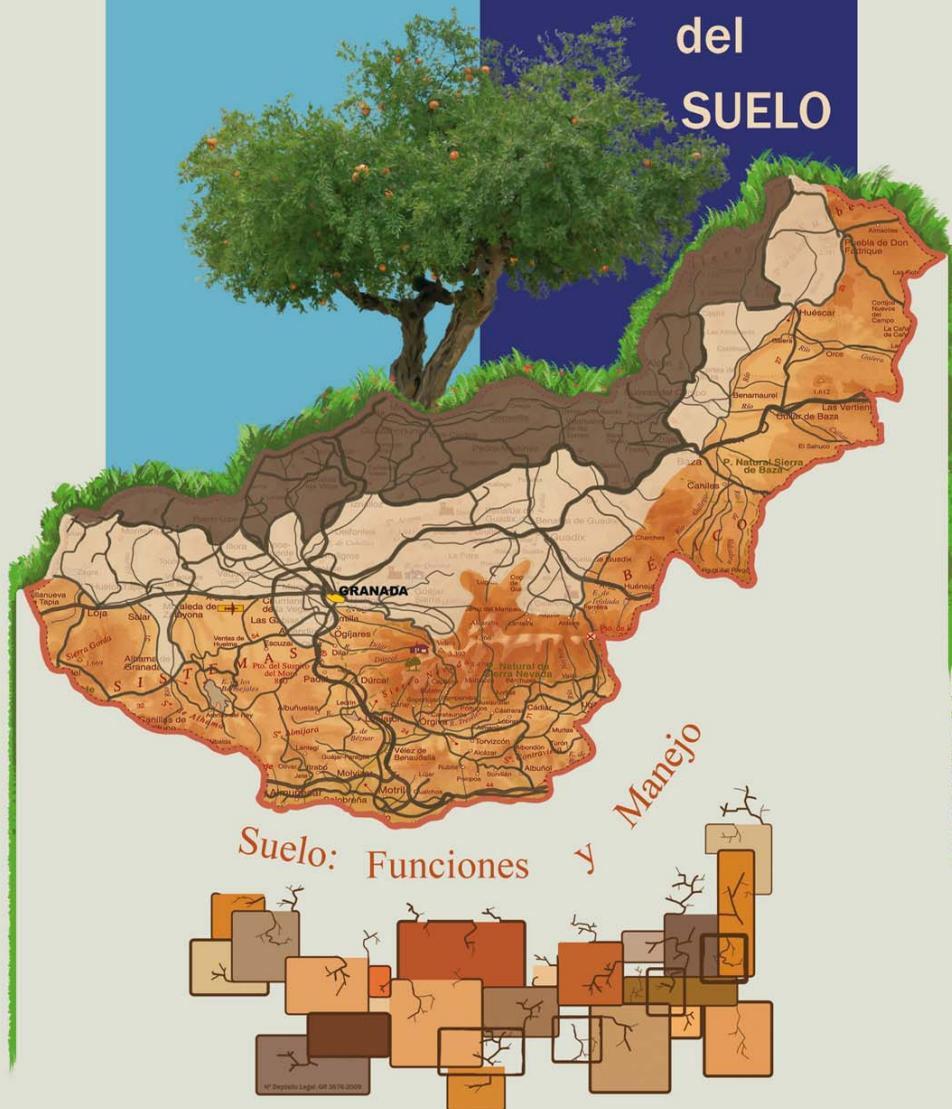


# IV CONGRESO

# IBÉRICO de la CIENCIA del SUELO



Realizado por: I. Liz Villaverde Martínez

Granada del 21 al 24 de septiembre de 2010

**GUÍA DE LAS RUTAS DE CAMPO**

## ORGANIZAN:



UGR

Universidad  
de Granada



## PATROCINAN:



GOBIERNO  
DE ESPAÑA



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA



## COLABORAN:



Patronato de la Alhambra y Generalife  
CONSEJERÍA DE CULTURA



SIERRA  
NEVADA  
PARQUE NACIONAL  
PARQUE NATURAL



CAJA RURAL  
DE GRANADA



cetursa®  
sierra nevada s.a.



Gomensoro  
www.gomensoro.net

iesmat

Leco



IV CONGRESO IBÉRICO  
DE LA CIENCIA DEL  
SUELO

# IV CONGRESO IBÉRICO DE LA CIENCIA DEL SUELO

El suelo: funciones y manejo

Editores: Copicentro Granada  
Granada 21 a 24 de septiembre de 2010  
ISBN: 978-84-15026-37-2  
Depósito Legal: Gr-3659-2010

© Sociedad española de la ciencia del suelo

**Han colaborado en la elaboración de esta guía:**

**Aguilar Ruiz, José ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Benito de Pardo, Blas ( Dpto. Ecología. C.E.A.M.A.)**

**Dorronsoró Fernández, Carlos ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Fernández García Juan ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Fernández Ondoño, Emilia ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Jiménez Morales, M<sup>a</sup>. Noelia ( F.I.A.P.A.)**

**Lorite Moreno, Juan (Dpto. Botánica. Universidad de Granada)**

**Martín Peinado, Francisco ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Martínez Garzón, Javier ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Navarro Reyes, Francisco Bruno ( F.I.A.P.A.)**

**Ortiz Bernard, Irene ( Universidad de Alcalá de Henares)**

**Roca Roca, Antonio ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Sierra Aragón, Manuel ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Sierra Ruiz de la Fuente, Cayetano ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Granada)**

**Simón Torres, Mariano ( Dpto. Edafología y Q.A. Universidad de Almería)**



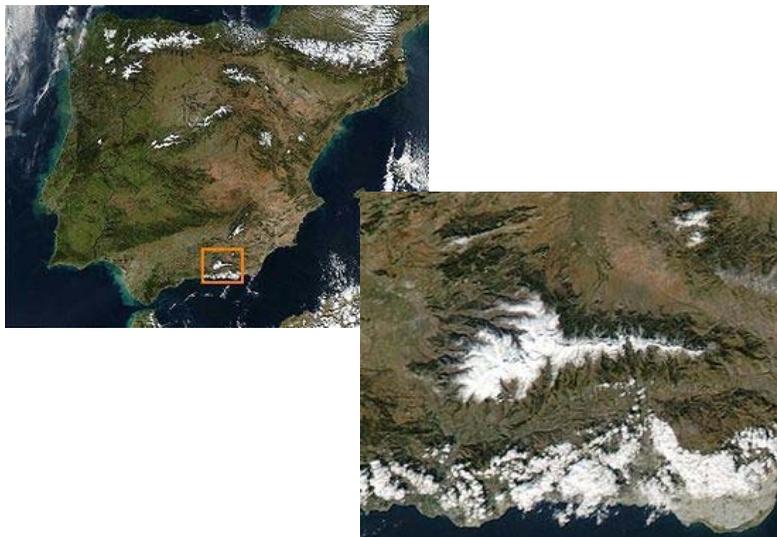
# INDICE

<b>Sierra Nevada. Suelos y paisaje.</b>	<b>5</b>
<b>Ruta 1: Granada – Sierra Nevada – Nacimiento del río San Juan.</b>	<b>14</b>
<b>Ruta 2: Granada – Alpujarra – Estribaciones del Mulhacén.</b>	<b>33</b>
<b>Ruta 3: Depresión de Granada</b>	<b>59</b>
<b>Ruta 4: Paleosuelos de la Depresión de Granada: Nigüelas - Otura – Colomera</b>	<b>77</b>



## SIERRA NEVADA. SUELOS Y PAISAJE.

En el presente capítulo vamos a presentar las principales características del relieve de Sierra Nevada, prestando especial atención a algunos de los suelos más representativos, así como a la vegetación y paisajes asociados. En este sentido, se presenta en primer lugar una descripción general de los factores formadores (geología, relieve, clima y vegetación), para pasar a describir con más detalle las rutas seleccionadas.



*Figura 1. Imagen de satélite de Sierra Nevada.*

La estructura del capítulo es la siguiente:

1. Sierra Nevada: factores formadores.
  - 1.1. Geología.
  - 1.2. Relieve.
  - 1.3. Clima.
  - 1.4. Vegetación.
2. Ruta 1: Granada – Sierra Nevada – Nacimiento del río San Juan.
3. Ruta 2: Granada – Alpujarra – Estribaciones del Mulhacén.

## 1. Sierra Nevada: Factores formadores.

### 1.1. Geología.

Sierra Nevada se localiza al sur-este de la provincia de Granada, a menos de 30 km del mar Mediterráneo. Esta cadena montañosa es la más importante de la Cordillera Bética, alcanzando en el pico del Mulhacén (3482 m) la cumbre más alta de la Península Ibérica. Tiene una longitud superior a los 90 km, una anchura de 35km, y conecta por el este con la Sierra de los Filabres, perteneciente a la misma unidad estructural.

Su origen se asocia al plegamiento alpino y se relaciona con las colisiones iniciadas en el Paleógeno (~60 Ma) entre las placas Ibérica y Africana. La historia de esta formación se inicia en el Mioceno (hace aproximadamente unos 20 Ma) que es cuando comienza el levantamiento de los materiales que anteriormente se depositaron en antiguas cuencas marinas del actual Mediterráneo occidental, aunque es a partir del Tortonense (~9-8 Ma) cuando se produce el levantamiento generalizado de la región.

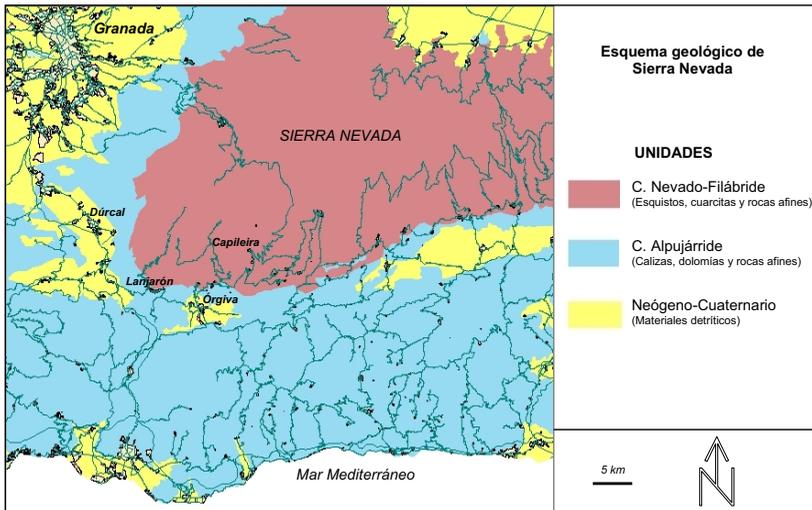


Figura 2. Esquema geológico de Sierra Nevada.

Este levantamiento generalizado, además de generar los grandes relieves estructurales de la región, configuró gran parte de las cuencas o depresiones intramontañas de la Cordillera Bética, entre las que destacan la Depresión de Granada y la Depresión de Guadix-Baza. Estas zonas deprimidas, inicialmente ocupadas por el mar, bordeaban las principales sierras béticas, y se fueron rellenando con los materiales erosionados (conglomerados, arenas, etc.) de los relieves próximos.

El continuo levantamiento de la región hace que en el Plioceno inferior (~5-3 Ma) los relieves de Sierra Nevada y Sierra de los Filabres se individualicen, y las antiguas cuencas marinas, con la emersión y retirada del mar, pasen a ser cuencas continentales en las que se siguen acumulando materiales detríticos procedentes de la erosión de Sierra Nevada y de los relieves circundantes.

Sierra Nevada tiene una estructura geológica de domo anticlinal (como de media cebolla) de trazado E-W, parcialmente desmantelado por la erosión, en la que afloran las capas internas o más antiguas y el resto de capas aparece como una orla alrededor del relieve principal.

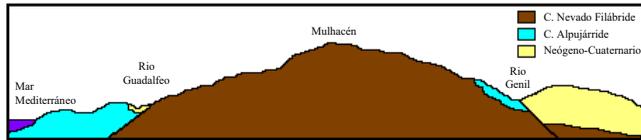


Figura 3. Corte geológico de Sierra Nevada.

En general, se distinguen 3 conjuntos de materiales apilados o superpuestos:

i) Parte central. Formada por materiales del denominado Complejo Nevado Filábride (Paleozoico y más antiguo, >250 Ma), constituido principalmente por rocas metamórficas del tipo micaesquistos, pizarras y cuarcitas.

ii) Parte intermedia. Dispuesta alrededor del núcleo y denominada Complejo Alpujárride (fundamentalmente de edad Triásica, 240-210 Ma), formado por una mezcla de materiales de diversa naturaleza entre los que dominan rocas carbonatadas como calizas y dolomías.

iii) Parte exterior. Constituida por rocas modernas del Neógeno-Cuaternario (~20 Ma – actualidad), compuestas por materiales de naturaleza detrítica (principalmente conglomerados) procedentes de la erosión de los Complejos anteriores y que rellenaron las depresiones generadas tras el levantamiento de Sierra Nevada.



Figura 4. Esquistos del Complejo Nevado Filábride.

## 1.2. Relieve.

La característica más acusada del macizo montañoso es, obviamente, las grandes diferencias altitudinales, que varían de 120 m en el curso medio del río Guadalfeo, a 3482 m en el Mulhacén. El relieve está caracterizado por una asimetría de sus vertientes, condicionada por la morfología en domo y la estructura del sustrato rocoso. En este sentido, la vertiente sur, con planos de esquistosidad paralelos a la superficie, se caracteriza por pendientes más o menos inclinadas, mientras que la vertiente norte, con planos de esquistosidad perpendiculares a la superficie, está dominada por escarpes o pendientes abruptas en sus partes más elevadas y por una gran variedad de depósitos sedimentarios en las partes inferiores (Ortiz, 2001).

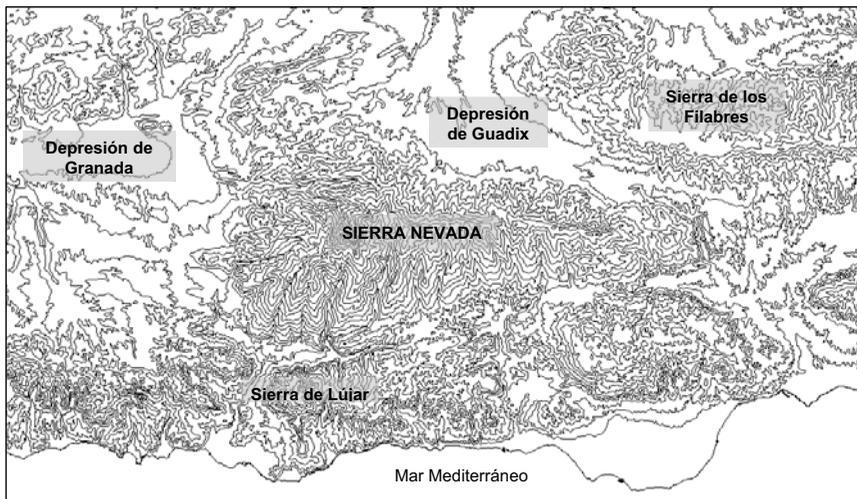


Figura 5. Relieve de Sierra Nevada

El núcleo de Sierra Nevada (Complejo Nevado Filábride) tiene un aspecto muy accidentado, apareciendo escarpes rocosos, grandes lomas con fuerte inclinación, y zonas allanadas. Las pendientes más escarpadas se ubican en las zonas más internas y recientes de los valles fluviales, paredes de circos glaciares y altas cumbres; mientras que las partes más llanas se encuentran en las cabeceras y valles de los ríos como base de las antiguas artesas y circos glaciares, en los que aparecen multitud de lagunas de origen glaciar. La red de drenaje no es muy densa, pero destaca el nacimiento en estas cumbres del río Genil, uno de los afluentes más importantes del Guadalquivir.

En los relieves que rodean el núcleo de Sierra Nevada (Complejo Alpujárride), el paisaje es también bastante escarpado, predominando formas caóticas y desordenadas asociadas a fenómenos de erosión y depósito. En estas zonas la red de drenaje presenta una mayor densidad y configura barrancos más pronunciados con pendientes escarpadas de forma dominante. En áreas relativamente extensas predominan los materiales sueltos (dolomías kakiritizadas) que dan lugar a un paisaje ruñiforme, aunque dependiendo del grado de consolidación de los materiales presentes, las formas del paisaje aparecen como conos de deyección, depósitos aluviales o incluso bad-lands.

### 1.3. Clima.

El clima de Sierra Nevada presenta unas peculiaridades propias del clima regional de tipo mediterráneo y del clima de áreas de montaña. Entre sus rasgos más peculiares podemos citar las variaciones de temperaturas y precipitaciones relacionadas con los cambios altitudinales y de orientación, así como la existencia de microclimas relacionados con ciertos caracteres del relieve (Delgado et al, 1993).

Estación	Altitud (m)	PMA (mm)	TMA (°C)	PME (mm)				TME (°C)			
				V	O	I	P	V	O	I	P
Órgiva	450	504	10,0	16,1	132,1	224,1	131,8	23,4	17,3	10,4	14,9
Lanjarón	665	578	8,6	21,0	153,0	240,0	164,0	20,9	15,6	8,9	12,7
Soportújar	1700	786	8,4	29,8	191,2	352,6	212,7	18,3	14,5	8,2	10,2
SN1	2000	846	6,3	36,3	206,5	372,2	231,0	14,9	7,4	-1,2	4,1
SN2	2500	971	2,6	48,9	236,2	417,4	268,5	12,4	3,9	-5,5	0,1
SN3	3000	1091	-1,1	58,0	265,3	472,9	293,8	9,4	0,4	-9,8	-4,2

Tabla 1. Datos climáticos a diferentes cotas de Sierra Nevada.

(PMA: precipitación media anual; TMA: temperatura media anual; PME: precipitación media estacional; TME: temperatura media estacional; V: verano; O: otoño; I: invierno; P: primavera)

Las precipitaciones importantes se producen en otoño, invierno y la primera mitad de la primavera, con periodos de sequía durante los meses de verano. Al ser una zona de alta montaña las precipitaciones en forma de nieve se incrementan con la altitud, a partir de los 2500 m el porcentaje de precipitaciones en forma nieve es superior al 75%. Las temperaturas tienen una distribución contraria, produciéndose los máximos en la época estival y los mínimos en invierno. El límite donde la temperatura media es de 0 °C en los meses de invierno se sitúa en los 2400 m de altitud.

