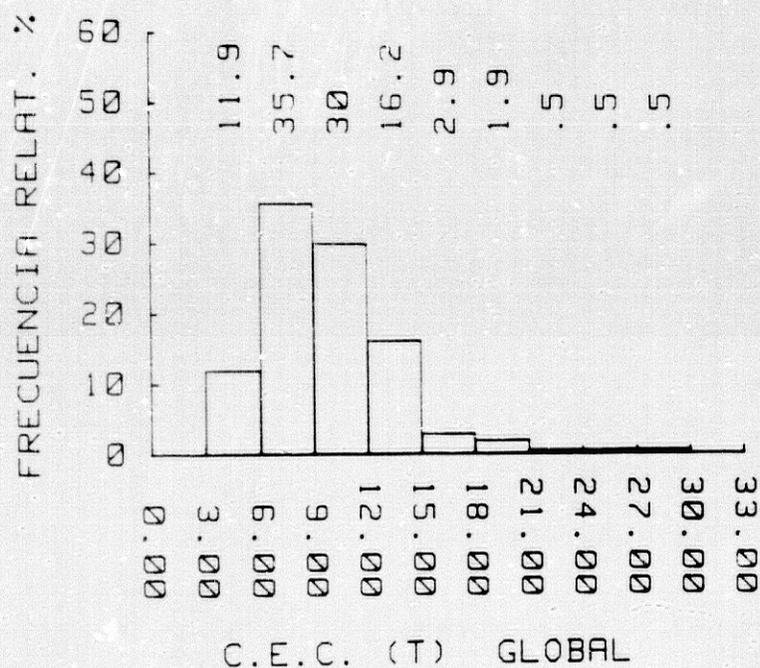


Fig.7.13.- Distribución global de los valores de capacidad de cambio catiónico (T).

Con respecto al valor medio, es superior en el caso de los materiales carbonatados (14,22 meq/100 g), debido fundamentalmente a sus mayores contenidos en arcilla, ya que, por otra parte, son los más pobres en materia orgánica; a distancia le siguen los materiales ultrabásicos y silíceos con pequeñas diferencias entre ellos, 9,77 y 9,58 respectivamente. Puede extrañar el que los materiales ultrabásicos, con menores contenidos en arcilla y materia orgánica que los ácidos, presenten mayores valores de capacidad de cambio; no obstante, hay que tener en cuenta la presencia de esmectitas en los horizontes cámbicos de sus suelos que tenderían a elevar este parámetro (GARCIA ET AL., 1987).

En cuanto a la naturaleza de los horizontes, los A son los que muestran los valores medios más elevados, debido a sus altos contenidos en materia orgánica. Le siguen los horizontes Bt, pobres en materia orgánica pero muy ricos en arcilla; horizontes Bw y, finalmente, los horizontes C en los que se dan los valores medios más bajos de arcilla y, sobre todo, de materia orgánica (fig.7.15).

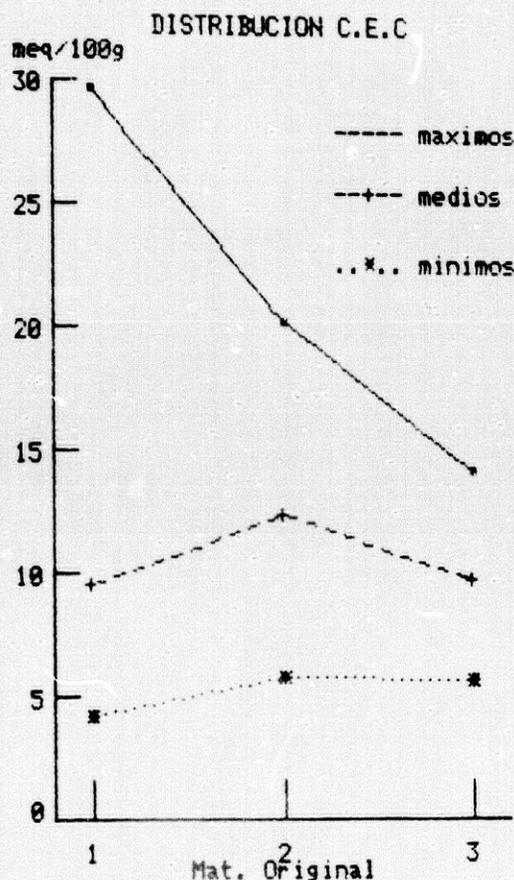


Fig.7.14.- Distribución de los Valores de T. en los suelos, en función al material.