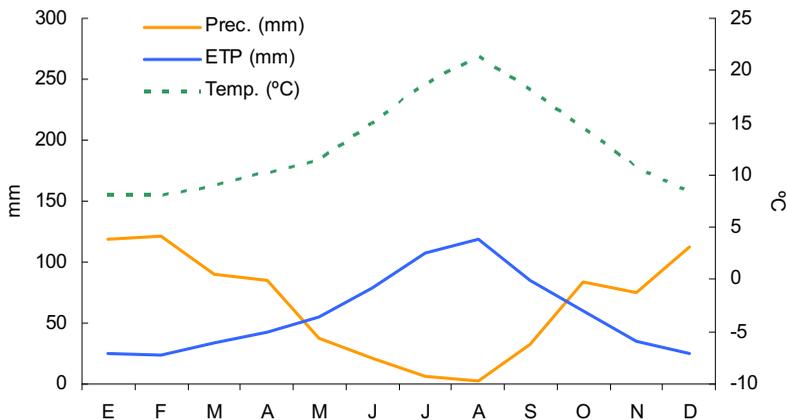
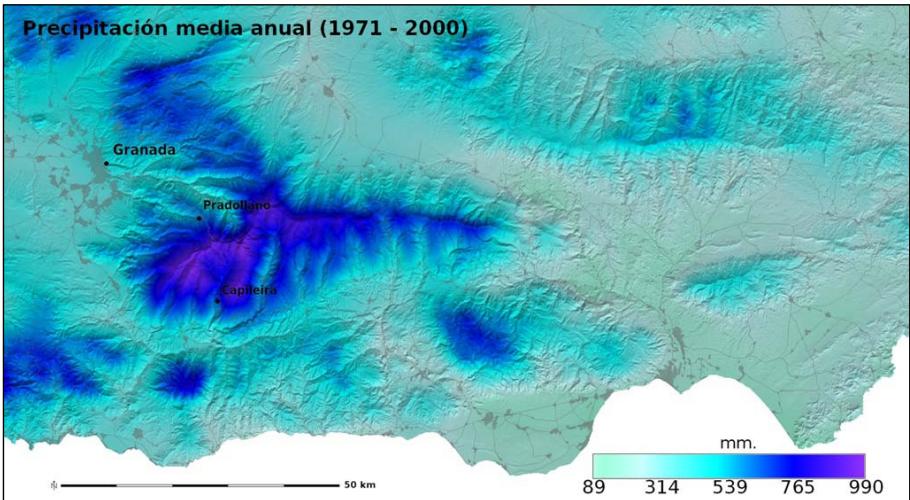
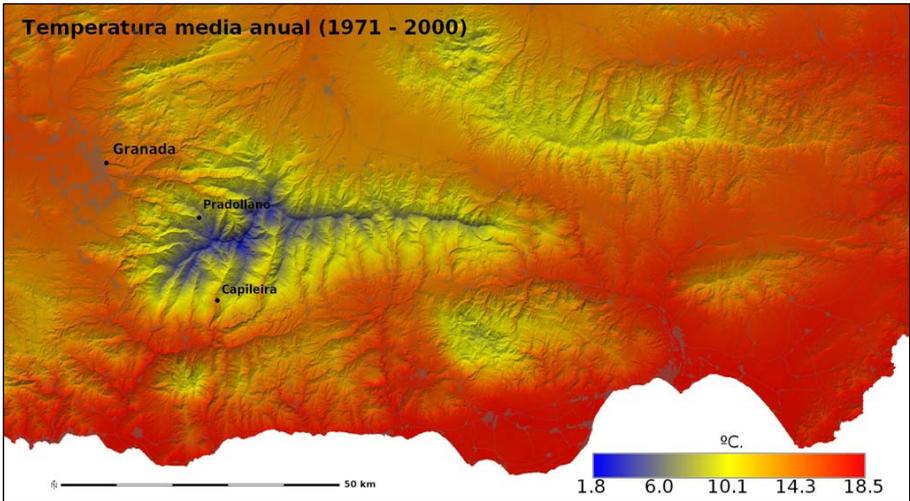


Figura 6. Diagrama ombrotérmico de la estación de Soportújar (1700 m)



## 1.4. Vegetación.

Sierra Nevada es el centro de diversidad vegetal más importante del Mediterráneo Occidental. Las 2.100 plantas vasculares que se han catalogado hasta la actualidad, constituyen casi el 30 % de la flora de la España peninsular con solo una extensión equivalente al 0.4 %, y suponen el 7 % de la flora de la Región Mediterránea con una extensión inferior al 0.01 % de la misma.

La importancia de la flora vascular de Sierra Nevada no radica solamente en el total de especies representadas, sino también en el elevado número de ellas que son exclusivas del macizo (endemismos nevadenses). Con más de 80 plantas vasculares endémicas, Sierra Nevada supera la suma de los endemismos de Austria, Dinamarca, Suecia, Polonia, Alemania, Reino Unido y Bélgica juntas.

### *Causas de la diversidad vegetal*

La riqueza florística de Sierra Nevada se debe tanto a su historia, como a los factores ecológicos actuales. Su historia nos revela cómo llegaron especies desde lugares muy diversos y por distintos procesos, mientras que las variadas condiciones ecológicas que se presentan en sus cumbres, laderas y barrancos, han permitido que las especies que llegaron en distintas épocas, encontraran lugares propicios para mantenerse hasta nuestros días.

Durante el Mioceno, hace más de 20 millones de años, Sierra Nevada empezó a elevarse como consecuencia del choque entre las placas tectónicas africana y europea. Hasta entonces, la Península Ibérica tenía su borde más meridional en Sierra Morena. La elevación de las Sierras Béticas y del macizo del Rif (Marruecos) provocó que a finales del Mioceno y hasta el Plioceno superior (entre 6,5 y 5 millones de años), el sur peninsular quedase unido al continente africano; proceso que estuvo favorecido por la desecación parcial del Mediterráneo al coincidir con un período árido. Debió de ser entonces cuando numerosas especies de las que hoy denominamos iberonorteafricanas, o bético-magrebíes (aquellas que sólo habitan en las Sierras Béticas y en las cadenas montañosas del noroeste de África), tuvieron un área continua a ambos lados del estrecho de Gibraltar. Entre estos elementos de la flora de Sierra Nevada pueden citarse el arce granadino (*Acer granatense*), el abedul (*Betula pendula* subsp. *fontqueri*), el cojín de pastor (*Erinacea anthyllis*) o la madreSelva arbórea (*Lonicera arborea*). Este contingente supone actualmente el 10-12 % de la flora nevadense.

A medida que las Sierras Béticas iban elevándose, y con ellas Sierra Nevada, aparecieron nuevos biotopos a los que determinadas especies fueron adaptándose de modo gradual, quedando posteriormente aisladas con respecto a poblaciones de otros macizos. Este proceso pudo dar lugar a muchas de las especies exclusivas de Sierra Nevada y también a otras que se encuentran además en las Sierras Béticas, donde alcanzan una distribución más o menos amplia. Entre estas últimas pueden mencionarse la aguileña de Sierra Nevada (*Aquilegia nevadensis*) o la espuela de caballero (*Delphinium nevadense*), la alhucema blanca (*Lavandula lanata*) o el piorno de crucecitas (*Vella spinosa*).

A la vez que se elevaban las Sierras Béticas, el estrecho de Gibraltar se hundía paulatinamente, hasta que al final del Terciario tuvo lugar la separación, hasta ahora definitiva, del sur de España y el norte de África. A partir de ese momento las floras de ambos continentes quedaron aisladas y hoy día encontramos muchas plantas que tienen en el Rif y el Atlas a sus parientes más próximos. Dos claros ejemplos son la zamárraga (*Erigeron frigidus*), que tiene en el Atlas marroquí su especie más próxima (*Erigeron mairei*), y el alfilerillo del Trevenque (*Erodium boissieri*) que se incluye en un grupo de especies del género *Erodium* que viven en Marruecos y Argelia.

Si por su situación meridional en el continente europeo, cabría pensar que Sierra Nevada albergase únicamente la vegetación y la flora de la alta montaña mediterránea, sorprende saber que comparte especies con las altas montañas europeas y con el círculo polar Ártico (especies ártico-alpinas). Estas plantas alcanzaron Sierra Nevada durante las glaciaciones del Cuaternario, que se iniciaron hace 1,7 millones de años. Durante los períodos fríos las especies tuvieron que migrar hacia el sur en busca de climas más templados; aunque muchas de ellas se extinguieron, bien por su reducida capacidad de migración o porque se lo impidieron ciertas barreras geográficas. Tras los períodos glaciales, de nuevo las especies volvieron al norte, aunque algunas encontraron lugares propicios en Sierra Nevada, bien en las laderas frescas (elementos eurosiberianos) o bien en las altas cumbres (elementos ártico-alpinos). Hay algunos buenos ejemplos de estos procesos como el acónito azul o verdigambre (*Aconitum burnatii*), de las montañas del sur de Europa, que en la Península sólo habita en el monte Oroel (Pirineos) y en Sierra Nevada, la amapola de Sierra Nevada (*Papaver lapeyrouisianum*) que también se encuentra en los Pirineos, o el caso más llamativo el del romperrocas púrpura (*Saxifraga oppositifolia*) que es una especie ártica y de las montañas de Europa y Asia, alcanzando Sierra Nevada por el sur. Todas estas plantas son auténticas reliquias en el ambiente Mediterráneo y en la mayoría de los casos presentan en Sierra Nevada sus poblaciones más meridionales.

### *Estación de refugio*

Las montañas del sur de la Península Ibérica, y entre ellas Sierra Nevada, se vieron poco afectadas por las glaciaciones del Cuaternario. Estas montañas no solo recibieron y albergaron las especies septentrionales, sino que también actuaron de refugio donde se salvaron de la extinción gran número de las especies de la flora terciaria, que de otro modo habrían perecido ante la barrera que constituía el Mediterráneo; parte de ellas, pasadas las glaciaciones, volvieron a colonizar nuevas zonas, otras sólo viven en la actualidad en Sierra Nevada.

Ciertos biotopos, particularmente favorables, actuaron de auténticos refugios para la flora. Los tajos y los roquedos más o menos verticales, así como los canchales o cascajares que se presentan al pie de aquellos en lugares de fuerte pendiente, especialmente los que se encontraban en exposición sur (más soleada), constituyeron zonas libres de nieve o donde ésta desaparecía rápidamente con la llegada de los primeros rayos de sol primaverales. Del mismo modo, los arenales dolomíticos, como los que se encuentran en el Trevenque, Alayos y alrededores, que son medios muy secos y especialmente térmicos, albergan en la actualidad un buen número de especies relicticas, cuyos parientes más próximos se han extinguido, como *Lomelosia pulsatilloides* y *Rothmaleria granatensis* (dos raras especies que no poseen nombre vernáculo).

Según lo expuesto, a Sierra Nevada han llegado a lo largo de la historia especies de procedencias diversas; aunque lo más importante no es que muchas especies utilizaran esta serranía tan estratégica en sus desplazamientos, sino que pudieran quedarse gracias a la gran diversidad de ecosistemas que posibilitaron que muchas especies encontraran condiciones favorables para su desarrollo.

### *Aislamiento y brusquedad de gradientes ecológicos*

Todos los indicios apuntan también a la importancia de Sierra Nevada como centro de formación de nuevas especies debido al aislamiento geográfico y a la brusquedad de los gradientes ecológicos. Respecto al primero, es fácil imaginar que las plantas que viven a mayor altitud están completamente aisladas, ya que biotopos similares se encuentran únicamente en la Sierra de Gredos por el norte, más allá de la gran Meseta, y en el Atlas marroquí, por el sur, a considerable distancia y separadas por el mar Mediterráneo. Poblaciones aisladas de ciertas plantas han evolucionado, y lo siguen haciendo en la

actualidad, con independencia del resto, originándose nuevas especies. Sin duda alguna este factor ha tenido gran importancia en el origen de la mayor parte de las especies endémicas que actualmente observamos en Sierra Nevada.

Respecto a la brusquedad de gradientes ecológicos, es también fácilmente comprensible, pues resulta, cuando menos, sorprendente que en cuestión de 30 ó 40 km. se pueda viajar desde la denominada “costa tropical” granadina, hasta las heladas cumbres que representan, salvo ciertos matices, un similitud de las condiciones que reinan en el círculo polar Ártico. Con cambios tan bruscos, las unidades de vegetación se suceden unas a otras en poco espacio de terreno y se mezclan entre sí. En estas circunstancias las presiones selectivas son muy grandes y las plantas tienen que modificarse para adaptarse a ellas, por lo que se forman nuevas especies. Por otra parte, en tales lugares es fácil la hibridación entre especies propias de los tipos de vegetación que se mezclan y también es muy factible, por presentar aptitudes intermedias más acordes con el ambiente, la estabilización de los híbridos originados. Téngase en cuenta que la hibridación es uno de los mecanismos más importantes en la formación de nuevas especies vegetales.

En síntesis, la riqueza florística de Sierra Nevada y el gran número de vegetales endémicos que presenta se debe a: 1) su situación estratégica, habiendo actuado de encrucijada y, por ello, haber recibido especies de muy diversa procedencia; 2) constituir un refugio durante las glaciaciones, donde se salvaron de la extinción gran número de especies; 3) a la gran variedad de nichos ecológicos que encierra, donde han podido establecerse especies de requerimientos muy diversos, y 4) promover la formación de nuevas especies debido al aislamiento geográfico y a la brusquedad de los gradientes ecológicos.



Figura 7. Estrella de las nieves (*Plantago nivalis*).

## RUTA 1: GRANADA – SIERRA NEVADA – NACIMIENTO DEL RÍO SAN JUAN.

En esta ruta observaremos los suelos formados sobre los tres conjuntos geológicos más importantes de Sierra Nevada:

La parte exterior está constituida por materiales pertenecientes al Neógeno o al Cuaternario. Presenta una composición variada pero abundan los materiales detríticos generados por erosión y depositados en las cuencas. Este conjunto geológico se podrá apreciar desde el autobús en los primeros tramos de la ruta.

En la primera parada (inmediaciones del Dornajo) observaremos los suelos desarrollados sobre rocas carbonatadas del Complejo Alpujárride, constituido por calizas y dolomías de edad triásica. Se tratará el desarrollo de los suelos, la flora y vegetación dolomítica, el paisaje y el uso antrópico del territorio.



*Aspecto de los arenales dolomíticos (prox. del Cerro del Sol)*

En la segunda y tercera parada (Collado de las Sabinas) se desarrollan suelos sobre micasquistos oscuros, cuarcitas y mármoles, pertenecientes al Complejo Nevado-Filábride, que constituye la parte central o núcleo de Sierra Nevada. La vegetación de esta zona está constituida por piornales y enebrales orófilos con fuertes adaptaciones a la vida en la alta montaña. Los suelos desarrollados bajo estas formaciones presentan en ocasiones alto contenido en materia orgánica debido a la escasa tasa de mineralización provocada por el frío. En la misma zona, analizaremos la evolución producida en los

primeros centímetros de una escombrera restaurada en 1995, en el límite entre los dos Complejos geológicos visitados.

Desde el Albergue Universitario (2.500 m) tomaremos una vereda que nos llevará hasta el río San Juan (20-30 minutos). La cabecera del río San Juan destaca por su morfología glaciár, típica de valle de perfil transversal en U, con fondo relativamente plano. La plataforma está cubierta por un extenso borreguil en la que se sitúan los nacimientos de agua de la llamada Hoya de San Juan. Los borreguiles de Sierra Nevada constituyen delicados ecosistemas desde el punto de vista botánico y edáfico donde especies endémicas y relictas encuentran sus únicas poblaciones o las más meridionales. Actualmente constituyen centros de observación y seguimiento del cambio global. Se analizarán los suelos desarrollados en estos medios.



*Panorámica de altas cumbres de Sierra Nevada (verano)*

Finalmente y si las condiciones acompañan, después de la comida, ascenderemos hasta las posiciones del Veleta en autobús para contemplar la geomorfología glaciár de las cumbres de sierra Nevada, especialmente del corral del Veleta.

## PARADA 1

### PROXIMIDADES DEL PICO DORNAJO. TOMILLAR DOLOMÍTICO Y ENEBRAL-PIORNAL SOBRE MATERIALES CALIZO-DOLOMÍTICOS

En esta zona tenemos dos tipos de vegetación bien contrastados; Tomillares dolomíticos sobre kakiritas (dolomías tectonizadas y fragmentadas) y sabinares-piornales que ocuparían calizas y calizo-dolomías duras (frecuentemente marmóreas).

#### Tomillares dolomíticos

Este tipo de vegetación aparece en enclaves de tamaño variable en la mayoría de las sierras béticas s.l., desde Grazalema en Cádiz, hasta la Sierra de Alcaraz en Albacete, aunque presenta sus formaciones más extensas en la zona occidental de Sierra Nevada, y las sierras de Tejeda, Almijara, los Guájares, Cázulas, el Chaparral y la Peza. Constituyendo uno de los tipos de vegetación más originales de las Sierras Béticas.

Las dolomías kakiritizadas o brechoides representan uno de los hábitats más duros y selectivos de las Sierras Béticas, desde el punto de vista de la flora. Estas rocas están compuestas por carbonato cálcico-magnésico, y además han estado sometidas a importante grado de metamorfismo que las ha fracturado considerablemente. Las limitaciones que supone este sustrato para la vegetación, se pueden resumir en: fuerte resistencia a la alteración (hecho que limita mucho los procesos de formación de suelo), capacidad de retención de agua prácticamente nula, motivada por la escasa profundidad del suelo y por una elevada permeabilidad (debida a la textura), reflexión de la luz incidente que puede producir quemaduras foliares, y concentraciones de magnesio elevadas que suelen ser tóxicas para muchas plantas.

Las plantas que colonizan con éxito estos hábitats (ver foto 2) precisan una serie de adaptaciones muy concretas, que pueden reconocerse como un “síndrome” adaptativo típico, que se traduce en un pequeño porte, con abundante tomento (pelo), colores blanquecinos o grisáceos y un sistema radicular muy desarrollado en relación con el porte de la planta (foto 3). Desde el punto de vista de los biotipos, predominan las pequeñas matas (nanocaméfitos) y las plantas que pierden la parte aérea cada año (hemicriptófitos), con escasa representación de plantas anuales (terófitos).

Cuando el estado de conservación es óptimo estas formaciones tienen el aspecto de pinar-sabinar abierto donde domina el pino resinero (*Pinus pinaster*), junto a otras especies como la sabina mora (*Juniperus phoenicea*), enebro de miera (*Juniperus oxycedrus*), espino de roca (*Rhamnus myrtifolius*), espino negro (*Rhamnus lycioides* subsp. *velutina*). En las zonas bajas el pino resinero está substituido por el pino carrasco (*Pinus halepensis*), menos exigente en humedad, mientras que en las zonas altas el pinar-sabinar aparece enriquecido con algún pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*).

En los claros de este pinar-sabinar abierto aparecen tomillares ralos, donde encontramos las especies más singulares de estas formaciones, muchas de ellas endémicas de las Sierras Béticas y algunas exclusivas de Sierra Nevada. Entre las más frecuentes y/o singulares tenemos: *Santolina elegans*, *Lomelosia pulsatilloides* subsp. *pulsatilloides*, *Helianthemum pannosum*, *H. apenninum* subsp. *estevei*, *Thymus*

*granatensis*, *Convolvulus boissieri*, *Rothmaleria granatensis*, *Seseli montanum*, *Trisetum velutinum*, *Brachypodium retusum* subsp. *boissieri*.

### Sabinar-piornal calizo

Esta formación aparece sobre calizas y calizo-dolomías duras. Aunque en otras Sierras Béticas es frecuente la presencia del pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) su presencia en Sierra Nevada es muy escasa, de esta forma la vegetación adquiere el aspecto de un matorral almohadillado bastante denso (foto 4) donde encontramos, además la sabina rastrera (*Juniperus sabina*), otras especies como enebro rastrero (*Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*), durillo (*Amelanchier ovalis*), madreSelva arbórea (*Lonicera arborea*), *Ononis aragonensis*, cerezo rastrero (*Prunus prostrata*), agracejo (*Berberis hispanica*), etc. Junto a matorrales de porte almohadillado y frecuentemente espinosos (localmente llamados piornos) y que ocupan los claros del enebral-piornal y las zonas con suelos menos desarrollados. Entre estas especies desatacamos el piorno de crucecillas (*Vella spinosa*), mancaperros (*Astragalus granatensis*), piorno azul (*Erinacea anthyllis*), Zahareña (*Sideritis carbonellii*) y mezclados con pequeñas matas como *Astragalus vesicarius*, *Seseli montanum*, *Alyssum montanum*, *Jurinea humilis*, jarilla (*Helianthemum apenninum* subsp. *stoechadifolium*), tomillo serrano (*Thymus serpylloides* subsp. *gadorensis*), clavel de monte (*Dianthus brachyanthus*), *Macrosiryngium longiflorum*, y un pastizal vivaz ralo, donde dominan las especies de gramíneas como *Koeleria vallesiana*, *Festuca hystrix*, *Helictotrichon filifolium* y *Poa ligulata*.

### Dornajo 1

**Localidad:** Carretera del Dornajo  
**Coordenadas UTM:** 30S0461385 - 4108448  
**Altitud:** 2.020 m  
**Vegetación:** Piornal abierto.  
**Material Original:** Calizo - dolomítico  
**Posición fisiográfica:** Ladera.  
**Pendiente:** 00- 15%  
**Pedregosidad superficial:** abundante.  
**Drenaje:** Clase 4. Bien drenado.  
**Clasificación tentativa**  
Cambisol endoléptico (calcarico, húmico)



## Descripción macromorfológica

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
Ah	0 -10	Color pardo oscuro, 7,5YR 2,5/3 en húmedo y pardo oscuro 7,5YR 3/3 en seco. Textura franca. Estructura granular. Blando, muy friable, plástico y ligeramente adherente. Poros muy abundantes, de todos los tamaños. Algunos fragmentos rocosos. Fuerte reacción calcárea. Abundantes raíces finas y muy finas. Límite neto y ondulado.
Bw	10-30	Color ardo intenso, 7,5YR 3/4 en húmedo y pardo intenso 7,5YR 4/4 en seco. Textura franca. Estructura en bloque subangulares pequeños. Duro, friable, plástico y adherente. abundantes poros medianos. Frecuentes fragmentos rocosos. Fuerte reacción calcárea. Frecuentes nódulos de carbonato cálcico blandos. raíces medianas. Límite difuso y ondulado
BC	30-60	Color ardo intenso 7,5YR 3/6 en húmedo y pardo intenso 7,5YR 4/6 en seco. Textura franco arenosa. Estructura en bloques subangulares. Muy duro, friable, muy plástico y adherente. Grietas de fragmentación. Fuerte reacción calcárea. Muy escasas raíces. Límite difuso y ondulado
C	> 60	Roca saprolitizada con frecuentes grietas de fragmentación.