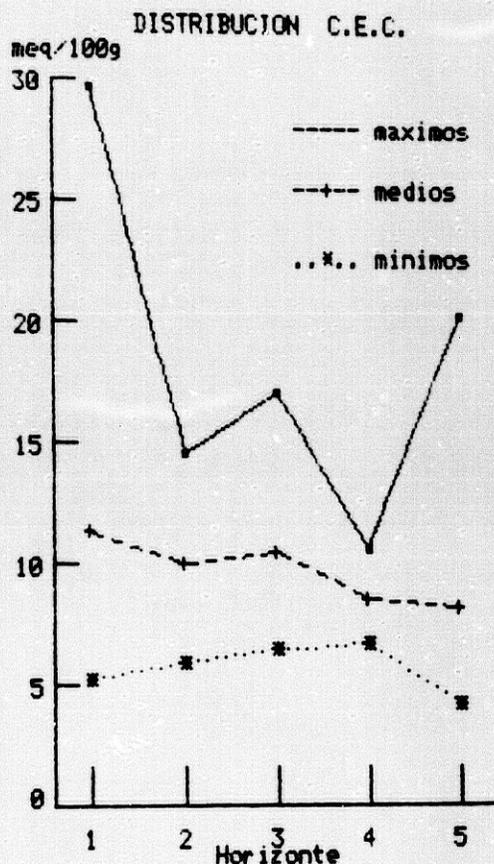


Fig.7.15.- Distribución de los valores de T. en función del tipo de horizonte.

Al igual que ocurrió en el análisis de la arcilla, también los valores de capacidad de cambio tienden a reducir su rango en el seno de los horizontes B, pudiéndose extraer de este hecho la misma conclusión que en el caso de la arcilla. Por el contrario, los horizontes A son los que muestran un mayor rango, atribuible, en el caso de los máximos valores, al elevado contenido de materia orgánica de los horizontes superficiales de suelos afectados por una hidromorfia temporal y, en el caso de los menores valores, al bajo contenido en materia orgánica de los horizontes A fuertemente erosionados en suelos del piso mesomediterráneo.

El grado de saturación, está directamente relacionado con la naturaleza del material original, con independencia de que dentro de un determinado material el clima sea otro factor decisivo. Los suelos desarrollados sobre material carbonatado son los que se muestran más saturados, con valores medios que rondan el 100%; le siguen los materiales ultrabásicos, con valores medios superiores al 75%, y finalmente los ácidos, en los que dicho valor ronda el 50%.

Con respecto a la naturaleza del horizonte, son los B los que presentan valores medios más elevados (63,8%), seguidos de los hor. A y C, con un 59,1 y 58,6% respectivamente (fig.7.16). En este caso no se produce una disminución en el rango de los horizontes B, sino que, por el contrario, es el máximo.

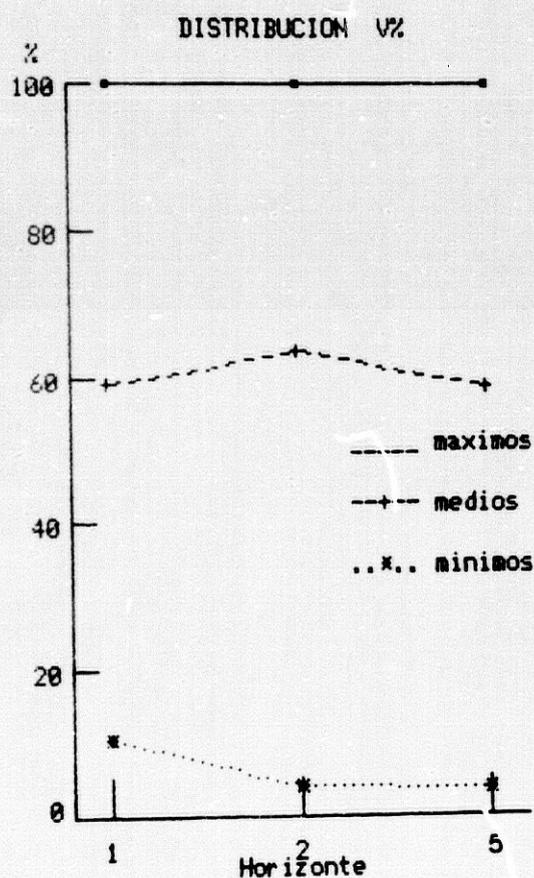


Fig.7.16.- Distribución de los valores del grado de saturación de los suelos (V%) en función del tipo de horizonte.

En cuanto a las bases de cambio, el calcio es el catión mayoritario, seguido del magnesio, potasio y cantidades insignificantes de sodio; no obstante, en función del material original, el magnesio puede alcanzar valores incluso equiparables a los del

calcio, como ocurre en el caso de los suelos desarrollados sobre rocas ultrabásicas ricas en olivino y enstatita. El potasio, si bien es minoritario en todos los casos, tiende a concentrarse en superficie por efecto del ciclo biogeoquímico, concentración que, si bien afecta también al calcio y magnesio es, en estos casos, menos patente (figs. 7.17 y 7.18).

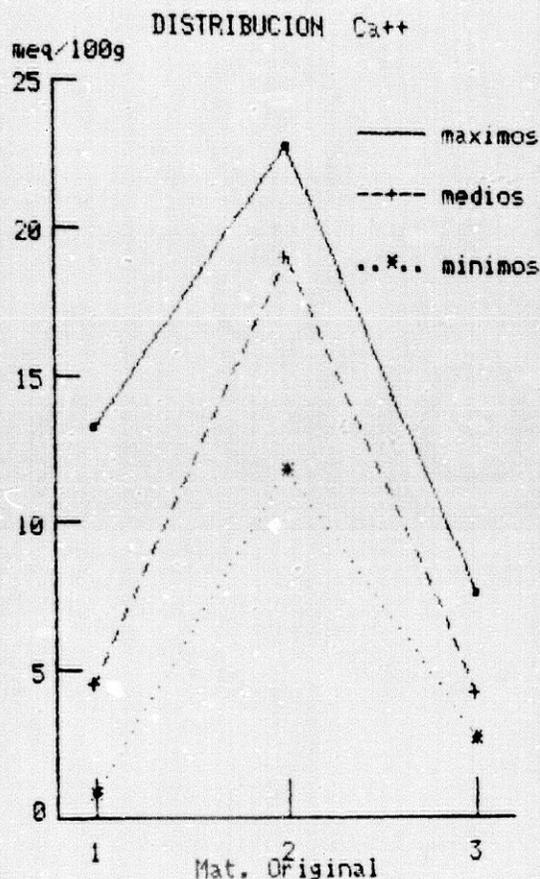


Fig.7.17.- Distribución de los valores de Ca⁺⁺ de cambio en los hor. A, en función del material original.

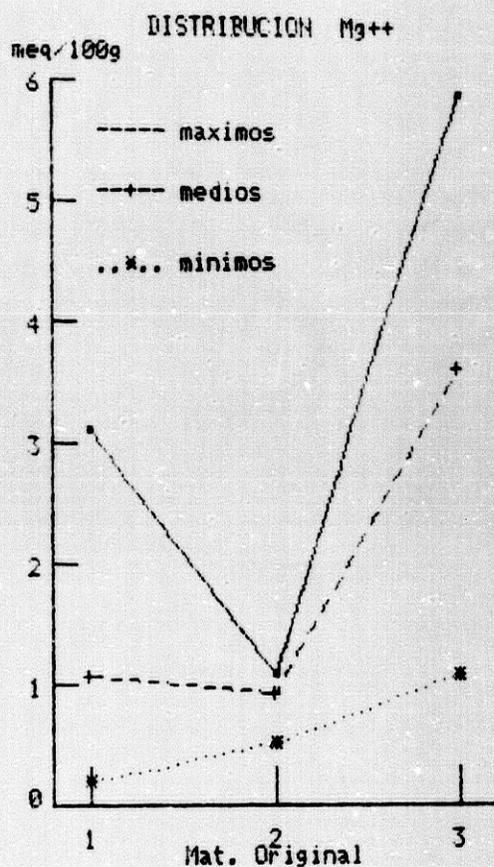


Fig.1.18.- Distribución de los valores de Mg⁺⁺ de cambio en los hor. A, en función del material original.

El pH se mueve, asimismo, en un rango muy amplio, desde 4,7 a 8,1, y es el material original el que más influencia tiene en el mismo. Los materiales carbonatados presentan, en todos los casos, un pH superior a 7 y con valores medios entre 7,5 y 7,6 en función del tipo de horizonte; le siguen los suelos desarrollados sobre material ultrabásico, en los que el pH oscila de ligeramente ácido (6,5) a neutro (7,1); mientras que los suelos desarrolla dos sobre micasquistos son en los que se presenta el rango más amplio y varían desde francamente ácidos (4,7) a básicos (8,1), en función de la altura y de la posición topográfica que ocupen.

En general, el proceso de meteorización tiende a elevar el pH del suelo, como lo pone de manifiesto el hecho de que, con independencia del material original, sean los horizontes Bw los que presentan los valores más altos; no obstante, en el caso de los horizontes A, los valores de pH descienden incluso por debajo de los valores alcanzados en los hor. C, lo que hay que atribuir al proceso de lavado de bases y a la acumulación de materia orgánica, procesos que tienden a producirse de forma preferencial en los horizontes superficiales.

El grado de alteración de los suelos en general y de los distintos horizontes en particular, lo podemos estimar a partir de la relación entre el hierro libre y el hierro total (Fed/Fet).

Los valores de esta relación, en la totalidad de las muestras estudiadas, oscila de 0,09 a 0,87, aunque el 65% de las muestras presenta valores comprendidos entre 0,24 y 0,48 (fig.7.19).