## Datos analíticos

Horiz.	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	HUMEDAD (%)		
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA			33kPa	1500kPa	A.U.
Ah	33,3	45,61	40,17	14,22	54,8	8,2	19,8	8,8	11,0
Bw	17,9	55,44	24,27	20,29	59,3	8,1	16,5	5,6	10,9
BC	37,7	61,30	27,27	11,43	53,2	8,1	17,8	7,6	10,3
C	25,0	64,06	26,26	9,68	91,3	9,0	6,4	2,2	4,2

Horiz.	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.				
Ah	Sat.	6,00	0,03	0,21	16,54	100	2,92	0,27	10,95
Bw	Sat.	7,00	0,04	0,08	11,24	100	1,81	0,07	26,48
BC	Sat.	6,08	0,03	0,11	7,24	100	1,59	0,08	20,79
C	Sat.	Sat.	0,02	0,88	0,85	100	0,17	0,01	17,00

## Dornajo 2

**Localidad:** Carretera del Dornajo  
**Coordenadas UTM:** 30S0461311 - 4108256  
**Altitud:** 2.054 m.  
**Vegetación:** Piornal abierto.  
**Material Original:** Calizo - dolomítico  
**Posición fisiográfica:** Ladera.  
**Pendiente:** 10 - 15%  
**Pedregosidad superficial:** Abundante.  
**Drenaje:** Clase 4. Bien drenado.  
**Clasificación tentativa WRB (IUSS, 2007):**  
 Regosol háplico (calcárico)



### Descripción macromorfológica

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
Ah	0 – 10/15	Color Pardo muy oscuro, 7,5YR 2,5/3 en húmedo y pardo 7,5YR 4/3 en seco. Textura franco arenosa. Estructura débil en bloques subangulares pequeños. Blando, muy friable, plástico y ligeramente adherente. Poros abundantes, de todos los tamaños. Frecuentes fragmentos rocosos. Fuerte reacción calcárea. Frecuentes raíces finas. Límite difuso y ondulado.
AC	10/15- 40	Color gris rosáceo, 7,5YR 6/2 en húmedo y blanco rosado 7,5YR 7/1 en seco. Estructura débil en bloque subangulares pequeños. Blando, muy friable, plástico y ligeramente adherente. Frecuentes poros de todos los tamaños. Fuerte reacción calcárea. Escasa raíces muy finas. Neto y ondulado
C	>40	Color gris rosado 7,5YR 7/2 en húmedo y blanco rosado 7,5YR 8/2 en seco. Textura franco arenosa. Sin estructura. Suelto, no plástico, no adherente. Fuerte reacción calcárea. Muy escasas raíces.

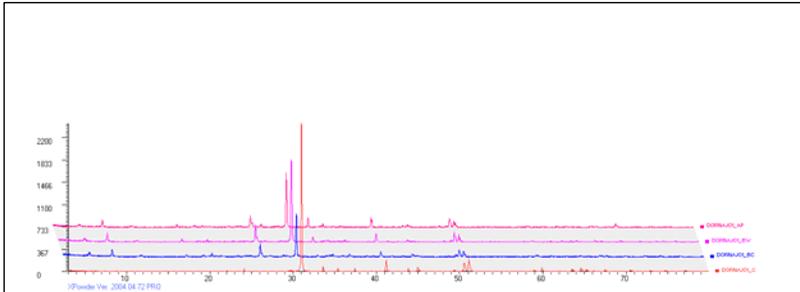
Horiz.	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	HUMEDAD (%)		
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA			33kPa	1500kPa	A.U.
Ah	42,5	64,57	24,83	10,60	83,00	8,26	11,7	6,5	5,2
AC	39,7	68,01	28,73	3,26	98,75	8,71	5,3	2,7	2,6
C	56,3	68,80	28,41	2,76	99,80	9,17	3,8	1,9	1,9

Horiz.	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.				
Ah	Sat.	Sat.	0,02	0,10	11,22	100	2,3	0,20	11,5
AC	Sat.	Sat.	0,02	0,02	3,30	100	0,4	0,03	13,3
C	Sat.	Sat.	0,02	0,00	0,78	100	0,1	0,01	10

## Análisis mineralógico (Rayos X)

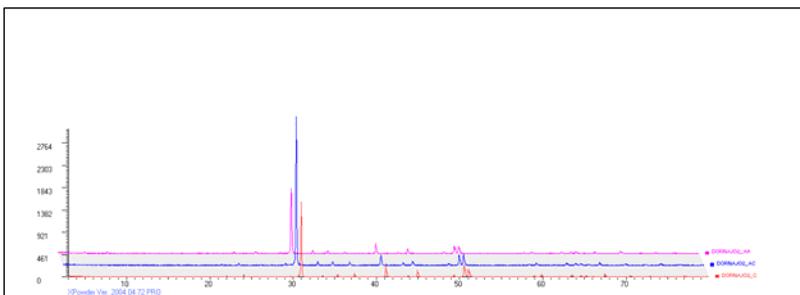
### Dornajo-1

	Dolomita	Calcita	Cuarzo	Filosilicatos
A	82	1	5	9
Bw	83	2	7	8
BC	90	1	5	5
C	100	-	-	-



### Dornajo-2

	Dolomita	Calcita	Cuarzo	Filosilicatos
A	97	trazas	1	2
AC	100	trazas	-	-
C	100	-	-	-



## 2ª PARADA: COLLADO DE LAS SABINAS – RESTAURACIÓN DE ESCOMBRERA

La parada corresponde a la restauración de una escombrera. La vegetación potencial correspondería a un sabinal-piornal sobre calizas o calizo-dolomías duras, como el descrito en la parada anterior y que es posible observar en las zonas próximas al vertido.

El origen de esta escombrera es el vertido ilegal de miles de toneladas de escombros procedentes de las obras llevadas a cabo en la Estación Invernal de Sierra Nevada, con motivo de la Copa del Mundo de Esquí Alpino, en 1994. Este vertido sepultó la vegetación y con ella parte de la población de una de las especies más raras de Sierra Nevada, *Odontites granatensis*. Además este vertido compuesto por micaesquistos del complejo nevado-filábride, tenía distinta naturaleza geológica a la roca original del suelo (calizas y calizo-dolomías alpujárrides).



*Trabajos de plantación para la restauración del Collado de las sabinas.*

Con motivo de la concesión a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, de un Proyecto Life cofinanciado por la Unión Europea, en otoño de 2001 se realizó una remediación de la zona afectada por este vertido. La preparación del suelo consistió en un laboreo con ripper y aporte de rocas de gran tamaño para facilitar la integración paisajística. Posteriormente se realizó una plantación con distintas especies de matorral almohadillado. Así como una hidrosiembra con distintas especies de pastizal y piornal.

Tras un primer periodo en que proliferaron, junto a las especies introducidas, otras espontáneas y colonizadoras como cardos (*Cirsium odontolepis*), posteriormente hubo una proliferación *Artemisia campestris*. Actualmente estas especies colonizadoras están desapareciendo y están siendo sustituidas por especies típicas de la vegetación del sabinar-piornal de calizas o del enebreal-piornal silíceo como *Festuca indigesta*, *F. hystrix*,

*Astragalus granatensis*, *Vella spinosa*, *Poa ligulata*, *Genista versicolor*, *Acinos alpinus*, *Helianthemum apenninum*, *Hormathophylla spinosa*, *Dactylis glomerata* subsp. *juncinella*, *Koeleria crassipes* o *Jurinea humilis*.

En esta zona se ha llevado un seguimiento de la evolución del suelo y la vegetación analizando muestras, en los años 2001, 2002, 2003, 2006 y 2010, en tres zonas diferentes. Una zona en la que no se realizó ningún trabajo de remediación (M1) y dos zonas remediadas, una en pendiente (M2) y otra en posición llana (M3). Algunos resultados se muestran a continuación.



**Suelo en 2001**



**Suelo en 2010**

## Escombrera

**Localidad:** Carretera del Dornajo

**Coordenadas UTM:** 30S0462636 - 4108011

**Altitud:** 2.150 m

**Vegetación:** Piornal abierto.

**Material Original:** Calizo – dolomítico (cubierto por micaesquistos del complejo alpujarride)

**Posición fisiográfica:** Ladera.

**Pendiente:** 10 - 15%

**Pedregosidad superficial:** Abundante.

**Drenaje:** Clase 4. Bien drenado.

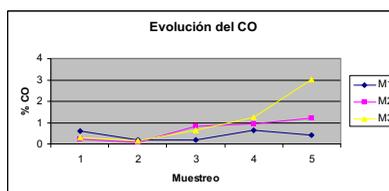
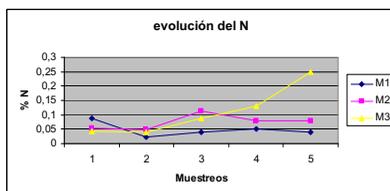
**Clasificación tentativa WRB (IUSS, 2007):** Tecnosol ekanico

Muestras	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	HUMEDAD (%)		
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA			33kPa	1500kPa	A.U.
M1	76,7	59,30	27,26	13,44	0,70	7,48	16,0	6,6	9,4
M2	51,5	59,71	23,08	17,21	8,63	8,25	16,6	5,5	11,1
M3	51,4	57,67	26,90	15,43	14,10	7,39	22,1	12,0	10,1

muestras	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.				
M1	2,75	0,92	0,05	0,18	6,54	59,62	0,43	0,04	10,75
M2	8,35	1,67	0,05	0,13	9,35	100	1,22	0,08	14,81
M3	11,45	3,25	0,03	0,29	20,80	72,18	3,03	0,25	12,12

Muestras	2001		2002		2003		2006		2010	
	C.O.(%)	N(%)	C.O.(%)	N(%)	C.O.(%)	N(%)	C.O.(%)	N(%)	C.O.(%)	N(%)
M1	0,59	0,089	0,19	0,024	0,19	0,041	0,63	0,05	0,43	0,04
M2	0,21	0,054	0,09	0,049	0,83	0,114	0,93	0,08	1,22	0,08
M3	0,31	0,043	0,16	0,04	0,63	0,087	1,26	0,13	3,03	0,25

M1= control, M2= talud remediado, M3 =zona llana; profundidad: 10 cm.



### 3ª PARADA: COLLADO DEL DIABLO - ENEBRALES-PIORNALES.

Este tipo de vegetación aparece sobre sustratos silíceos a partir de los 1800-1900 m.snm y hasta unos 2800-2900 (3000 en orientaciones sur), exclusivamente sobre materiales Nevado-Filábrides, siendo su límite inferior, el límite altitudinal de los planifolios (como la encina o el roble melojo).

Estas formaciones son características de alta montaña mediterránea y presentan una forma típica en almohadilla (forma pulvinular) como respuesta a las condiciones ambientales. Con esta forma geométrica (la esfera es la figura geométrica que presenta un mayor volumen con una menor superficie), las especies intentan ofrecer la mínima superficie de manera que se protegen contra el frío en el período invernal (forman una especie de iglú al quedar recubiertas por la nieve) y reducen la pérdida de agua en el verano.

Este tipo de vegetación está caracterizada por la presencia abundante de enebros rastreros (*Juniperus communis* subsp. *alpina*) y sabinas (*Juniperus sabinia*), siendo más raros el agracejo (*Berberis hispanica*) y escaramujo (*Rosa sicula*). En los claros de este enebreal y en las zonas con menos suelo aparecen piornos, siendo los más frecuentes *Genista versicolor* (foto 10) y *Cytisus galianoi*. También encontramos especies de gramíneas vivaces como el rompebarrigas (*Festuca indigesta*) *Deschampsia flexuosa* subsp. *iberica*, *Corinephorus canescens* o *Poa ligulata*, y matorral bajo, donde encontramos especies como *Jurinea humilis*, *Arenaria tetraquetra* subsp. *amabilis*, *Leontodon boryi*, *Leucanthemopsis pectinata*, *Senecio boissieri*, *Jasione amethystina*, *Thymus serpylloides* subsp. *serpylloides*, *Erysimum nevadense*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *pseudoarundana*, *Hormathophylla spinosa*, *Acinos alpinus*. Son formaciones de bajo porte y escasa cobertura, pero con una gran variedad de especies, muchas de ellas endémicas.

El manejo tradicional de estas formaciones consistía en la quema de enebrales y piornales para conseguir pastos vivaces. Este manejo, frecuente hasta la década de 1970, se ha abandonado, pero tanto los enebros como las sabinas que se regeneran con dificultad, son más escasos, mientras que el piornal que se recupera tras unos 10 años, domina ampliamente la mayoría de los parches de vegetación.

#### Collado del diablo

**Localidad:** Hoya de San Francisco

**Coordenadas UTM:** 30S464248 - 4107510

**Altitud:** 2.350 m

**Vegetación:** Enebral.

**Material Original:** Micaesquistos granatizados, cuarcita con esquistos

**Posición fisiográfica:** Ladera ligeramente cóncava.

**Pendiente:** 19 %

**Pedregosidad superficial:** Abundante.

**Drenaje:** Clase 2, imperfectamente drenado.

**Clasificación tentativa WRB (IUSS, 2007):**

Umbrisol endogleico (hiperdístrico)

**Descripción macromorfológica**



Hor.	Prof. (cm)	Descripción
Ah1	0-10	Color negro, 2,5Y 2/1 en húmedo y gris muy oscuro, 2,5Y 2,5/1.en seco. Textura franco arenosa. Estructura migajosa. Blando, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Poros muy abundantes, finos. Pocas gravas planas. Escasa reacción calcárea. Abundantes raíces finas y muy finas. Límite neto y plano.
Ah2	10-18	Color pardo grisáceo muy oscuro, 2,5Y 3/2 en húmedo y pardo grisáceo oscuro, 2,5Y 4/2 en seco. Textura franco arenosa. Estructura granular. Blando, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Abundantes poros finos. Escasos fragmentos rocosos muy saprolitizados y orientados. Sin reacción calcárea. raíces medianas y finas. Límite difuso y plano
2Ah3	18-45	Color pardo grisáceo muy oscuro, 2,5Y 3/2 en húmedo y pardo grisáceo oscuro, 2,5Y 4/2 en seco. Textura franco arenosa. Estructura granular en bloques pequeños. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Abundantes poros muy finos. frecuentes raíces medianas. Límite difuso y ondulado.
2Bwg	45-75	Color pardo oliva, 2,5Y 5/3 en húmedo y pardo amarillento claro, 2,5Y 6/3 en seco. Abigarrado. Textura franco arenosa. Estructura en bloques subangulares pequeños. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Abundantes poros medianos y finos. frecuentes raíces medianas y gruesas. Límite difuso y plano
3Cr	>75	Color pardo grisáceo, 2,5Y 5/2 en húmedo y gris pardo claro, 2,5Y 6/2 en seco. Abigarrado, con manchas gris-verdosas. Textura franca. Estructura masiva. Ligeramente duro, muy friable, no plástico y ligeramente adherente. Escasos poros. Escasas raíces.

Horiz.	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	HUMEDAD (%)		
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA			33kPa	1500kPa	A.U.
Ah1	14,8	57,81	25,16	17,03	8,03	7,23	25,6	18,5	7,1
Ah2	29,8	65,67	18,62	15,70	4,46	7,17	16,6	9,3	7,3
2Ah3	66,2	60,76	20,74	18,50	1,41	7,2	20,2	8,2	12,0
2Bwg	59,3	61,25	23,01	15,74	0,00	6,91	14,9	5,4	9,5
3Cr	18,5	47,08	30,35	22,57	0,40	6,96	27,2	9,2	18,0

Horiz.	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.				
Ah1	21,15	4,17	0,08	0,28	24,52	100	6,21	0,47	13,10
Ah2	8,55	1,83	0,03	0,18	18,43	57,5	2,34	0,16	14,24
2Ah3	3,45	1,42	0,07	0,14	18,43	27,5	0,9	0,08	11,25
2Bwg	3,45	1,42	0,07	0,14	18,43	27,5	0,81	0,07	11,03
3Cr	1,65	1,17	0,13	0,02	8,78	33,8	0,40	0,06	6,92

#### 4ª PARADA: CABECERA DEL RÍO SAN JUAN-BORREGUILES

En la zona de cumbres, gracias al agua proveniente del deshielo se desarrolla un pastizal higrófilo, de gran importancia tanto a nivel paisajístico, por aportar un importante colorido, como desde el punto de vista ganadero, por ser la principal fuente de pastos en verano.



Aquí se desarrollan distintas comunidades vegetales, que se disponen según el grado de humedad del sustrato. Estas formaciones de pastizales, que localmente reciben el nombre de borreguiles, incluyen además de los pastizales higrófilos, las comunidades propias de arroyos, fuentes, turberas y aguas nacientes.

A continuación describimos las comunidades, empezando por las que aparecen en áreas con menor humedad y terminando por las situadas sobre zonas encharcadas durante casi todo el verano.



*Borreguiles en la cabecera del río san Juan*

Sobre suelos algo húmedos, constituyendo el **borreguil seco** y marcando la transición a los borreguiles propiamente dichos, se encuentra un pastizal de cobertura media donde abundan especies como el lastón (*Agrostis nevadensis*), *Potentilla nevadensis*, la estrella de las nieves (*Plantago nivalis*), la piel de león o papo (*Arenaria tetraquetra* subsp. *amabilis*). A continuación se encuentra un **pastizal denso**, situado en zonas con humedad constante durante todo el verano; entre las especies que lo integran destacan el cervuno (*Nardus stricta*), *Festuca iberica*, *Scorzonerooides microcephala*, *Luzula hispanica*, *Ranunculus demissus* y *Campanula herminii*. En las zonas pedregosas que forman promontorios, aparece una variación de este borreguil, caracterizada por la presencia de arándanos (*Vaccinium uliginosum* var. *nana*) y ranillos de las nieves (*Ranunculus acetosellifolius*).

En Sierra Nevada son raras las condiciones que permiten la existencia de turberas, puesto que son escasas las zonas encharcadas permanentemente, de aguas remansadas y que mantienen el nivel hasta el otoño, que provocan las condiciones de anoxia (falta de oxígeno en el substrato) características de las turberas. No obstante se encuentran **turberas incipientes** restringidas a pequeñas zonas donde se dan condiciones parecidas. Las comunidades que se asientan en ellas están caracterizadas por la presencia de ciperáceas como *Carex intricata*, *C. echinata*, *C. lepidocarpa*, *Eleocharis quinqueflora*, junto a otras especies como *Festuca frigida* o *Juncus articulatus*. Estas comunidades ricas en ciperáceas tienen su óptimo en la región Eurosiberiana boreal,

siendo más raras en las altas montañas mediterráneas, donde están restringidas a pequeños enclaves encharcados casi todo el verano.

En cuanto a la vegetación desarrollada en fuentes y cursos de agua nacientes, destacan comunidades de musgos (*Philonotis seriata*, *Polytrichum juniperinum*, *Brachythecium rivulare*, *Bryum schleicheri*, *Pellia epiphylla*), que forman unas llamativas almohadillas de color verde claro, entre las que aparecen especies como *Saxifraga stellaris* subsp. *alpigena*, *Veronica nevadensis*, *Cerastium cerastoides*, *Ranunculus angustifolius* subsp. *alismoides*, *Sedum melanantherum* y *Festuca rivularis*.

#### Datos analíticos por profundidades del borreguil

**Localidad:** Cabecera del río San Juan

**Coordenadas UTM:** 30S0466725 - 4104536.

**Altitud:** 2.540 m

**Vegetación:** Borreguil.

**Material Original:** micaesquistos del complejo alpujárride

**Posición fisiográfica:** Ladera suave

**Pendiente:** 5%

**Pedregosidad superficial:** escasa.

**Drenaje:** Clase 2. Imperfectamente drenado.

**Clasificación tentativa WRB (IUSS, 2007):** Umbrisol histico .



Prof. (cm)	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	CO (%)	N (%)	C/N
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA					
0-10	16,3	25,8	34,7	39,5	-	5,7	22,53	1,39	16,21
10-20	16,7	23,5	43,8	32,7	-	5,6	18,70	1,35	13,85
20-30	12,5	16,2	55,6	28,2	-	5,7	14,61	1,19	12,28
30-40	16,4	20,7	46,7	32,7	-	5,7	15,28	1,35	11,32
>40	18,2	25,1	43,2	31,8	-	5,7	11,87	1,1	10,79









## RUTA 2: GRANADA – ALPUJARRA – ESTRIBACIONES DEL MULHACÉN.

Esta ruta nos lleva en dirección sur hacia la Alpujarra granadina, una de las zonas paisajísticas y turísticas más importantes de la provincia. Ascenderemos por la ladera sur de Sierra Nevada hasta una altitud superior a los 2500 metros y se realizarán dos paradas en las que abordaremos temáticas relacionadas, por un lado, con las propiedades de los suelos en relación a las repoblaciones forestales, y por otro, con la formación de configuraciones ordenadas en suelos afectados por procesos periglaciares.

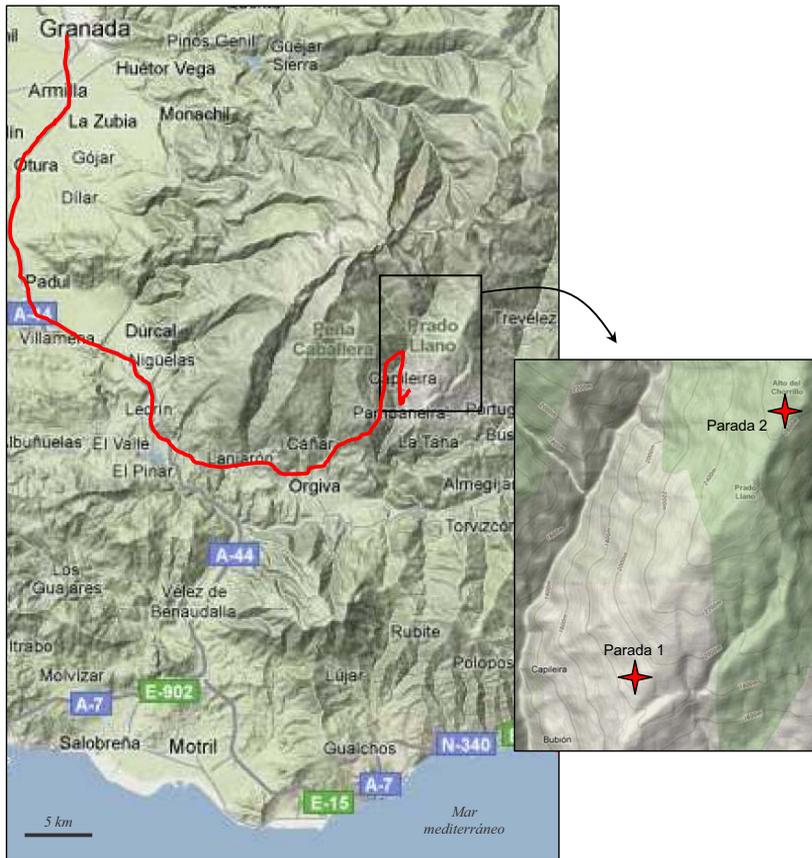


*Figura 2.1. Paisaje de la Alpujarra granadina.*

En la primera parada, se presentan los datos de las principales propiedades de los suelos sometidos a repoblaciones forestales de pinos en relación al matorral (piornal) típico de estas zonas, y prestaremos especial atención a las propiedades hídricas de los mismos basadas en diversas experiencias realizadas mediante simulación de lluvia.

En la segunda parada llegaremos a las estribaciones del Mulhacén y observaremos la actuación de procesos periglaciares sobre la morfología y estructura de los suelos, prestando especial atención a la formación de configuraciones ordenadas (suelos poligonales y estriados).

## Itinerario: Granada – Capileira - Mulhacén



Parada 1: Efecto de las repoblaciones sobre las propiedades del suelo.

*Los suelos de montaña: influencia de la vegetación.*

*Las repoblaciones forestales. Influencia sobre las propiedades hídricas del suelo.*

Parada 2: Los suelos y el periglacialismo.

*Geomorfología del paisaje periglacial.*

*Suelos poligonales y estriadados: características y formación.*

## Vegetación

La vegetación de la Alta Alpujarra se caracteriza fundamentalmente por la escasa presencia de masas arbóreas de origen natural. La sobreexplotación de los recursos naturales y concretamente de los bosques persistió durante siglos, bien por tala directa para la obtención de leñas y materiales de construcción, o bien debido al carboneo, sobrepastoreo, incendios para la obtención de pastos o desmonte y roturación para cultivo, etc. Debido a estas causas se estima que el 90% de los bosques naturales de frondosas desaparecieron de Sierra Nevada (Jiménez Olivencia, 1991).

En la Alta Alpujarra, las partes medias y bajas de las laderas (termotipos meso y supramediterráneo) debieron estar cubiertas por distintos tipos de encinares (*Quercus rotundifolia*), la mayoría silicícolas, robledales o melojares (*Quercus pyrenaica*), estos últimos asociados a condiciones edafoclimáticas que le permiten una mayor disponibilidad hídrica durante el período vegetativo, bien por condiciones de umbría, mayor precipitación, o mayor capacidad de retención de agua del suelo. Estos robledales son relictos en Sierra Nevada y otras zonas de Andalucía, de manera que se encuentran en un delicado equilibrio y constituyen masas de gran valor biológico, ecológico y biogeográfico (Lorite, 2002).



Figura 2.2. Aspecto invernal de un robledal de roble melojo (*Quercus pyrenaica*) y encinar (*Quercus rotundifolia*) en la Alta Alpujarra.

Recientes trabajos sobre la dinámica evolutiva del paisaje vegetal de la Alta Alpujarra (Camacho et al., 2002) demuestran una relativa expansión de los bosques de encinas y la estabilización con ligero progreso de los bosques de robles, producido fundamentalmente por el abandono agrícola que viene produciéndose en estas zonas de montaña mediterránea desde hace décadas (Tabla 2.1.).

<i>Categorías</i>	<i>1957</i>	<i>1974</i>	<i>1987</i>	<i>2001</i>
Encinar	168,98	214,12	307,09	307,15
Encinar con castañar	47,20	55,31	55,31	55,31
Encinar aclarado	406,55	396,26	390,89	414,09
Chaparral	31,74	47,76	50,44	47,45
TOTAL	654,47	713,45	803,73	824,00

<i>Categorías</i>	<i>1957</i>	<i>1974</i>	<i>1987</i>	<i>2001</i>
Robledal	717,13	1.227,81	1.233,73	1140,14
Robledal con encinar	514,36	515,54	515,54	515,54
Robledal aclarado	397,82	0,00	0,00	93,65
TOTAL	1.629,31	1.743,35	1.749,27	1749,33

*Tabla 2.1. Evolución de la superficie en hectáreas de encinares y robledales de roble melojo en la Alta Alpujarra en las últimas décadas (Obtenido de Camacho et al., 2002).*

Por encima de aproximadamente los 1900 metros (termotipo oromediterráneo), la vegetación potencial está constituida por un enebral-piornal bien conservado y de gran extensión, que tradicionalmente ha mantenido un uso ganadero extensivo. Este matorral orófilo con fuertes adaptaciones a la altitud, también ha actuado como fuente colonizadora de los cultivos de altura que se han abandonado. Por otra parte, en ciertas zonas, este matorral ha sido degradado bien por exceso de carga ganadera o bien por alta recurrencia de incendios para la obtención de pastos. En otras se ha sometido a la repoblación intensiva con diferentes especies de coníferas a elevadas densidades.



*Figura 2.3. Aspecto primaveral del enebral-piornal oromediterráneo nevadense dominado por el enebro rastrero (*Juniperus communis*) y por los piornos (*Genista versicolor* y *Cytisus galinoi*).*

Aunque no hay constancia histórica de la existencia de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) en esta área, pudo haber existido de forma natural hasta no hace mucho tiempo atrás ya que se encuentra en otras zonas de sierra Nevada y en la vecina sierra de Baza bajo similares condiciones ecológicas.

### **Repoblaciones forestales**

Las tareas de repoblación en España parten de una grave situación de deforestación derivada de la fuerte presión ejercida por el hombre durante siglos sobre terrenos que no admiten otro destino racional que el silvícola, de modo que los bosques autóctonos quedaron reducidos a pequeñas manchas ubicadas en suelos de ínfima calidad y protegidos por lo inaccesible de su localización. Esto, unido al hecho de constituir España un país fuertemente deficitario en madera, podría explicar en principio la importante empresa de repoblación que se ha llevado a cabo en Sierra Nevada desde 1929, año en que comenzaron los trabajos en la cuenca del río Lanjarón.

Sin embargo, y al igual que otras muchas zonas montañosas peninsulares, si en algún momento el desabastecimiento nacional de productos forestales pudo constituir una exigencia, el verdadero interés de los trabajos de repoblación radica en su importante contribución a la restauración hidrológica. En este sentido hay que recordar que fueron los propios ayuntamientos y particulares interesados los que instaron al Gobierno a poner freno a las inundaciones catastróficas que se venían produciendo en la cuenca del Guadalfeo desde 1860, y que se han repetido hasta 1973 (Jiménez Olivencia, 1991). También muchos municipios de la comarca del Marquesado del Zenete presentaron propuestas de repoblación antes de que el Estado aprobase los oportunos Planes, entre otras cosas para paliar el paro y la hambruna entre la población local.

El régimen irregular de las precipitaciones, unido a un sistema de pendientes que superan el 20% en más del 90% de la superficie, convierte a los cursos de agua en auténticos torrentes, resultando así fenómenos erosivos particularmente intensos. En estas circunstancias la cubierta vegetal se muestra absolutamente imprescindible, siendo capaz por sí sola de hacer descender la pérdida del suelo a una sexta parte en relación con lo que sucedería en terreno raso.

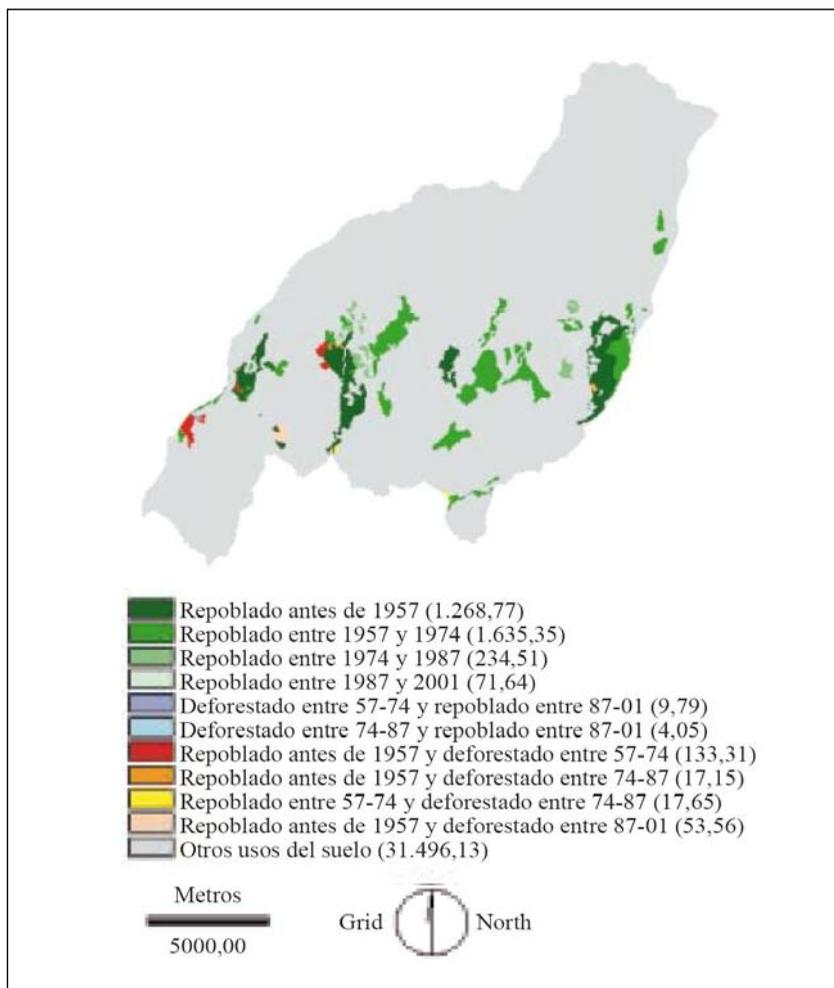
Las primeras obras de restauración hidrológico-forestal se llevaron a cabo en la Alpujarra en los ríos Chico y Sucio (Camacho, *et al.*, 2002), cuyas cuencas estaban fuertemente amenazadas tanto por la fuerza de las aguas de escorrentía como por el deslizamiento de laderas muy inestables compuestas en buena parte por materiales plásticos y deslizantes (filitas Werfenenses). Más tarde estas actuaciones se han extendido al conjunto de la cuenca del Guadalfeo, dado que los pinares instalados en el valle de Lanjarón han demostrado su efectividad para estabilizar definitivamente el suelo.

Los trabajos de repoblación se han llevado a cabo desde las zonas más bajas hasta los 2200 m aproximadamente, abarcando distintos pisos bioclimáticos y ocupando el área potencial de diversas comunidades vegetales. Por tanto se observa una variedad de especies de coníferas (pinos en general) que atiende fundamentalmente a la situación altitudinal, si bien es cierto que es muy difícil establecer límites precisos, ya que existen amplios espacios donde domina una mezcla de dos o más especies. También es frecuente encontrar importantes áreas de bosque natural mezclados con estas especies, dado que ha sido frecuente la práctica de intercalar pinos entre encinas, quejigos o robles con objeto de conseguir una masa más densa.

Se puede decir que la repoblación ha contribuido en gran medida a la estabilización de laderas y a la contención de los procesos erosivos, así como a la generación de una importante biomasa vegetal, aunque no en todos los casos. No por ello hay que desconocer que la política forestal debe ser revisada con objeto de conseguir mejores resultados en el futuro, y en la medida de lo posible corregir sus deficiencias, como por ejemplo lograr la naturalización de estas masas forestales y emplear de forma más generalizada especies autóctonas en los planes de restauración.



*Figura 2.4. Aspecto de las repoblaciones forestales realizadas en el barranco de Poqueira aproximadamente en la franja oromediterránea. Debajo se pueden apreciar formaciones dispersas y bosquetes de robles melojos (*Quercus pyrenaica*).*



*Figura 2.5. Dinámica de las áreas repobladas en la Alta Alpujarra desde 1957 hasta 2001; los valores numéricos se refieren a hectáreas. (obtenido de Camacho et al., 2002).*

# 1ª PARADA: EFECTO DE LAS REPOBLACIONES SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.

## Perfil CAP-1

**Localidad:** Carretera Capileira – Hoya del Portillo - Mulhacén

**Coordenadas UTM:** 470189-4090639

**Altitud:** 1.896 m

**Vegetación:** Pinar de repoblación (~38 años) de *Pinus sylvestris* con algún *Pinus nigra*. Densidad de plantación 1200 pies/ha (clareos frecuentes). Sin sotobosque apreciable.

**Material Original:** Micaesquistos y cuarcitas del Complejo Nevado Filábride.

**Posición fisiográfica:** Ladera convexa.

**Pendiente:** 15%

**Pedregosidad superficial:** Sin piedras.

**Drenaje:** Clase 4. Bien drenado.

**Clasificación tentativa WRB (IUSS, 2007):** Umbrisol cámbico.



## Descripción macromorfológica

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
O1	4-3	Hojarasca fresca o muy poco descompuesta.
O2	3-0	Hojarasca transformada, estratificada en función de sus diferentes grados de descomposición. Presencia de micelios de hongos.
Ah1	0-4	Color pardo 10YR 4/3 en seco y pardo muy oscuro 10YR 2/2 en húmedo. Textura franca. Ligeramente duro, muy friable, no plástico y no adherente. Estructura migajosa fina débil. Pocas raíces finas y micelios de hongos hacia el contacto con el horizonte O. Frecuentes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica. Límite neto y plano con el horizonte subyacente.
Ah2	4-21	Color pardo 10YR 5/3 en seco y pardo oscuro 10YR 3/3 en húmedo. Textura franco limosa. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Estructura migajosa fina muy débil. Abundantes raíces medias y frecuentes raíces finas. Abundantes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica. Límite neto y plano con el horizonte subyacente.
Bw	21-45	Color pardo oscuro 10YR 3/3 en seco y pardo muy oscuro 10YR 2/3 en húmedo. Textura franca. Ligeramente duro, friable, plástico y ligeramente adherente. Estructura en bloques subangulares pequeños muy débil tendiendo a suelta. Muy abundantes raíces medias, alguna gruesas y escasas raíces finas. Abundantes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica. Límite gradual con el horizonte subyacente.
C	>45	Color pardo 10YR 5/3 en seco y pardo 10YR 4/3 en húmedo. Textura franca Suelto, no plástico y no adherente. Sin estructura. Escasas raíces medias. Muy abundantes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica (75% en volumen).

**Datos analíticos:**

Horiz.	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	HUMEDAD (%)		
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA			33kPa	1500kPa	A.U.
Ah1	54,1	32,9	49,7	17,4	0,31	6,55	19,7	8,6	11,1
Ah2	55,6	28,9	52,1	19,0	0,20	6,47	15,1	4,9	10,2
Bw	49,1	41,6	41,3	17,1	0,38	6,12	15,7	5,5	10,2
C	65,3	44,2	40,7	15,1	0,54	6,19	11,6	3,2	8,3

Horiz.	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.				
Ah1	7,50	1,92	0,06	0,29	21,02	46,4	5,44	0,22	25,0
Ah2	2,80	1,00	0,05	0,22	11,04	36,9	1,98	0,09	22,6
Bw	1,70	0,75	0,06	0,08	8,54	30,3	1,09	0,07	14,7
C	0,50	0,42	0,02	0,04	5,83	15,9	0,15	0,04	3,5



*Figura 2.6. Detalle de estructura migajosa en horizonte Ah de pinar.*

## Perfil CAP-2

**Localidad:** Carretera Capileira – Hoya del Portillo - Mulhacén

**Coordenadas UTM:** 470179-4090659

**Altitud:** 1.896 m

**Vegetación:** Mezcla de piornal – pastizal de alta montaña (mezcla de las asociaciones *Genisto versicoloris-Juniperetum nanae* y *Arenario granatensis Festucetum indigestae*). 75% cobertura total, con 25% de cobertura de especies perennes y el resto herbáceas.

**Material Original:** Micaesquistos y cuarcitas del Complejo Nevado Filábride.

**Posición fisiográfica:** Ladera convexa.

**Pendiente:** 15%

**Pedregosidad superficial:** Sin piedras.

**Drenaje:** Clase 4. Bien drenado.

**Clasificación tentativa WRB (IUSS, 2007):** Umbrisol cámbico.



### Descripción macromorfológica

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
O	1-0	Hojarasca medianamente transformada.
Ah	0-12	Color pardo grisáceo oscuro 10YR 4/2 en seco y pardo muy oscuro 10YR 2/2 en húmedo. Textura arenosa. Blando, muy friable, no plástico, no adherente. Estructura migajosa fina débil. Abundantes raíces finas y muy finas. Frecuentes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
AB	12-21	Color pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 en seco y pardo oscuro 10YR 3/3 en húmedo. Textura franca. Ligeramente duro, muy friable, no plástico, ligeramente adherente. Estructura migajosa fina débil tendiendo a bloques pequeños muy débiles. Abundantes raíces finas y muy finas. Frecuentes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
Bw	21-46	Color pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 en seco y pardo amarillento oscuro 10YR 3/4 en húmedo. Textura franco limosa. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adherente. Estructura bloques subangulares pequeños muy débil tendiendo a suelta. Frecuentes raíces finas, escasas muy finas. Abundantes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
C	>46	Color pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y pardo amarillento 10YR 5/4 en húmedo. Textura franco limosa. Suelto, no plástico, no adherente. Sin estructura. Muy escasas raíces. Muy abundantes fragmentos rocosos de naturaleza esquistosa y cuarcítica (75% en volumen).