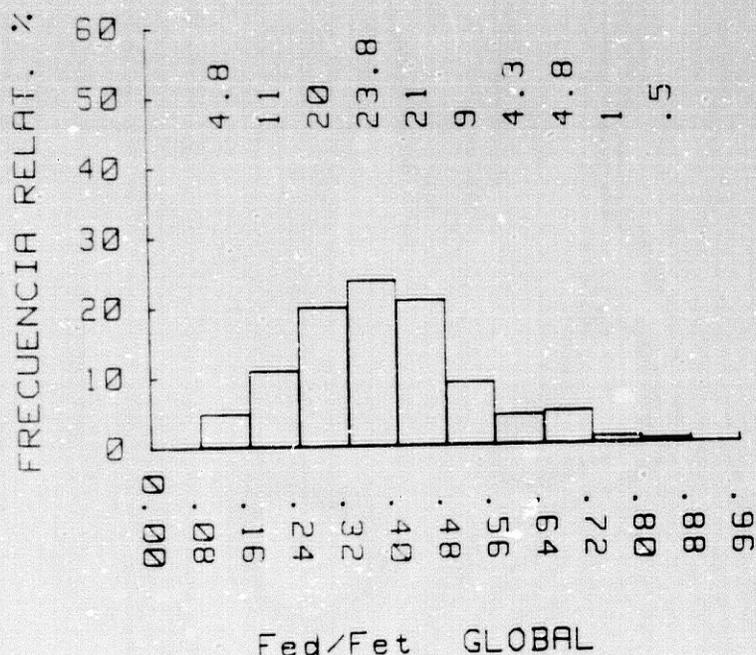


Fig.7.19.- Distribución global de los valores de la relación Fed/Fet.

Con respecto a la naturaleza del material, el mayor valor medio lo presentan los materiales ultrabásicos (0,47), lo que nos habla de la mayor facilidad de alteración de los mismos en comparación con los materiales ácidos y carbonatados; le siguen los materiales ácidos y carbonatados con valores medios de 0,38 y 0,35 respectivamente (fig.7.20)

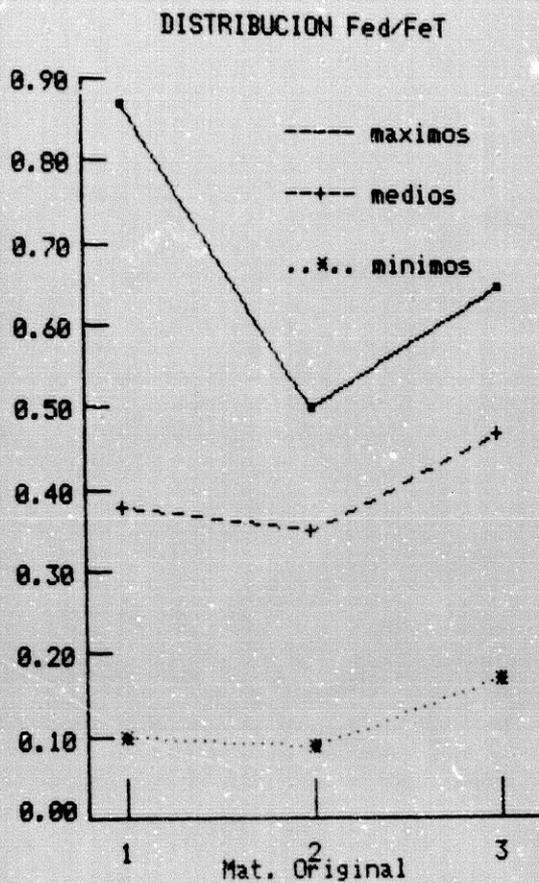


Fig.7.20.- Distribución de los valores de la relación Fed/FeT en función de la naturaleza del material.

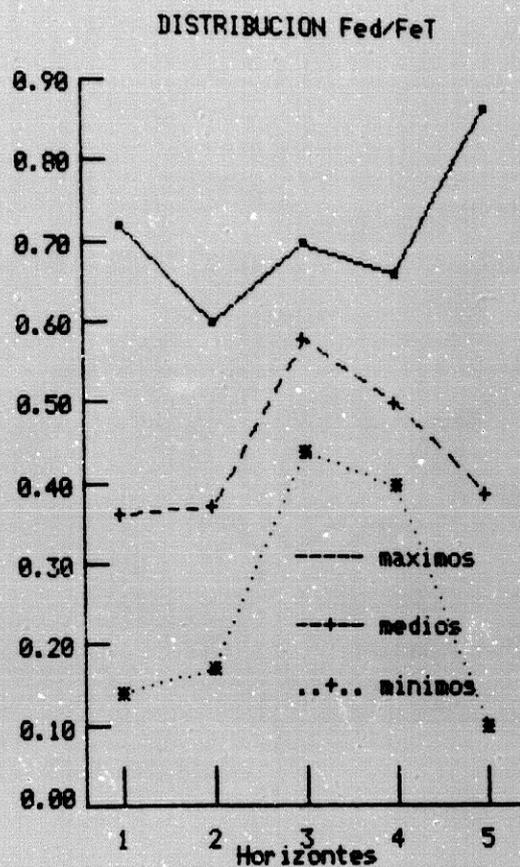


Fig.7.21.- Distribución de los valores de Fed/FeT en función al tipo de horizonte.

En cuanto al tipo de horizonte, dado que la diferenciación entre ellos está basada, en la mayoría de los casos, en un grado de meteorización distinto de unos a otros, también marcará diferencias en los valores de dicha relación. En la fig 7.21, podemos ver cómo son los horizontes B en general los que presentan los valores medios más elevados, al tiempo que reducen su rango con respecto a los horizontes A y C. Dentro de ellos, los horizontes Bt, reductos de un pasado climático distinto del actual, y los Bg, sometidos a condiciones de hidromorfia, son los que presentan un mayor contenido en hierro libre en relación con el hierro total; el horizonte Bw presenta un valor ligeramente superior al de los horizontes C, mientras que el valor más bajo lo presentan los horizontes A, en los que presumiblemente se producen pérdidas de hierro libre por lavado lateral.