**Datos analíticos:**

Horiz.	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	HUMEDAD (%)		
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA			33kPa	1500kPa	A.U.
Ah	61,1	88,2	7,2	4,6	0,33	6,14	17,7	11,7	6,0
AB	52,6	48,8	38,3	12,9	0,26	6,27	14,9	4,9	9,9
Bw	60,3	29,1	51,9	19,0	0,66	6,35	18,2	5,1	13,1
C	46,6	29,7	50,3	20,0	0,30	6,24	17,1	4,1	13,0

Horiz.	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )					V(%)	C.O.(%)	N(%)	C/N
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.				
Ah	3,85	1,17	0,04	0,22	16,20	32,6	4,06	0,25	16,2
AB	1,80	0,58	0,03	0,18	8,02	32,3	1,11	0,11	10,1
Bw	1,25	0,58	0,03	0,10	5,83	33,6	0,47	0,08	6,7
C	0,90	0,45	0,03	0,09	4,41	31,9	0,31	0,05	6,2



*Figura 2.7. Detalle de estructura migajosa en horizonte Ah de piñal.*

## Experiencias con simulador de lluvia:

Pinar de repoblación:

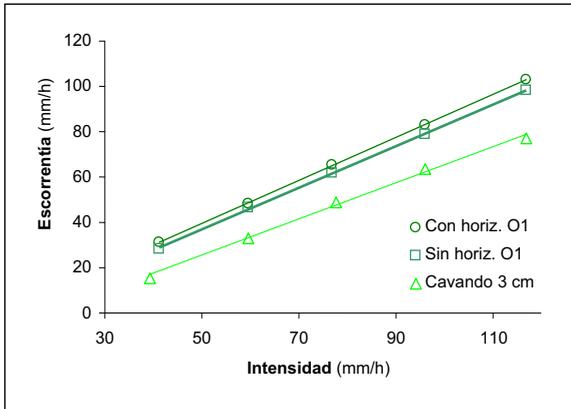


Figura 2.8. Relación entre la intensidad de lluvia y la escorrentía en el pinar de repoblación con diferentes tratamientos superficiales (Horizonte O1: hojarasca fresca)

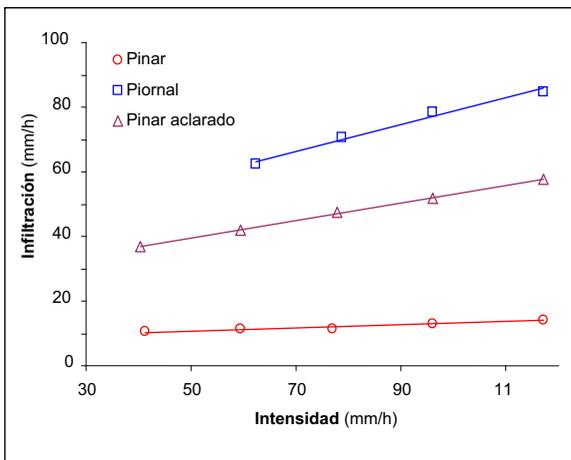


Figura 2.9. Comparación de las tasas de infiltración en función de la intensidad de lluvia para tres tipos de vegetación de la zona: a) pinar de repoblación; b) piornal de alta montaña; c) pinar de repoblación tras aclarado.

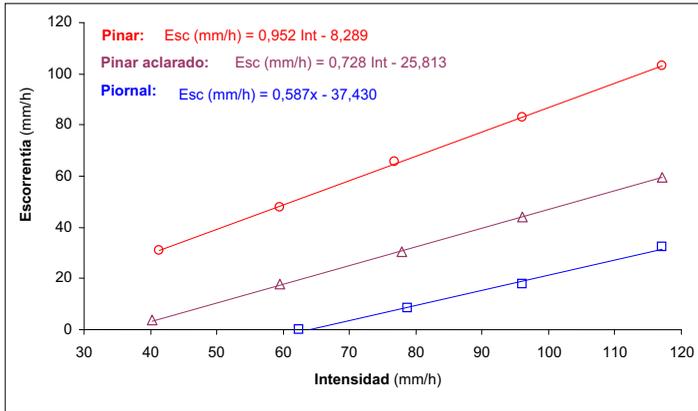


Figura 2.10. Escorrentía de los suleos con diferente vegetación em función de la intensidad de lluvia. Intensidades de lluvia crítica: Pinar = 9 mm/h; Pinar aclarado = 35 mm/h; Piornal = 63 mm/h

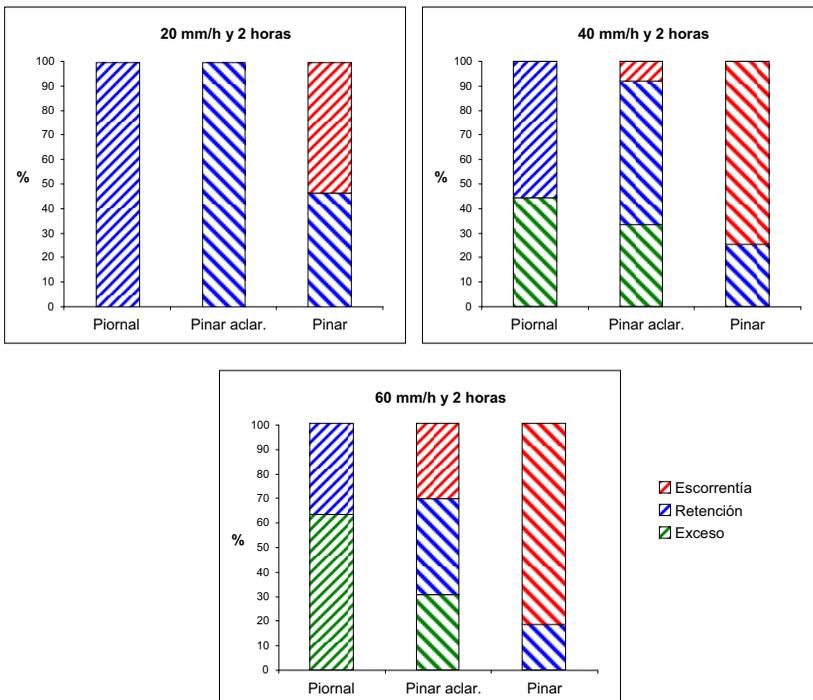


Figura 2.11. Reparto del agua de lluvia en los diferentes tipos de vegetación para diferentes intensidades de lluvia y 2 horas de duración del evento

## 2ª PARADA: Los suelos y el periglaciario. Alto del Chorrillo.

La morfología de Sierra Nevada se relaciona con las diferentes fases de levantamiento y con la actuación de los diversos procesos geomorfológicos (erosivos, transposicionales y de depósito), entre los que destacan los episodios glaciares y periglaciares ocurridos en los últimos 1,7 Ma en la región.

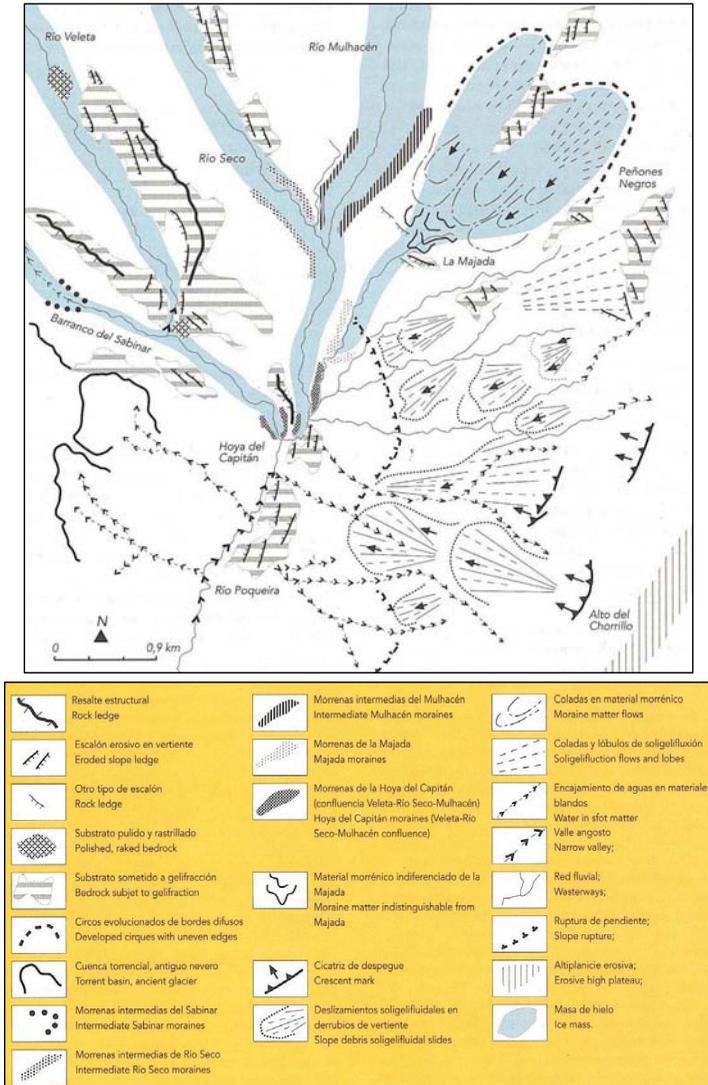


Figura 2.12. Principales morfologías glaciares y periglaciares de la Hoya del Capitán y del valle del Poqueira (obtenido de Gómez et al. 2002).

El periglacialismo en Sierra Nevada tiene una enorme importancia como agente modelador del paisaje, ya que participa en la creación de formas propias o remodela las ya existentes, incluyendo las de origen glaciar. Las morfologías creadas aparecen en toda Sierra Nevada de forma generalizada por encima de los 2500 metros de altitud. (Gómez et al., 2002). De los grandes tipos de formas representativas se destacan: los glaciares rocosos, los depósitos de gelisoliflucción y las figuras geométricas (suelos poligonales y estriados, entre otras).

Las formas deposicionales más características se asocian a procesos de gelifracción, caída libre, avalanchas y movimientos intersticiales, los cuales generan glaciares rocosos y canchales caracterizados por amontonamientos caóticos de bloques de diferente tamaño de aristas bien definidas. Desde el punto de vista morfogénético, se clasifican como formas transicionales entre la dinámica glaciar y periglacial (Tricart y Cailleux, 1967).

En los niveles más altos de Sierra Nevada aparecen enrasamientos, cuyo origen primitivo son jirones de superficies de erosión preglaciares. En realidad, se trata de superficies de crioplanación que se labraron durante los períodos fríos pleistocenos por la acción combinada de la crioclastia, que eliminó los resaltes rocosos, y de la geliflucción, que extendió los productos liberados a lo largo y ancho de la planicie preexistente; ello explica el mar de cascajos (*mer de roches*) que tiende a recubrir el suelo.



Figura 2.13. Laguna del Caballo y valle glaciar del río Lanjarón.

En esta parada vamos a prestar especial atención a las figuras geométricas, que se producen asociadas a estas superficies de crioplanación del Pleistoceno y que forman configuraciones ordenadas cerradas (suelos poligonales) o abiertas (suelos estriados) de acuerdo con el valor de la pendiente sobre la que aparecen.

Este tipo de morfologías presentan características diferentes en función de su localización dentro del macizo montañoso (Simón et al., 1994). En altitudes por encima de los 3000 m (valle de Lanjarón), los polígonos o estrias tienen un tamaño métrico y están inactivos; mientras que por debajo de los 2800 m (valle del Mulhacén) estas configuraciones son actuales y tienen tamaño centimétrico.

## Suelos poligonales del Valle de Lanjarón.

Los suelos que se desarrollan bajo los terrenos configurados en esta zona presentan una textura gruesa, con un escaso contenido en arcilla y un elevado contenido en grava. Estas configuraciones, polígonos o estrías en función de la pendiente, son de tamaños métricos en el Valle de Lanjarón.

El suelo presenta una clara ondulación de sus horizontes, conservando con claridad la línea base del horizonte Bw, lo que parece indicar que la deformación se ha producido a partir del empuje de un frente de hielo extendido uniformemente por todo el suelo, es decir, un permafrost. La ondulación del frente de permafrost podría relacionarse con la actuación de las células de convección de Rayleigh mediante una desigual transmisión de calor a la superficie del frente de hielo (Ray et al., 1983).



Figura 2.14. Imagen de suelos poligonales del Valle de Lanjarón.

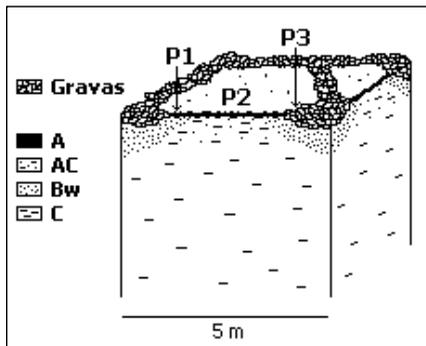


Figura 2.15. Esquema de suelos poligonales del Valle de Lanjarón.

Perfil	Horiz.	CO (%)	Grava (%)	Limo (%)			Fet (%)	Fed (%)
				Arena	Limo	Arcilla		
P1	A	1,48	50,5	51,9	36,7	11,4	4,40	1,60
	Bw	1,18	63,7	48,2	29,9	21,9	4,23	1,80
	C	0,38	47,9	52,0	38,7	9,3	4,55	1,55
P2	A	1,50	46,6	52,0	36,2	11,8	4,41	1,57
	AC	0,63	44,3	50,3	38,5	11,2	4,58	1,55
	C	0,42	48,5	49,7	39,9	10,4	4,57	1,55
P3	Grava	-	100	-	-	-	-	-
	Bw	0,82	60,8	57,4	24,2	18,4	4,11	1,72
	C	0,41	48,1	52,6	38,2	9,2	4,56	1,53

Tabla 2.2. Resultados analíticos de los suelos poligonales del Valle de Lanjarón señalados en el bloque diagrama anterior.

## Suelos poligonales del Alto del Chorrillo (Mulhacén).

Los terrenos configurados de esta zona se caracterizan por sus pequeñas dimensiones, los polígonos miden en torno a 25 cm de diámetro y las estrías están separadas entre sí unos 6 cm. Aunque con una longitud de onda mucho menor, el límite superior de los horizontes B está igualmente ondulado de forma regular y se conserva perfectamente.

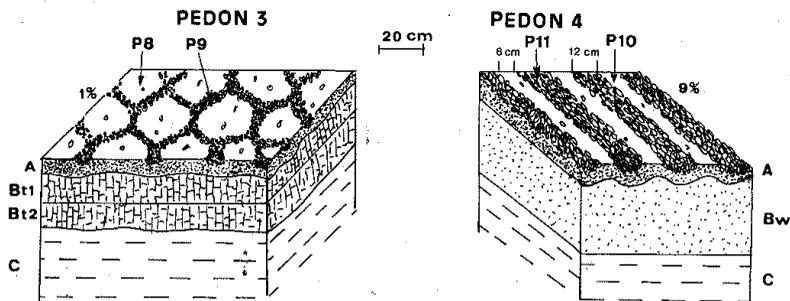


Figura 2.16. Características morfológicas de los terrenos configurados del Alto del Chorrillo y situación de los perfiles estudiados.

El suelo localizado debajo de los bordes y estrías de piedras presenta una clara disminución de la arcilla y el Fed en relación al suelo del centro del polígono y al de entre las estrías.

Perfil	Horiz.	CO (%)	Grava (%)	Arena	Limo	Arcilla	Fet (%)	Fed (%)
				(%)	(%)	(%)		
P8	A	0,93	23,3	29,2	35,8	35,0	5,95	3,18
	Bt1	0,55	23,2	27,7	24,4	47,9	6,61	4,45
	Bt2	0,49	45,6	37,3	23,2	39,5	6,23	4,07
	C	0,24	59,2	47,7	35,6	16,7	5,22	2,33
P9	Grava	0,61	78,4	77,9	12,9	9,2	5,12	2,32
	A	0,86	27,2	52,3	21,5	26,2	5,71	2,96
	Bt1	0,51	22,8	28,0	25,7	46,3	6,67	4,31
	Bt2	0,46	46,1	34,1	25,9	40,0	6,30	4,01
	C	0,28	62,0	46,9	36,5	16,6	5,22	2,30
P10	A	0,58	44,9	42,9	35,7	21,4	5,93	2,62
	Bw	0,54	45,8	48,7	28,8	22,5	5,84	2,62
	C	0,19	66,7	81,3	8,4	10,3	5,69	2,25
P11	Grava	-	100	-	-	-	-	-
	A	0,42	55,3	52,5	31,3	16,2	5,38	2,16
	Bw	0,51	46,1	49,2	29,1	21,7	5,81	2,60
	C	0,20	67,2	81,0	9,2	9,8	5,66	2,21

Tabla 2.3. Resultados analíticos de los suelos del bloque diagrama anterior.

## Perfil ALTO DEL CHORRILLO

**Localidad:** Alto del Chorrillo – ladera SW del Mulhacén

**Coordenadas UTM:** 472986-4096301

**Altitud:** 2.709 m

**Vegetación:** Mezcla de piornal – pastizal de alta montaña (mezcla de las asociaciones *Genisto versicoloris-Juniperetum nanae* y *Arenario granatensis Festucetum indigestae*).

**Material Original:** Micaesquistos y cuarcitas del Complejo Nevado Filábride.

**Posición fisiográfica:** Llanura de crioplanación.

**Pendiente:** 4%

**Pedregosidad superficial:** Moderadamente pedregoso.

**Drenaje:** Clase 4. Bien drenado.

**Clasificación tentativa WRB (IUSS, 2007):** Acrisol háplico abrupto crómico.



### Descripción macromorfológica

Hor.	Prof. (cm)	Descripción
A	0-11	Color pardo amarillento brillante 10YR 6/2 en seco y pardo amarillento oscuro 10YR 4/6 en húmedo. Textura franca. Estructura laminar. Muy abundantes poros vesiculares (acción hielo-deshielo). Pequeños polígonos (17 cm diámetro aproximado) de fragmentos de piedras en superficie. Abundante grava fina orientada verticalmente. Muy escasas raíces. No calcáreo. Límite brusco.
Bt1b	11-33	Color rojo amarillento 5YR 5/6 en seco y rojo amarillento 5YR 4/6 en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares y subangulares de hasta 2,5 cm. Frecuente grava fina. Muy escasas raíces. Límite neto.
Bt2b	33-45	Color rojo amarillento 5YR 5/6 en seco y rojo amarillento 5YR 4/6 en húmedo. Textura franco arcillosa. Estructura en bloques angulares y subangulares. Abundante grava de tamaños variados (hasta 10 cm), muy alterada, tipo regolita. Sin raíces. No calcáreo. Límite difuso.
BCb	45-70	Color pardo fuerte 7,5YR 5/6 en seco y pardo 7,5YR 4/4 en húmedo. Textura franco arcillosa. Estructura en bloques angulares y subangulares. Abundante grava muy heterométrica y muy alterada. Sin raíces. No calcáreo. Límite difuso.
Cb	>70	Color pardo fuerte 7,5YR 5/6 en seco y pardo 7,5YR 4/4 en húmedo. Textura franco arcillo arenosa. Estructura masiva. Abundante grava de gran tamaño. Sin raíces. No calcáreo.

## Datos analíticos

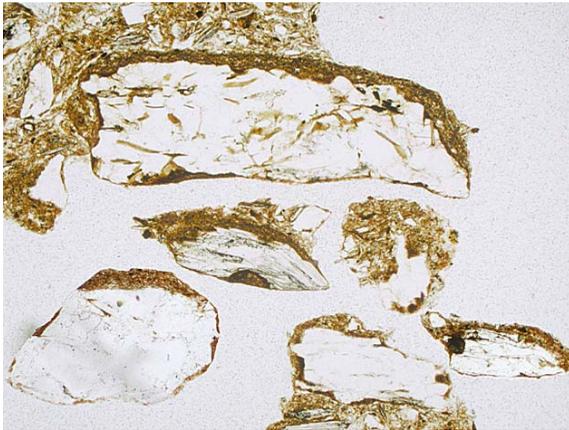
Horiz.	TEXTURA (%)				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA				
A	58,0	41,8	38,5	19,7	0,50	6,5	7,55	19,70
Bt1b	34,0	23,7	22,2	54,1	0,40	5,7	10,63	26,76
Bt2b	56,6	38,4	21,8	39,8	0,10	5,6	10,38	24,15
BCb	56,1	41,5	19,9	38,6	0,00	5,5	9,61	23,72
Cb	52,1	51,9	23,7	24,4	0,30	5,7	9,64	20,96

Horiz.	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )					V(%)	C.O.(%)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.		
A	3,25	0,58	0,06	0,19	7,16	57,0	0,09
Bt1b	4,00	1,33	0,03	0,30	11,45	49,5	0,04
Bt2b	3,25	1,00	0,03	0,19	10,17	44,0	0,09
BCb	3,00	1,17	0,09	0,19	9,30	47,7	0,06
Cb	2,50	1,08	0,03	0,15	7,16	52,6	0,05

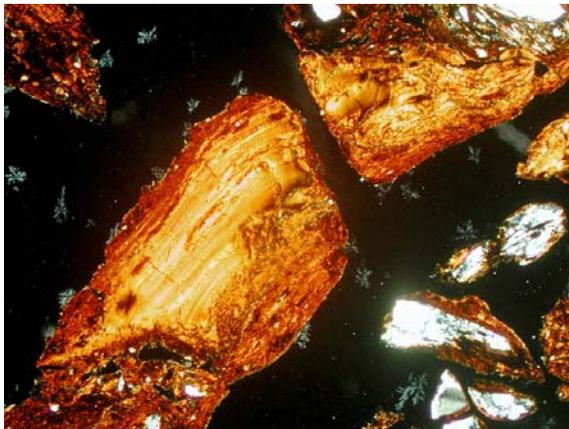
Horiz.	FORMAS LIBRES y AMORFAS de Fe y Al (%)				Fed/Fet	Feo/Fed	Ald/Alt	Alo/Ald
	Fed	Feo	Ald	Alo				
A	2,29	0,21	0,43	0,17	0,30	0,09	0,02	0,40
Bt1b	3,98	0,50	0,71	0,23	0,37	0,13	0,03	0,32
Bt2b	5,40	0,39	0,85	0,19	0,52	0,07	0,04	0,22
BCb	4,43	0,36	0,66	0,16	0,46	0,08	0,03	0,24
Cb	3,38	0,36	0,50	0,18	0,35	0,11	0,02	0,36



Figura 2.17. Suelos poligonales del Alto del Chorrillo.



*Figura 2.18. Micromorfología de horizonte A del suelo del Alto del Chorrillo, Presentando varios granos de arena con casquetes (casing).*



*. Figura 2.19. Micromorfología de horizonte Bt, revestimientos de arcilla iluvial deformados y fragmentados con microlaminaciones*

## Bibliografía.

- BLANCA, G., LORITE, J. 2003. Flora de alta montaña en Sierra Nevada. *Quercus*, 205: 32-39.
- CAMACHO, M.T., GARCÍA, P., JIMÉNEZ OLIVENCIA, Y., MENOR, J., PANIZA, A. 2002. Dinámica evolutiva del paisaje vegetal en la Alta Alpujarra en la segunda mitad del siglo XX. *Cuadernos Geográficos*, 32, 25-42.
- DELGADO, G., SÁNCHEZ, M., PÁRRAGA, J.F., MARTÍN, J.M., GARCÍA, P.A., SORIANO, M., DELGADO, R. 1993. Mapa de suelos (Escala 1:100.000) Lanjarón-1042. Proyecto LUCDEME. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- GÓMEZ, A., SCHULTE, L., SALVADOR, F., SÁNCHEZ, S., SIMÓN, M. 2002. Mapa geomorfológico de Sierra Nevada. Morfología glacial y periglacial. Junta de Andalucía. España.
- JIMÉNEZ OLIVENCIA, Y. 1991. Los paisajes de sierra Nevada. Universidad de Granada. Granada.
- IUSS. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. 1ª actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, 103. FAO, Roma.
- LORITE, J. 2002. Vegetación de Sierra Nevada. Pp.: 23-45. En: Blanca, G. & col. (Eds.). Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada. Editorial Universidad de Granada. Granada. 410 pp.
- MARTÍN, J.M., BRAGA, J.C., GÓMEZ, M.T. 2009. Itinerarios geológicos por Sierra Nevada. Ed. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. España.
- MOLERO MESA, J. 1994. Baetic and Sub-Baetic Mountains, Spain. En: S. D. Davis, V. H. Heywood & A.C. Hamilton (eds.), *Centres of Plant Diversity. A Guide and Strategy for their Conservation*, pp. 55-58. WWF & UICN.
- MOLERO MESA, J., PÉREZ RAYA F., VALLE, F. 1992. Parque Natural de Sierra Nevada: Paisaje, fauna, flora e itinerarios. Ed.: Rueda, Madrid.
- MOTA, J.F., MEDINA-CAZORLA, J. M., NAVARRO, F.B., PÉREZ-GARCÍA, F.J., PÉREZ-LATORRE, A., SÁNCHEZ-GÓMEZ, P., TORRES, J.A., BENAVENTE, A., BLANCA, G., GIL, C., LORITE, J., MERLO, M.E. 2008. Dolomite flora of the Baetic Ranges glades (South Spain). *Flora*, 203(5): 359-375.
- ORTIZ, I. 2001. Reconstrucción paleoambiental de la Depresión de Granada a través del estudio de paleosuelos. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- RAY, R.J., KRANTZ, W.B., CAINE, T.N., GUNN, R.D. 1983. A model for sorted patterned-ground regularity. *Journal of Glaciology*, 102: 317-337.
- SALAZAR, C., LORITE, J. GARCIA-FUENTES, A. TORRES, J. A. CANO, E. & VALLE, F. 2001. A Phytosociological study of the hygrophilous vegetation of Sierra Nevada (Southern Spain). *Studia Geobotanica*, 21: 17-32.
- SIMÓN, M., SÁNCHEZ, S., CABEZAS, O., GARCÍA, I., GÓMEZ, A. 1994. Configuraciones ordenadas en la alta montaña mediterránea (Sierra Nevada. Granada). En: Geomorfología en España (Eds. Arnáez, J., García, J.M., Gómez, A) Sociedad Española de Geomorfología. Logroño. pp. 253-264.
- TRICART, J., CAILLEUX, S. 1967. Le modelé des régions périglaciaires. Ed. : Sedes. París.
- VALLE, F., LORITE, J. 2001. Vegetación. Pp.: 73-104. En: VV. AA.: Parque Nacional de Sierra Nevada. Ed.: Esfagnos. Ciudad Real. 300 Pp.









### RUTA 3: - DEPRESIÓN DE GRANADA

Morfológicamente la Depresión de Granada desarrolla como consecuencia de una intensa actividad tectónica que va desde el Tortonense hasta avanzado el Cuaternario.

Se origina en el Surco Intrabético gestado tras el contacto, en dirección NW-SE, de la Placa Ibérica, que permaneció estática frente a la Placa Africana que actuó como componente activo.

En términos geográficos se reconoce como una depresión cerrada, fraccionada longitudinalmente por el río Genil, que la atraviesa de Este a Oeste, iniciando el recorrido en el Corral del Veleta, atravesando la capital granadina, y desagua finalmente en el extremo más occidental por los Infiernos de Loja, desfiladero tallado entre la Sierra de Loja y un apéndice desgajado de ella que se conoce como Pico del Hacho.

Su recorrido supone un desplazamiento aproximado de 65 Km., estrechándose en tramo último de la franja aluvial, dando lugar a lo que se conoce como vegas de Huétor Tajar y Loja.

El conjunto de la Depresión de Granada se interpreta mediante tres subunidades que se jalonan altitudinalmente. La Orla Bética, ubicada en el tramo exterior, representa una sucesión de sierras afines con las zonas Subbéticas al Norte y con las Zonas Internas por el flanco más meridional (figura 1).

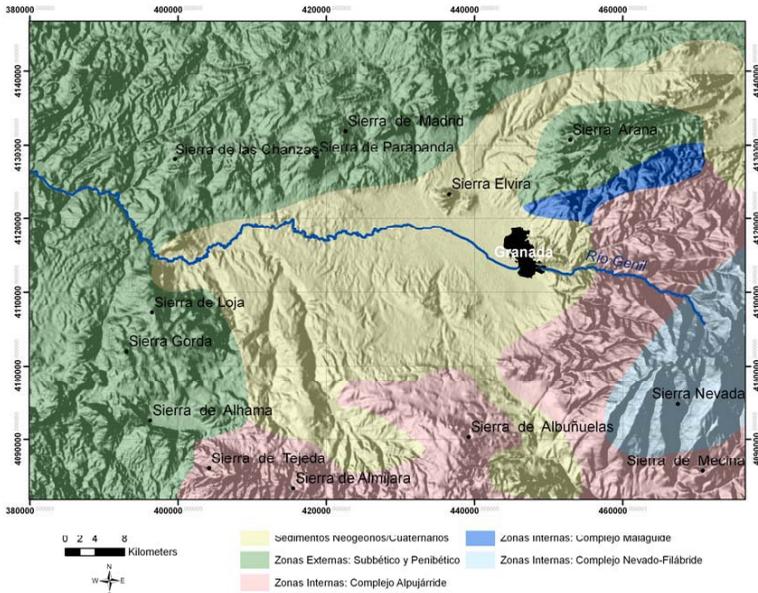


Figura 1.- Esquema Geológico simplificado de la Depresión de Granada

Al Este destaca por su majestuosidad la orografía de Sierra Nevada y sus picos de máxima elevación peninsular (Mulhacén 3.554m y Veleta 3.470m), a los que suceden series de crestas y picos que superan los 3.000m (Cerro de la Alcazaba 3.370m, Pico del Cuervo 3.172m, Loa Machos 3.120m, etc.).

Las subunidades que se suceden hacia el interior de la cuenca presentan en común la acumulación de materiales detríticos de edades y litologías diferentes. La Vega de Granada es el área más deprimida y tiene como eje fluvial el río Genil, del que son afluentes tributarios principales los ríos de Aguas Blancas y Dílar en la cabecera de Sierra Nevada, el río Cubillas en el sector septentrional y el río Cacán por el sector meridional (figura 2).

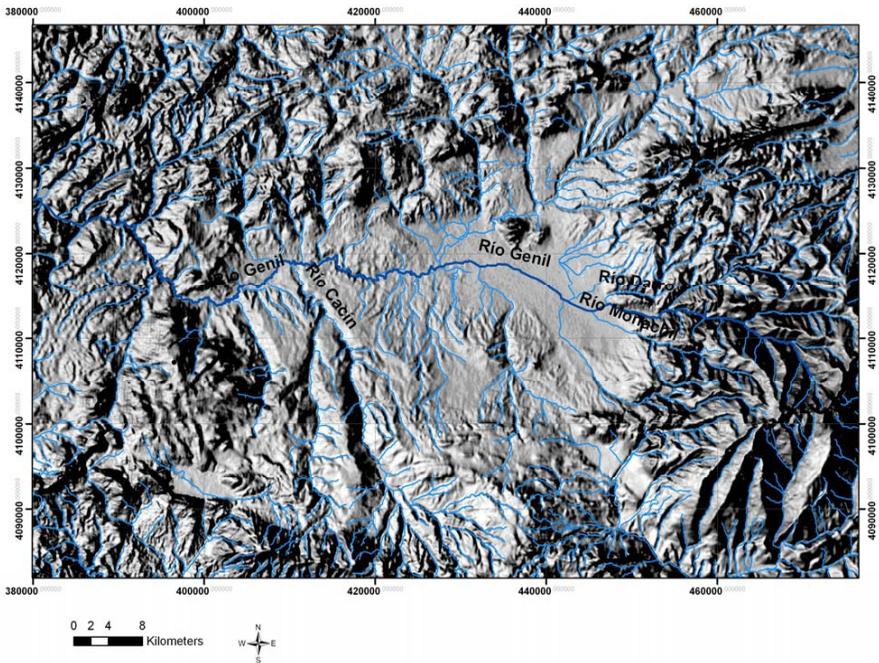


Figura 2.- Red hidrográfica de la Depresión de Granada

La conexión Cordillera Bética-Vega de Granada descrita esta representada por un tramo intermedio detrítico Pliocuatrnario, cuyas tierras se elevan desde la vega del río Genil hasta enrasar con las laderas de las Béticas, mostrando relieves alomados, asociados a su vez con superficies de erosión planas a inclinadas, representadas por piedemontes, conos aluviales imbricados entre si, glaciares, mesas, etc., de gran interés edáfico, agrícola y paisajístico.

La estructura geológica de la Depresión de Granada es el resultado último de la orogenia alpina. Tuvo lugar tras la reestructuración del mar miocénico y la surgencia de distintas alineaciones montañosas, al tiempo que se configuraron pasillos y áreas deprimidas de las que progresivamente se retiró el mar. La geotectónica cuaternaria

supuso el levantamiento generalizado de Andalucía, seguido de intensas actuaciones erosivo-deposicionales, la más importante en el Villafranquiense, y el encajamiento de la red hidrográfica (Sanz de Galdeano et al., 1992).

Las secuelas de estos eventos se traducen en Andalucía en tres unidades morfoestructurales, de las cuales sólo participa en la Depresión de Granada las Cordilleras Béticas, componiendo un vasto cinturón de alineaciones montañosas, que se identifican de Norte a Sur como Zonas Externas Béticas (antiguo borde continental de la Placa Ibérica) y Zonas Internas Béticas (pertenecientes a la Placa Africana).

A las Cordilleras Béticas le suceden un conjunto de materiales detríticos postorogénicos, que incluye en la zona más hundida a la Vega de Granada, cuya sedimentación Tortoniense fue en principio marina y está compuesta por conglomerados, areniscas, limos, etc. A continuación pasa progresivamente a lacustre de edad Messiniense, donde dominan las calizas y conglomerados. Finalmente hay aportes continentales dominados por materiales de texturas limosas a más finas, que componen el relleno actual de las vegas del Genil. La Vega de Granada representa una llanura aluvial superior a los 100Km<sup>2</sup>, con una altitud comprendida entre las cotas de 530 y 760m, que es remodelada por el río Genil y sus afluentes, marcando distintos niveles de terrazas que permiten diferencias lo que se conoce como vegas Alta y Baja, de forma que la primera rodea a la segunda, recibiendo aportes relacionados con los componentes de la red fluvial, mientras que la segunda está formada por materiales detríticos que se organizan morfológicamente componiendo distintos conos de deyección, de edad Pleistoceno Superior, que muestran una pendiente algo superior a la que mantiene la Vega del Genil.

La individualización postorogénica de la Vega es consecuencia del primer ciclo erosivo que afectó a las sierras circundantes y el posterior hundimiento isostático de la cuenca, posibilitando la sucesión de importantes depósitos sedimentarios desde el Mioceno Superior hasta el Pleistoceno. Viseras et al. (1992) describieron hasta seis eventos deposicionales que posteriormente Vera et al. (1998) unificó como de sedimentación marina, con episodios transgresivos y regresivos en los tres primeros eventos. El cuarto episodio, de mayor extensión temporal, expresa la continentalización sedimentaria provocada por el levantamiento de la cuenca. Los episodios quinto y sexto ocupan el Plioceno y gran parte del Pleistoceno, siendo afectados por distintos episodios continentales relacionados con otras deformaciones tectónicas, que implican sucesivas elevaciones en las cordilleras y la incentivación de los procesos erosivos que aportan nuevos sedimentos a la zona hundida, variando así la granulometría según el momento erosivo y la zona de acumulación, de modo que en la periferia los materiales son más groseros y pasan a limosos en el centro de la cuenca endorreica. Vera (2001) incorpora a continuación un último suceso consistente en la notable elevación del conjunto bético que materializa el estado actual de las zonas béticas y de la depresión aluvial, donde los sedimentos cuaternarios discurren ligeramente discordantes con los rellenos erosivos anteriores y marcan el equilibrio actual con la red de drenaje de dicha cuenca endorreica.

Según los datos de precipitación y temperatura suministrados por el Servicio Nacional de Meteorología, la precipitación media en el área de la Depresión de Granada oscila alrededor de los 400 mm. Los meses con máxima pluviometría son noviembre y diciembre, descendiendo de manera importante en la primavera, donde las lluvias son con frecuencia erráticas. Los meses de verano son muy secos y se inicia el ciclo lluvioso con la llegada del otoño.

La temperatura media estacional, en la mayoría de los años, es bastante similar. La media anual oscila entre 13,5 y 15 °C, con máximos estivales próximos a los 27 °C. Las temperaturas mínimas se registran entre los meses de enero y diciembre, estimándose una media de 5 °C. A nivel de uso agrícola hay que destacar por su importancia posibles riesgos de heladas entre los meses de febrero y marzo.

La interpretación del edafoclima se fundamenta en la determinación de los regímenes de humedad y temperatura. En las figuras 3 y 4 se incluyen los balances correspondientes a las zonas de Atarfe (598m) y Granada (570m), asimilando la capacidad de retención de agua al valor de 100mm (Thornthwaite, 1948). El balance edafoclimático aplicable a Vega se traduce en un régimen de temperatura térmico para toda el área, junto a oscilaciones de los regímenes de humedad entre arídico y xérico. En este sentido Ortega et al. (1991) consideran la necesidad de interpretar los regímenes de humedad en la Depresión como un intergrado xérico-arídico, debido al estrecho límite que separa ambos regímenes en esta área. Además consideran que en los terrenos limítrofes con los cauces fluviales que conforman la red hidrográfica, donde son frecuentes las inundaciones anuales y además subsiste un manto freático bastante superficial, situación que nos llevaría a modificar, acorde con la posición fisiográfica el tipo de régimen de humedad a otro de tipo xérico-údic (Zona de Fluvisoles).