El hecho de que en el seno de los horizontes A se produzca una disminución tanto en arcilla como en hierro libre, hace suponer que ambos constituyentes se arrastran conjuntamente en el proceso de erosión.

7.1.1. LITOSISTEMA ACIDO.

Se desarrolla sobre los distintos tipos de micasquistos y cuarcitas que afloran en la zona de estudio y es el más ampliamente representado. Se extiende desde las cotas más bajas hasta los 2.925 m., que se alcanzan en la ladera oriental del Picón de Jeres, en el límite oeste de la zona, y ocupa tanto la vertiente norte como la sur, lo que hace que en él esté representada toda la variabilidad climática del área motivada tanto por los cambios de altitud como de orientación.

Estos cambios climáticos condicionan, a su vez, la naturaleza y dinámica de la vegetación, de forma que la combinación de ambos factores imprime a los suelos unas características determinadas y son responsables, en gran medida, de la diversidad edáfica del Litosistema.

Con objeto de analizar las variaciones que estos cambios climáticos imprimen en las características de los suelos, hemos dividido el Litosistema ácido en tres sectores, que se corresponden con los pisos bioclimáticos de RIVAS MARTINEZ (1983); no obstante, como ya pusimos de manifiesto en el análisis del factor roca, en ocasiones será necesario recurrir al concurso de parámetros o factores diferentes del clima para poder explicar toda la variabilidad que se produce en el Litosistema.

En términos generales, los cambios climáticos que se producen con la altitud regulan la intensidad de los procesos de meteorización, lavado, descomposición de la materia orgánica y, en general, la de todos aquellos procesos de cuya interacción resultan las propiedades particulares de cada suelo. Temperatura y humedad son dos de los parámetros que, actuando conjuntamente, más directamente intervienen en la regulación de estos procesos, de forma que cuanto mayor valor alcancen más intensos serán los mismos; intensidad que, en todo momento, vendrá regulada por el parámetro de menor valor que actuará como limitante.

En el caso particular que nos ocupa, de acuerdo con los resultados del estudio climático, conforme se asciende en el macizo se produce una disminución de la temperatura, al tiempo que se incrementa la pluviosidad; por lo que la temperatura, en las cotas más elevadas, podrá actuar como un factor limitante de la edafogénesis. No obstante, para comprender mejor la actuación de ambos parámetros, es necesario analizar su distribución a lo largo del año.

Las precipitaciones se producen, principalmente, en el período invernal y en la primera parte de la primavera y última del otoño; mientras que las temperaturas más elevadas tienen lugar durante el período estival. Por lo tanto, en el período en que la humedad es suficientemente alta, las bajas temperaturas

actúan como factor limitante de la edafogénesis y tanto más cuanto más elevada es la cota; mientras que, cuando se eleva la temperatura, es la escasa humedad la que actúa como factor limitante. Únicamente durante los periodos de primavera y otoño se alcanzan los valores suficientes de humedad y temperatura como para que la edafogénesis sea efectiva; periodos que al reducir su duración conforme ascendemos en el macizo condicionan una disminución en la intensidad de los procesos. Únicamente la meteorización física se ve favorecida por los periodos alternantes de hielo-deshielo y su intensidad se incrementa con la altitud.

De acuerdo con estos hechos, al elevarse la cota altitudinal, se produce un incremento de la meteorización física, al tiempo que se ralentiza la meteorización química, lo que se traduce en un incremento de los valores medios de la fracción limo y una disminución de los valores medios de la fracción arcilla de los suelos. (figs. 7.22 y 7.23).

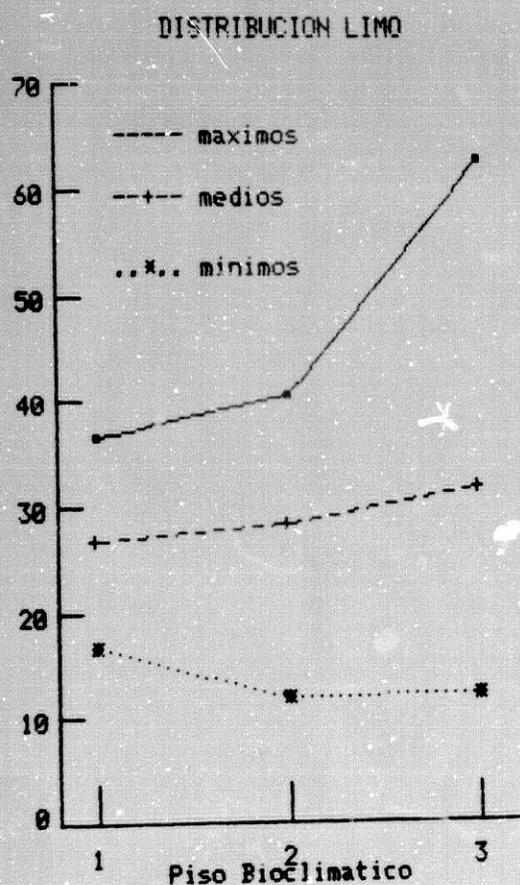


Fig. 7.22.- Distribución del limo en función del piso bioclimático.