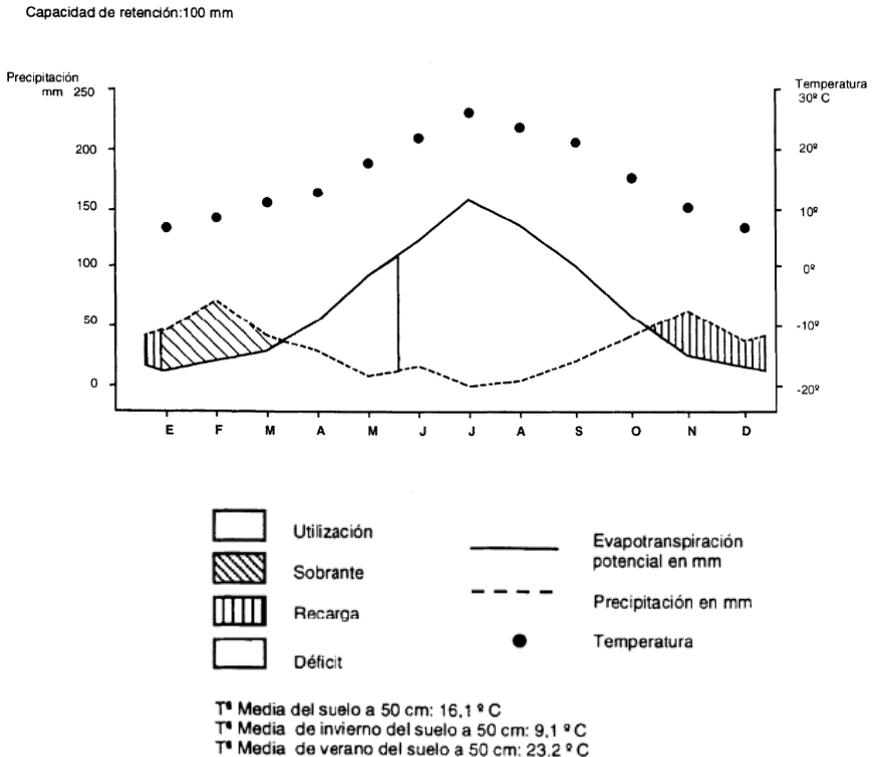


Figura 3.- Balance hídrico de la estación termopluviométrica de Atarfe

Capacidad de retención: 100 mm

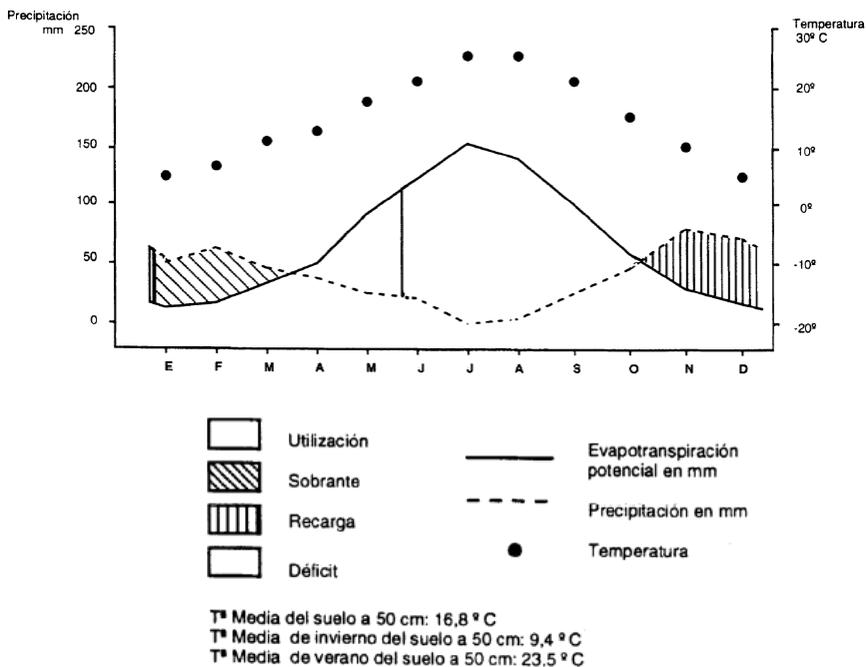


Figura 4.- Balance hídrico de la estación termopluviométrica de Granada

A partir de la última década del siglo XX se inició un período de fuerte sequía que modifica la humedad edáfica, debido al descenso pluviométrico y la elevación térmica. Ambos parámetros actúan elevando la ETP provocando el desplazamiento de los regímenes de humedad hacia estados hídricos deficitarios que afectan a la disponibilidad de agua útil para las plantas.

Desde muy antiguo el valor agrícola de los suelos de la Vega se supeditaba al importante superávit de agua en estas tierras, donde a los aportes pluviométricos hay que sumar abundantes aportes de agua de escorrentía, procedentes del cordón montañoso circundante y el volumen de los acuíferos. Estas circunstancias se ven mermadas en las últimas décadas y han provocado un cierto déficit del valor agrícola de las tierras de la Vega.

La composición hidrológica en la Depresión de Granada está marcada por reservas hídricas debidas a los aportes pluviométricos que alimentan a una red fluvial moderadamente desarrollada, a la vez que rellena los acuíferos y componen lo que Castillo (2008) define como "el milagro del agua subterránea en Andalucía", atesorando en Andalucía unos recursos subterráneos del orden de los 2.800hm<sup>3</sup>.

La red fluvial se entronca con el río Genil, que barre la Vega desde su nacimiento en Sierra Nevada hasta su salida en los Infiernos de Loja. El caudal depende inicialmente del importante aporte hídrico de Sierra Nevada donde la lluvia es más importante que en el resto de la provincia y además el deshielo adquiere dimensiones importantes. A continuación intervienen los afluentes procedentes de las cordilleras Subbéticas y Penibéticas, donde la ausencia de grandes obstáculos estructurales suavizan el transporte a través de una red fluvial, cuya jeraquización dendrítica regula los aportes al afluente del Guadalquivir. El trazado actual es un fenómeno reciente que tuvo lugar después de la colmatación terciaria y del encajamiento villfranquiense.

A este caudal visible hay que añadir los aportes subterráneos, cuya incidencia es básica para la utilización de la Vega. La intensidad de estas aguas depende de la formación de acuíferos ocultos en los materiales calizos que drenan sus aguas en parte a los ríos a través de fuentes naturales, y el resto rellena los acuíferos de la Vega. La nivel freático más superficial se haya a unos 8m de profundidad oscilando sensiblemente dependiendo de los años hidrológicos.

En Sierra Nevada, la impermeabilidad de los materiales Nevado-Filábrides permite que el agua circule rápidamente sobre las empinadas pendientes, pero parte de ellas percola a través de las grietas, de modo que el conjunto se pueda valorar como un importante acuífero.

La provincia de Granada está integrada en la región biogeográfica mediterránea (subregión mediterránea occidental). En ella domina el sector malacitano-almijareense que se extiende sobre la Depresión de Granada y la zona costera entre Motril y Almuñécar. El paisaje agrícola marca el comportamiento de la Depresión. Se observa una secuencia de uso que pasa por los cultivos de secano en las zonas externas (olivar y cereales) y los regadíos de la Vega Baja, que dependen las disponibilidades hídricas (cereales, hortícolas, choperas, etc.).

La evolución del uso de la Vega de Granada se identifica con la aparición sucesiva de diferentes cultivos, que en su momento marcaron un importante impacto socioeconómico. Son mayoritarias las siembras cerealistas con alternancia puntual con otros productos como la patata, hortofrutícolas en general, leguminosas, etc., que se suceden de manera irregular.

Únicamente el cultivo de cereales mantiene cierta cadencia representada por ciclos de cuatro años u un año de barbecho blanco tras el cual se hacía un fuerte estercolado y se preparaba el suelo para un nuevo ciclo.

A partir de finales del S. XVIII y entrado el S. XIX, tras la construcción de los pantanos del Cubillas y los Bermejales que retienen las aguas de los ríos Cubillas y Cacán, respectivamente, aumentan las tierras de regadío y se implantan nuevos usos como el cultivo del lino y cáñamo, que marcó un importante avance en la industria textil granadina. Le sucede el cultivo de la remolacha en un momento en el que la demanda de azúcar fue importante y mejoró la calidad de vida de los agricultores. En época reciente se implanta en la Vega el cultivo del tabaco, creando una industria tabaquera muy floreciente que hoy ha desaparecido totalmente creando un vacío agrícola de singular importancia. Actualmente hay que destacar el cultivo del chopo, que tradicionalmente se ha empleado en la industria maderera, si bien recientemente se amplía su uso para la obtención de biomasa con fines energéticos, cambiando completamente el manejo tradicional de estos suelos.

La composición pedónica de la Vega de Granada está marcada por tres tipos de superficies cuya pendiente oscila entre llana y débilmente inclinada que se suceden de forma irregular desde el río Genil hasta los conjuntos serranos que configuran el perímetro de la Depresión. Las superficies más próximas al río Genil y las relacionadas con los afluentes principales están marcadas edáficamente por la presencia de Fluvisoles calcáricos. Son suelos que se ven afectados la mayoría de los años por inundaciones debidas a la pluviometría y a la escorrentía lateral desde las montañas colindantes.

Hacia el exterior, fuera de los límites típicamente flúvicos, hay un terreno muy extenso, ligeramente inclinado, donde el pedón dominante es el Regosol calcárico, que muestra ciertos signos de hidromorfía en profundidad en forma de manchas ocres y rojizas. Excepcionalmente se incluyen en la unidad cartográfica Fluvisoles calcáricos (Aguilar et al., 2007).

El último eslabón lo compone la Vega Alta, donde desaparecen los Fluvisoles y el conjunto edáfico está representado por Calcisoles háplicos como suelos dominantes junto a Regosoles y Cambisoles calcáricos. Son suelos dedicados a cultivo de secano donde no se evidencia la existencia de manto freático.

## **SALIDA AL CAMPO**

Las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esa energía química queda almacenada en forma de materia orgánica, de la que puede extraerse energía por combustión directa de biomasa, pero también de la quema de combustibles obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o químicas. La biomasa, como recurso energético, puede clasificarse en biomasa natural, residual y los cultivos energéticos.

- La biomasa natural es la que se produce en la naturaleza sin intervención humana. Por ejemplo, las podas naturales de los bosques.
- La biomasa residual es el subproducto o residuo generado en las actividades agrícolas (poda, rastrojos, etc.), silvícolas y ganaderas, así como residuos de la industria agroalimentaria (alpechines, bagazos, cáscaras, vinazas, etc.) y en la industria de transformación de la madera (aserraderos, fábricas de papel, muebles, etc.), así como residuos de depuradoras y el reciclado de aceites.
- Los cultivos energéticos son aquellos que están destinados a la producción de biocombustibles: cereales y remolacha para producción de bioetanol y oleaginosas para producción de biodiésel, y otros cultivos forestales y herbáceos para la obtención de biomasa destinada a la combustión directa: chopo, eucalipto, cardo,

Para el desarrollo industrial de la obtención de energía a partir de la combustión directa de biomasa es necesario aportar materia prima, biomasa de calidad, de forma continua. Por ello, es necesario desarrollar estudios científicos que permitan seleccionar las especies y variedades de especies más adecuadas, con mayor rendimiento energético y menor producción de cenizas y elementos indeseados. Existen dos tipos de cultivos para obtención de biomasa, los forestales y los herbáceos, pudiendo ser ambos plurianuales o anuales.

Los cultivos forestales han sido tradicionalmente destinados al uso maderero, por lo que su reconversión al uso energético requiere una nueva filosofía agrícola con nuevas técnicas agrarias que afectan al marco de cultivo, que se reduce drásticamente, al tipo y

frecuencia de la poda, acortando los turnos de poda, a los sistemas de recolección y al manejo de la biomasa (secado, picado, transporte, etc.). También resulta esencial el manejo adecuado del abonado, fitosanitarios y del riego, ya que condicionan de manera fundamental la viabilidad económica de estos cultivos.

En este sentido, en el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) de Granada están desarrollando un amplio estudio con numerosas especies herbáceas y forestales destinadas a la obtención de biomasa (figura 5).

Los resultados de los primeros años de investigación ponen de manifiesto que los cultivos leñosos son más adecuados que los herbáceos ya que producen menor cantidad de ceniza y de cloro, elemento que genera importantes problemas por la corrosión que genera en las calderas de combustión. Dentro de los cultivos leñosos, es el chopo el que presenta un mayor rendimiento desde la primera cosecha en la producción de biomasa, seguido del eucalipto y, en menor medida, de la paulownia. Actualmente se están analizando las series de producción en combinando raíces de varios años con cortas anuales y bianuales para determinar el manejo del cultivo mas eficiente.

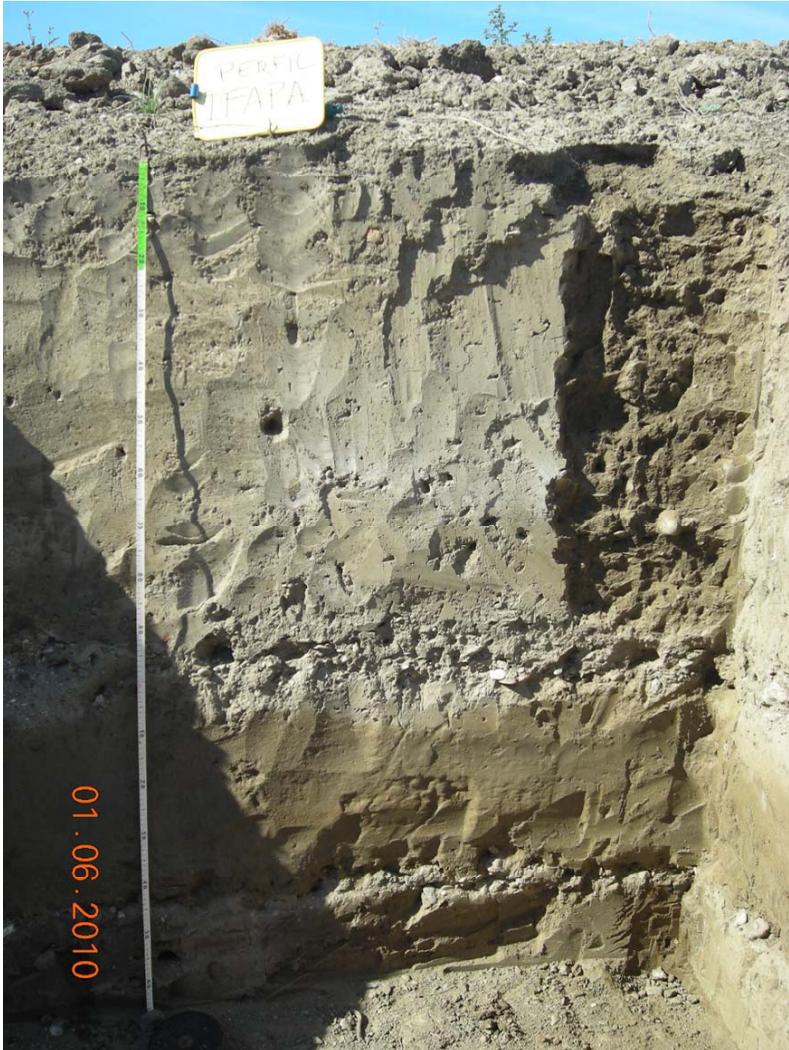


*Cynara cardunculus* (1), *Avena strigosa* (2), *Triticale* (3), *Brassica carinata* (4), *Lolium westerwoold* (5), *Dactylis glomarata* (6) *Populus* sp (7), *Eucalyptus* sp (8), *Paulownia sun-tzu* (9).

Figura 5.- Parcelas experimentales destinadas a la obtención de biomasa (I.F.A.P.A. Granada)

Además de las parcelas de producción de biomasa, se visitarán otras parcelas de investigación destinadas a la obtención de maderas nobles (plátano, cerezo, nogal), una parcela con lixímetros para calcular las necesidades hídricas, y finalmente visitaremos una calicata con el suelo modal de la vega de Granada.

El programa de la salida se completa la visita a una parcela destinada a la obtención de biomasa plantada con chopos, propiedad de D. Antonio Ramos. Sobre el terreno se podrá debatir sobre las distintas técnicas agrícolas y manejo de los suelos que se desarrollan actualmente en la Vega de Granada.



**PERFIL I.F.A.P.A.  
CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS**

**Clasificación:** Regosol háplico (calcárico, húmico)

**Situación:** Finca IFAPA

**Coordenadas UTM:** 443412-4114235

**Altitud:** 628 m

**Posición fisiográfica:** Depresión

**Forma del terreno circundante:** Plano o casi plano

**Pendiente:** 1%

**Orientación:** NE

**Material original:** Fluvial

**Drenaje:** Moderadamente bien drenado

**Pedregosidad:** No pedregoso

**Afloramientos rocosos:** Ninguno

HOR.	PROF.	DESCRIPCIÓN
Ap	0-6	Color 2,5Y 3/2, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo y 2,5Y 5/3, pardo oliva claro en seco. Textura Franco arcillo limosa. Estructura en bloques subangulares medios. Ligeramente duro, muy friable, adherente y plástico. Poros frecuentes, intersticiales distribuidos al azar. Sin fragmentos rocosos. Calcáreo. Pocas raíces finas y medias. Abundante actividad biológica. Límite gradual.
C1	6-53	Color 2,5Y 4/3, pardo oliva en húmedo y 2,5Y 6/3, pardo amarillento claro en seco. Textura arenosa franca. Estructura masiva. Muy duro, firme, muy plástico, adherente. Poros vesiculares de pocos a frecuentes. Muy escasas gravas. Calcáreo. Muy pocas raíces finas y muy finas. Abundante actividad biológica. Límite gradual y ondulado.
C2k	53-66/70	Color 2,5Y 4/3, pardo oliva en húmedo y 2,5Y 6/3, pardo amarillento claro en seco. Textura franco limosa. Estructura masiva. Muy duro, firme, muy plástico, muy adherente. Pocos poros longitudinales. Muy escasas gravas. Calcáreo. Sin raíces. Abundante actividad biológica. Límite neto y ondulado.
C3	66/70-90/93	Color 2,5Y 4/3, pardo oliva en húmedo y 2,5Y 6/3, pardo amarillento claro en seco. Textura franco arenosa. Estructura masiva. Duro, friable, plástico, ligeramente adherente. Pocos poros longitudinales. Escasas gravas. Calcáreo. Sin raíces. Poca actividad biológica. Límite abrupto y ligeramente ondulado.
2C4	90/93-105/108	Color 2,5Y 4/3, pardo oliva en húmedo y 2,5Y 5/3, pardo oliva claro en seco. Textura franco limosa. Sin estructura (grano suelto). Suelto, no plástico, no adherente. Muchos poros intersticiales. Abundantes gravas. Calcáreo. Sin raíces. Poca actividad biológica. Límite abrupto y ondulado.
3C5	105/108-140	Color 2,5Y 4/3, pardo oliva en húmedo y 2,5Y 6/3, pardo amarillento claro en seco. Manchas de Fe y Mn restos de hidromorfia antigua. Textura franco limosa. Estructura masiva. Suelto, no plástico, no adherente. Muy escasos poros. Sin gravas. Calcáreo. Sin raíces. Sin actividad biológica. Límite abrupto y plano.
4C6	140-147	Color 2,5Y 4/3, pardo oliva en húmedo y 2,5Y 5/2 Pardo grisáceo en seco. Textura franco limosa. Sin estructura (grano suelto). Suelto, no plástico, no adherente. Abundantes poros intersticiales. Abundantes gravas redondeadas. Calcáreo. Sin raíces. Sin actividad biológica. Límite abrupto y plano.
5C7	>147-160	Color 2,5Y 4/4 pardo oliva en húmedo y 2,5Y 5/4 pardo oliva claro en seco. Textura franco arenosa. Sin estructura. Muy duro, friable, plástico, adherente. Pocos poros. Sin gravas. Ligeramente calcáreo. Sin raíces. Sin actividad biológica.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

HOR	PROF.	GRAVA (%)	FRACCIÓN TIERRA FINA				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH
			ARENA (%)	LIMO GRUESO (%)	LIMO FINO (%)	ARCILLA (%)		
Ap	0-6	5	24,37	12,40	34,97	28,25	16,67	8,22
C1	6-53	3	85,29	2,72	6,59	5,41	24,16	8,44
C2k	53-66/70	3	34,60	19,17	38,74	7,49	20,31	8,36
C3	66/70-90/93	7	68,82	10,68	16,30	4,20	22,81	8,16
2C4	90/93-105/108	44	18,79	19,94	33,43	27,84	27,62	8,97
3C5	105/108-140	1	15,31	33,54	28,72	22,43	21,57	8,7
4C6	140-147	60	24,83	31,73	24,91	18,52	24,00	9,06
5C7	> 147-160	1	61,07	15,36	12,79	10,77	3,81	8,38

HOR	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )					V (%)	C.O. (%)	N (%)	C/N	HUMEDAD (%)		A.U. (%)
										33 kPa	1500 kPa	
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.							
Ap	Sat.	4,58	0,07	0,36	19,48	100	2,61	0,123	21,14	20,5	6,6	13,9
C1	Sat.	2,25	0,14	0,09	6,52	100	1,29	0,054	23,66	19,5	6,6	12,9
C2k	Sat.	2,39	0,39	0,10	6,89	100	1,25	0,055	22,62	19,6	6,7	13,0
C3	Sat.	2,04	0,62	0,06	6,04	100	1,26	0,033	-	14,9	4,6	10,3
2C4	Sat.	4,25	0,03	0,04	14,50	100	1,35	0,012	-	3,3	1,2	2,1
3C5	Sat.	3,42	0,06	0,06	10,59	100	0,86	0,030	-	8,9	2,4	6,5
4C6	Sat.	3,83	0,31	0,03	12,41	100	1,56	0,018	-	3,1	1,2	1,9
5C7	Sat.	2,67	0,37	0,23	8,93	100	1,32	0,045	-	21,1	9,5	11,5



**PERFIL P2 Choperas**  
**CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS**

**Clasificación:** Regosol háplico (calcárico, húmico)

**Situación:** Finca A. Ramos

**Coordenadas UTM:** 436857- 4117116

**Altitud:** 580,64 m

**Posición fisiográfica:** Depresión

**Forma del terreno circundante:** Plano o casi plano

**Pendiente:** 1%

**Orientación:** S

**Vegetación o uso:** Cultivos choperas

**Material original:** Fluvial

**Drenaje:** Moderadamente bien drenado

**Pedregosidad:** No pedregoso

**Afloramientos rocosos:** Ninguno

HOR.	PROF.	DESCRIPCIÓN
P2 Ap	0 -23	Color 2,5Y 4/2, pardo grisáceo oscuro en húmedo y 2,5Y 5/2, pardo grisáceo en seco. Textura limosa. Estructura grumosa. Ligeramente duro, friable, ligeramente adherente y plástico. Poros frecuentes, intersticiales distribuidos al azar. Abundantes gravas. Calcáreo. Pocas raíces finas y medias. Abundante actividad biológica. Límite gradual.
P2 C1	23-45/50	Color 2,5Y 4/2, pardo grisáceo oscuro en húmedo y 2,5Y 5/2, pardo grisáceo en seco. Textura limosa. Estructura granular gruesa. Duro, muy friable, ligeramente adherente y plástico. Abundantes poros intersticiales, caóticos y pocos vesiculares. Frecuentes gravas. Calcáreo. Pocas raíces finas y muy finas. Abundante actividad biológica. Límite gradual y ondulado.
P2 C2	> 45/50	Color 2,5Y 4/3, pardo oliva en húmedo y 2,5Y 5/3 pardo amarillento en seco. Textura franco limosa. Estructura masiva. Muy duro, friable, ligeramente adherente y plástico. Pocos poros longitudinales. Frecuentes gravas y algunos artefactos (ladrillos redondeados). Calcáreo. Pocas raíces finas y muy finas, algunas medianas. Abundante actividad biológica.