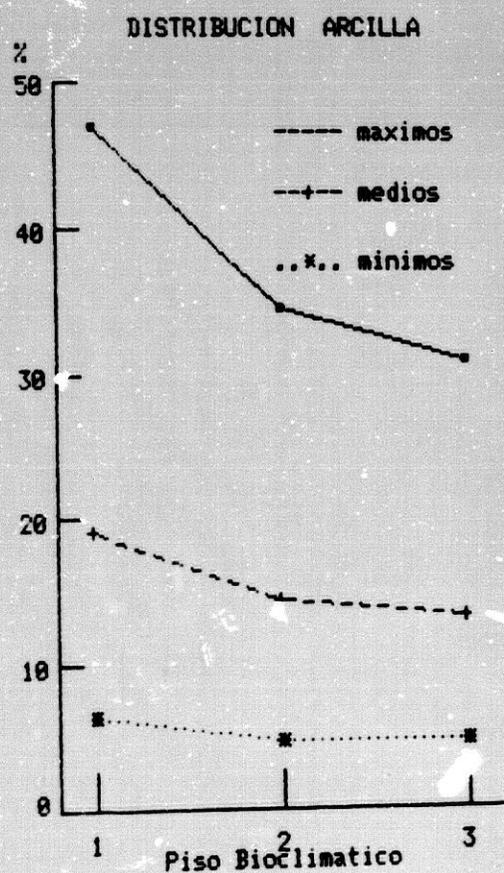


Fig. 7.23.- Distribución de la arcilla en función del piso bioclimático.

En el caso de la arena, sus valores medios no mantienen un comportamiento regular con la altitud y alcanza sus valores máximos en el piso supramediterráneo (fig. 7.24)

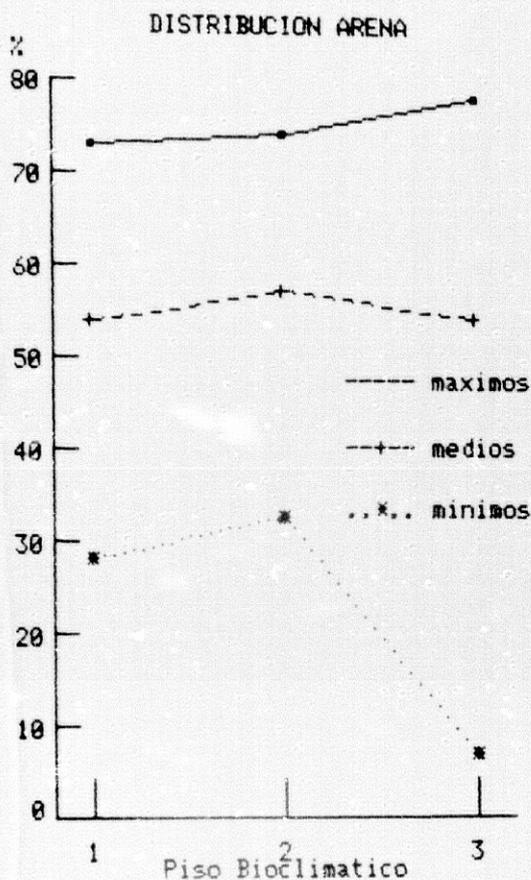


Fig.7.24.- Distribución de la arena en función del piso bioclimático.

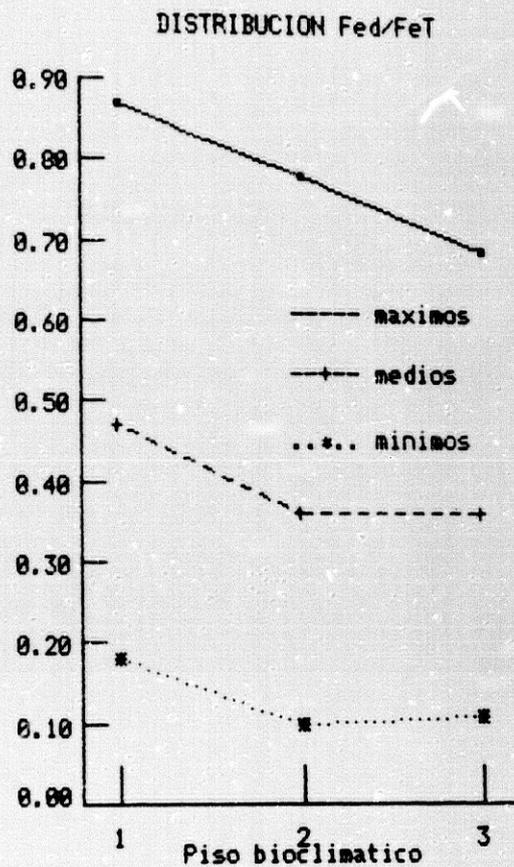


Fig.7.25.- Distribución de la relación Fed/Fet en función del piso bioclimático.

La ralentización de los procesos de meteorización química en función de la elevación de la cota altitudinal se pone asimismo de manifiesto por la disminución de la relación Fed/Fet (fig.7.27) aunque en este caso no se observan diferencias apreciables entre los pisos supra y oromediterráneo.

Con respecto a las bases de cambio, dado que su contenido en el suelo depende, por un lado, de la cantidad liberada en el proceso de meteorización y, por otro lado, de las pérdidas ocasionadas en el proceso de lavado, es lógico pensar que disminuirán con la altitud, ya que se ralentiza el proceso de meteorización química y se intensifica el lavado como consecuencia de la mayor pluviosidad de las cotas más elevadas; tal y como podemos ver en la fig.7.26, en la que se representan los contenidos máximos, medios y mínimos de la suma de bases de cada piso bioclimático.

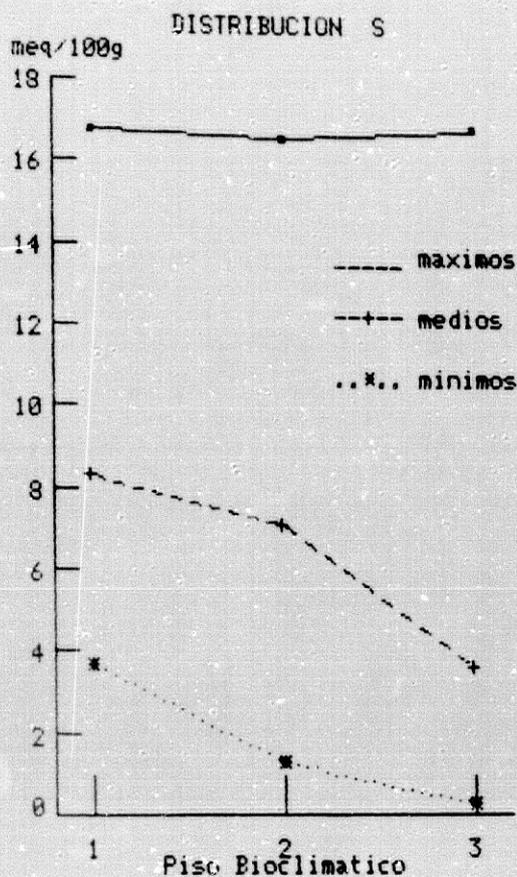


Fig.7.26.- Distribución del contenido total de bases de cambio (S) en función del piso bioclimático

En cuanto a la naturaleza de las mismas, el Ca^{++} es el catión dominante en todos los suelos, seguido del Mg^{++} , y cuyos contenidos medios decrecen en función de la altitud (figs.7.27 y 7.28).

Sodio y potasio son cationes minoritarios y ninguno de los dos muestra una distribución regular con la altitud; así, mientras que el contenido medio de K^+ es máximo en el piso supramediterráneo, el contenido de Na^+ es equivalente en los pisos supra y oromediterráneo. (figs.7.29 y 7.30)

El incremento en el lavado de bases, que se produce en función de la altitud, se traduce en una disminución progresiva del pH de los suelos como se puede apreciar en el gráfico de la fig. 7.31, hasta alcanzar un valor medio francamente ácido en el piso oromediterráneo.

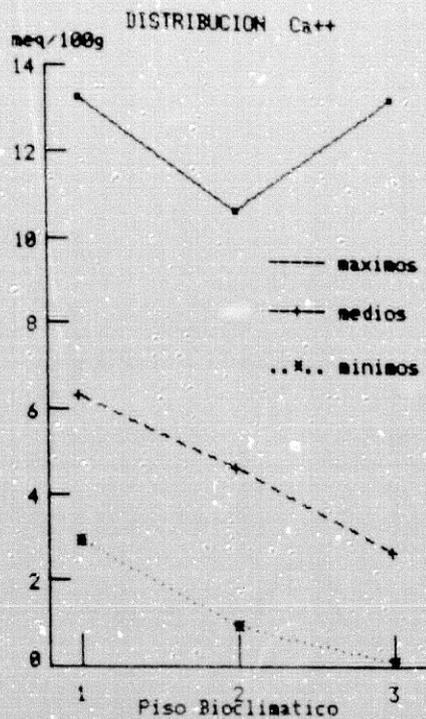


Fig.7.27.-Distribución del Ca⁺⁺ de cambio en función del piso bioclimático.

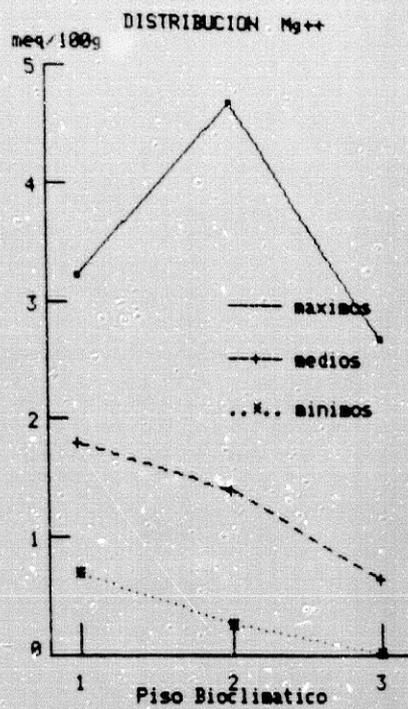


Fig.7.28.-Distribución del Mg⁺⁺ de cambio en función del piso bioclimático.

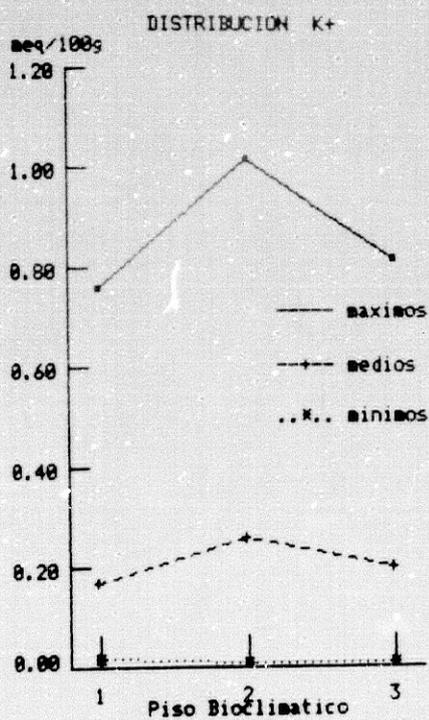


Fig.7.29.-Distribución del K⁺ de cambio en función del piso bioclimático.

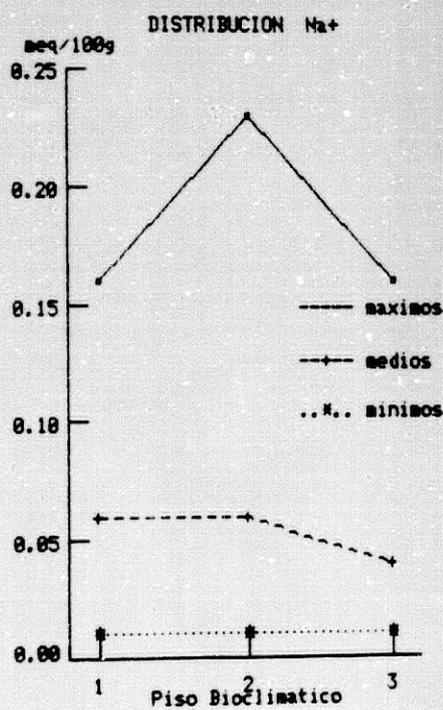


Fig.7.30.-Distribución del Na⁺ de cambio en función del piso bioclimático.

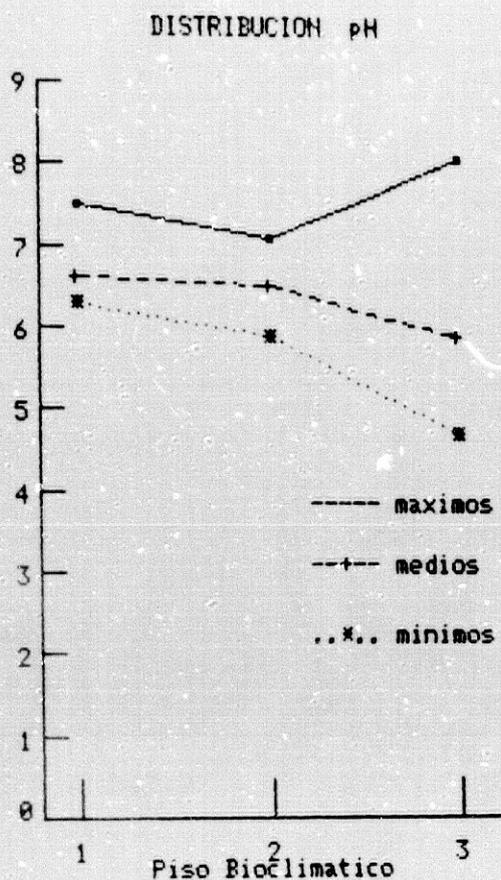


Fig.7.31.- Distribución del pH en función del piso bioclimático.

Respecto al componente orgánico, dado que la actividad biológica responsable de la descomposición y transformación de los restos orgánicos está regulada por las condiciones de humedad, temperatura y riqueza en nutrientes del medio, es lógico pensar que disminuya con la altitud ya que los factores climáticos se hacen más limitantes y el medio más pobre en bases. Esta disminución de la actividad biológica se traduce en un incremento del contenido medio en carbono orgánico de los suelos y en una elevación de la relación C/N (figs.7.32 y 7.33).

No obstante, la dinámica de la materia orgánica del suelo es sumamente compleja y no se puede establecer únicamente a partir del porcentaje de carbono orgánico y de la relación C/N, de ahí que posteriormente le dediquemos una atención especial.