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

HOR	Prof. (cm)	GRAVA (%)	FRACCIÓN TIERRA FINA				CaCO <sub>3</sub> (%)	pH
			ARENA (%)	LIMO GRUESO (%)	LIMO FINO (%)	ARCILLA (%)		
P2 Ap	0 -23	30	10,0	56,6	29,7	3,7	20,23	8,03
P2 C1	23-45/50	20	16,7	42,2	38,6	2,5	18,57	8,33
P2 C2	> 45/50	12	21,6	38,0	31,7	8,7	20,12	8,67

HOR	BASES Y CAPACIDAD DE CAMBIO (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )					V (%)	C.O. (%)	N (%)	C/N	HUMEDAD (%)		A.U. (%)
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.					33kPa	1500kPa	
P2 Ap	Sat.	3,50	0,07	0,55	23,41	100	5,06	0,244	20,76	18,7	7,5	11,3
P2 C1	Sat.	2,92	0,13	0,24	12,37	100	2,69	0,175	15,38	17,5	6,3	11,2
P2 C2	Sat.	3,67	0,31	0,16	8,70	100	1,37	0,073	18,79	21,1	7,0	14,1

## Bibliografía

AGUILAR, J., MARTÍN, F., DÍEZ, M., SIERRA, M., FERNÁNDEZ, J., SIERRA, C., ORTEGA, E., OYONATE, C., 2007. Mapa Digital de Suelos. Provincia de Granada. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

CASTILLO, A., 2008. Manantiales y Fuentes de Andalucía. A.A.A. UGR.

ORTEGA, E., SIERRA, C., MARTÍNEZ, F.J., LOZANO, F.J., 1991. Characterization of soil moisture and temperature regimes in Southern Spain. Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo Vol. 5 Kyoto, Japón.

SANZ DE GALDEANO, C., VERA, J.A., 1992. Stratigraphic record and paleogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera. Spain. *Basin Research* 4:21-36.

THORNTHWAITE, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 55- 94.

VERA, J.A., MOLINA, J.M., 1998. Shallowing-Upward cycles in pelagic troughs (Upper Jurassic, Subbetic, Southern Spain). *Sediment. Geol.* 119:103-121.

VERA, J.A., 2001. Evolution of the South iberian continental margin. En: Peri-Tethyan rift/wrench basin and passive margins (P.A. Ziegler, W. Cavazzo, A.M. Robertson, Crasquin-SoleauEds.) Men. Mus. Nat. Ist. Nat. Paris, 186:109-143.

VISERAS, C. FERNÁNDEZ, J., 1992. Sedimentary basin destruction inferred from the evolution of drainage system in the Betic Cordillera Southern Spain. *Geol. Soc. London* 149:1021-1029.









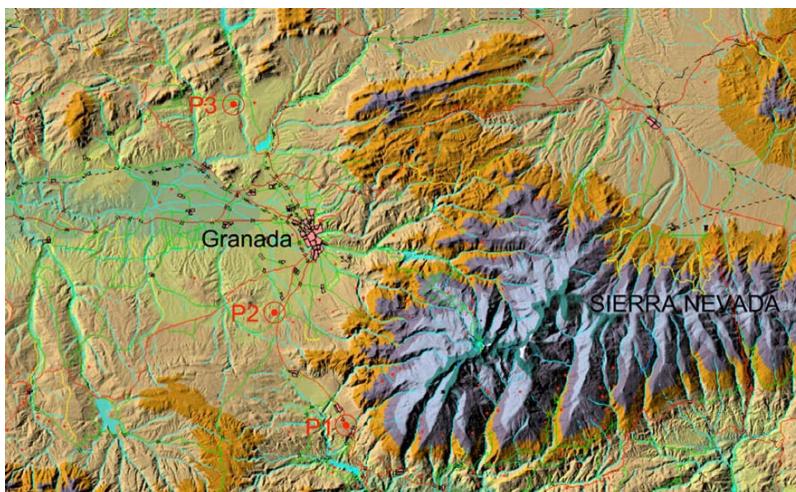
#### **RUTA 4: PALEOSUELOS DE LA DEPRESION DE GRANADA NIGÜELAS – OTURA – COLOMERA**

Esta ruta tiene como propósito visitar tres sectores de la Depresión de Granada en los que se localizan paleosuelos enterrados, desarrollados sobre distintas superficies geomorfológicas desde el Plioceno (5,3 ma BP) que han permitido su conservación hasta el momento presente. En cada una de las tres paradas del itinerario se presentarán los datos de las principales propiedades de los suelos estudiados, los procesos de edafogénesis que dieron lugar a su formación y la edad estimada de acuerdo con su grado de evolución y los materiales geológicos sobre los que se desarrollan.

En la primera parada, junto a la carretera Granada-Motril y cercano a la localidad de Nigüelas, se presentará una panorámica de una sección vertical de paleosuelos enterrados en los que se puede observar una alternancia entre episodios de deposición y episodios edafogénéticos.

En la segunda parada nos desplazaremos hasta la localidad de Otura, en la que se localiza un paleosuelo enterrado por un potente conglomerado fuertemente carbonatado.

Finalmente, en las cercanías de la población de Colomera se llevará a cabo la tercera parada, donde se podrá observar una serie de paleosuelos enterrados sobre los que se desarrolla un paleosuelo enterrado pero ahora ocupando la superficie.



*Mapa de situación. P1, Parada 1 Niguelas; P2, Parada 2 Otura; P3, Parada 3 Colomera.*

## Localización de la zona de estudio

Desde el punto de vista geográfico, los suelos que serán visitados se localizan en la Depresión de Granada, en el sector centro-oriental de Andalucía, y están comprendidos en las Hojas del Mapa Topográfico Nacional (I.G.M.E.) a escala 1:50.000 nº 19-41 (1009) "Granada" (COL), nº 19-42 (1026) "Padul" (OT) y nº 19-43 (1041) "Dúrcal" (NIG).

## Geología

La Cordillera Bética constituye, junto con el Rif del norte de Marruecos, la cadena alpina más occidental y ambas forman los dos mayores sistemas montañosos que rodean el Mediterráneo Occidental. Esta cordillera ocupa una franja en el sur y sudeste de España de aproximadamente 600 Km de largo y 200 Km de ancho y está constituida por varios dominios importantes: las Zonas Externas, las Zonas Internas, el Complejo del Campo de Gibraltar y las cuencas Neógenas (Sanz de Galdeano y Vera, 1992).

Esta formación montañosa es el resultado de la colisión intracontinental del Paleomárgen Ibérico Sudoeste, constituido por materiales sedimentarios del Mesozoico y Terciario Inferior (Zonas Externas), y el bloque de Alborán (Zonas Internas). Las Zonas Externas, subdivididas en Zona Subbética y Zona Prebética, contienen rocas sedimentarias marinas, más o menos someras (Sanz de Galdeano y Vera, 1992). Las Zonas Internas están formadas por la superposición de tres Complejos tectónicos: Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide. Los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride están constituidos por rocas sedimentarias o metamórficas de grado medio o bajo del Precámbrico, Paleozoico y, especialmente, del Triásico (micaesquistos, pizarras, cuarcitas, calizas y dolomías). El Maláguide (no representado en nuestra zona de estudio) corona la estructura y está formado por pizarras, areniscas, calizas, dolomías y conglomerados del Paleozoico y Mesozoico (IGME, 1988).

**Sierra Nevada**, la elevación montañosa más importante de la zona, forma parte de las Zonas Internas y en ella afloran rocas de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride. El conjunto orográfico de la sierra constituye un vasto domo integrado por una serie de mantos de corrimiento superpuestos, en cuya parte central, dismantelada por la erosión, afloran las unidades más profundas del Complejo Nevado-Filábride. El núcleo cristalino, que es donde se instaló el glaciario, está constituido por el Manto del Veleta, unidad que ocupa la posición más baja en el edificio estructural y que aparece como una gran ventana tectónica. Cabalgando esta unidad se encuentra el Manto del Mulhacén, que la rodea por completo y de la que quedan numerosos islotes sobre los materiales del Manto del Veleta. El Complejo Alpujárride aflora en los bordes de Sierra Nevada, rodeando el Complejo Nevado-Filábride. Discordantes con los materiales alpujárrides y de carácter postorogénico, se encuentran los materiales neógenos. En general, se trata de depósitos miocénicos conglomeráticos arenosos con limos y arcillas.

Los eventos tectónicos más importantes de Sierra Nevada son alpinos, pero durante el Neógeno experimentó grandes deformaciones que contribuyeron a su levantamiento dentro de un contexto compresivo de dirección N-S y configuraron su actual relieve. En resumen, el actual relieve de Sierra Nevada, construido durante un periodo de aproximadamente ocho millones de años, no constituye un proceso continuo sino que ha estado controlado por pulsos de levantamiento tectónico separados por etapas de quietud tectónica. El contacto entre el Paleomárgen Ibérico Sudoeste y el bloque de Alborán constituye una sutura compleja que actuó bajo régimen transgresivo durante el Mioceno Inferior y Medio. Sobre esta sutura se generaron, hacia el comienzo del Mioceno Superior,

un conjunto de cuencas o depresiones, de entre las cuales la Depresión de Granada es una de las más grandes y características (Rodríguez-Fernández *et al.*, 1989).

La **Depresión de Granada** es una cuenca intramontañosa, situada entre las Zonas Internas y Externas de la Cordillera Bética (S y SE español) y formada con posterioridad a la etapa de plegamiento principal. Se extiende unos 60 Km de este a oeste y unos 40 Km de norte a sur y está rellena por materiales neógenos y cuaternarios que ocultan parte del contacto entre las Zonas Internas y Externas. Los materiales de base en la parte N-NW están relacionados con las Zonas Externas, y son materiales sedimentarios mesozoicos y terciarios. Las Zonas Internas limitan la parte E-SE de la Depresión y están formadas por los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride, que presentan materiales metamórficos del Paleozoico y Triásico, así como materiales del Mioceno Inferior y Medio.

En conjunto, la Depresión de Granada se puede interpretar como el resultado del movimiento durante el Mioceno de una serie de bloques en distintas fases, con distintas intensidades y no necesariamente de forma sincrónica, afectada por una fuerte erosión en las zonas periféricas (González-Donoso, 1968). Esto dio lugar a una gran heterogeneidad de los materiales de relleno, tanto horizontal como vertical. El relleno de la Depresión se inició en el Serravalliense-Tortonense (Mioceno Superior) y la sedimentación estuvo gobernada por la tectónica de los bordes y la existencia de focos subsidentes (ocupados por lagos), alineados según el accidente Cádiz-Alicante. A finales del Mioceno se alcanzaron los máximos niveles de subsidencia y sedimentación en la cuenca, y entre el Tortonense Superior y el Mesiniense se produjo su continentalización. En este contexto, durante el Plio-Pleistoceno, los sistemas de drenaje de las sierras que bordeaban la Depresión desarrollaron abanicos aluviales en los bordes norte, noreste y sureste, que hacia el centro de la cuenca conectaron con unidades lacustres, a las que nutrieron de sedimentos detríticos (Fernández y Soria, 1986-1987). Durante el Holoceno y probablemente también durante el Pleistoceno Superior, los procesos de erosión y sedimentación han estado relacionados con el sistema fluvial actual (Viseras y Fernández, 1992).

Así, durante el Tortonense Superior (hace unos 8 Ma), se produjo un importante levantamiento en Sierra Nevada y fue entonces cuando el núcleo Nevado-Filábride de Sierra Nevada se erosionó fuertemente, depositándose así unos materiales detríticos muy heterométricos que constituyen la denominada Block Formation (Von Drasche, 1879). Esta formación aparece en los bordes norte, noreste y sureste de la Depresión de Granada. Con este nombre se alude a unos afloramientos conglomeráticos de cantos metamórficos procedentes del núcleo de Sierra Nevada que se interpretan como depósitos de abanicos aluviales del Mioceno Superior (Rodríguez Fernández, 1982, Dabrio *et al.*, 1978; Dabrio y Ruiz-Bustos, 1979). La observación de los distintos niveles que forman la Block Formation conduce a la idea de un depósito condicionado por transporte fluvial sucesivo de gran energía, de tipo arrollada, asociado a un periodo de acusada inestabilidad tectónica (Ortega-Huertas *et al.*, 1979).

Durante el Plioceno, se produjo una nueva etapa de levantamiento (Estévez y Sanz de Galdeano, 1983) que probablemente dio lugar al depósito, a comienzos de Pleistoceno, de nuevos materiales detríticos gruesos procedentes de Sierra Nevada. Estos materiales están especialmente representados por la Formación Alhambra (Aguirre, 1957), datada en la transición Plio-Pleistoceno (1,6 Ma), caracterizada por formaciones de abanicos aluviales. Está constituida por un depósito conglomerático de tipo debris flow, formado por materiales metamórficos y carbonatados procedentes de los Complejos

Nevado-Filábride y Alpujárride, y presenta la peculiaridad de conservar un suelo rojo a techo.

Hacia el Pleistoceno Inferior (¿Medio?) tuvo lugar un tercer evento de creación y reorganización del relieve. Después de este tercer levantamiento, esta área comenzó a aportar sedimentos de grano grueso ahora constituidos fundamentalmente por materiales alpujárrides, dando lugar a nuevos depósitos de abanicos aluviales.

Además de los levantamientos anteriormente descritos, en el borde occidental de Sierra Nevada se han producido importantes desplazamientos verticales condicionados por fallas, con saltos de hasta 800 m como la falla de Dúrcal-Nigüelas (SW de la Depresión de Granada). Esto ha marcado el desarrollo de zonas subsidentes que, a lo largo del Cuaternario, han sufrido una alternancia de episodios de depósito de materiales procedentes de la erosión de Sierra Nevada con episodios de desarrollo de suelos. Así, en zonas adyacentes a la localidad de Nigüelas, es posible reconocer paleosuelos enterrados por paquetes conglomeráticos de naturaleza metamórfica y de espesor variable, de forma que estas series contienen el registro de gran parte de las alternancias de episodios de erosión-depósito y edafogénesis acaecidas durante el Cuaternario (Sanz de Galdeano y López-Garrido, 1999).

Desde el punto de vista sedimentológico, en la Depresión de Granada se puede constatar un ciclo sedimentario transgresivo-regresivo desde el Tortoniense Superior hasta el Cuaternario (Rodríguez-Fernández, 1982). La sedimentación marina estuvo representada por calcarenitas bioclásticas y margas, con formaciones arrecifales que colonizaron las zonas más superficiales de los abanicos deltaicos. Hacia el final del Tortoniense Superior se produjo la continentalización de la cuenca por medio de una bajada eustática que condicionó una reestructuración tectónica (depósito de la Block Formation). La actividad tectónica de los márgenes y las fluctuaciones en el nivel lacustre fueron los factores que controlaron la arquitectura estratigráfica resultante. A partir de ese momento, la estratigrafía estuvo representada por abanicos aluviales y abanicos deltaicos lacustres (Viseras, 1991), con desarrollo de llanuras de inundación. Desde el Pleistoceno Superior en adelante, los procesos de erosión y sedimentación estuvieron relacionados con la actividad de la red fluvial actual, con depósito de materiales aluviales y formación de terrazas.

## **Relieve**

A grandes rasgos, en la Depresión de Granada se pueden distinguir tres tipos de relieves estrechamente relacionados con la naturaleza de los materiales que constituyen el substrato e influenciados por su estructura geológica: el relieve de la Vega, los relieves erosivos y las elevaciones.

Los materiales que ocupan la zona de Vega, caracterizados por la acumulación de materiales aluviales recientes, abarcan una gran extensión morfológicamente llana comprendida entre las cotas de 530 y 760 m, ocupando un área aproximada de 100 km<sup>2</sup>. La unidad de la Vega Alta está formada principalmente por los materiales detríticos que forman amplios conos de deyección de edad atribuible al Pleistoceno Superior (Lhenaff, 1979) y que muestran una suave pendiente hacia el curso del río Genil. La unidad de la Vega Baja, circundada por la anterior, está formada por los sedimentos ligados al río Genil que se configuran en diferentes terrazas fluviales indiferenciadas que han quedado

totalmente desmanteladas por las prácticas agrícolas, dando una superficie plana con un suave desnivel según la dirección del río.

Los relieves predominantemente erosivos afectan a sedimentos terciarios y/o cuaternarios, sobrepasando los 1.200 m con pendientes altas y medias. El tercer tipo de relieve lo constituyen pequeños macizos montañosos situados en el interior y en los bordes de la Depresión, formados por materiales tanto paleozoicos como mesozoicos, que configuran los parajes más escarpados. En rasgos generales, el relieve se configura desde la Depresión de Granada, elevándose suavemente hasta enlazar con las sierras. Como relieves más destacables cabe mencionar: al noroeste la Sierra de Moclín; al nordeste, Sierra Arana (donde se alcanza la cota de mayor altitud de la Depresión, en el Collado del Espino, 1.741 m); en el centro, Sierra Elvira, de morfología kárstica; y en el borde oriental, un conjunto que comprende la Sierra de Alfacar y Víznar, la Sierra de la Yedra, la Sierra de Cogollos y Sierra Nevada. El tránsito entre los relieves y la Depresión se realiza por medio de glacis y lomas suaves que enrasan con las vertientes calizas de dichas sierras a una altitud media de unos 900 m. Sólo a la entrada de la Depresión y al pie de los relieves más acusados, el encajamiento de los ríos ha disectado los materiales circundantes, quedando zonas elevadas, en algunos casos a más de mil metros, en las proximidades de las sierras.

Sierra Nevada es la elevación montañosa más importante y presenta un intervalo altitudinal que va desde los 700 m cerca de la ciudad de Granada hasta los 3.483 m del Mulhacén, el pico más alto de la Península Ibérica. Sus cimas montañosas presentan un alineamiento este-oeste a lo largo de una distancia de aproximadamente 90 Km, descendiendo gradualmente hacia el oeste. El relieve está caracterizado fundamentalmente por una asimetría de sus vertientes, bajo una morfología típica en domo y condicionada por la propia estructura del substrato metamórfico. La vertiente sur se caracteriza por pendientes más o menos inclinadas, modificadas principalmente por procesos glaciares y periglaciares en altura y por la actuación de los demás procesos erosivos en el resto de las zonas. La vertiente norte está dominada por escarpes o pendientes abruptas en sus partes más elevadas y por una gran variedad de depósitos sedimentarios en las partes inferiores. El relieve precuaternario de Sierra Nevada, fuertemente desarrollado, está caracterizado por formas de modelado redondeadas (Fontboté, 1970). En este contexto geomorfológico, se observan superficies que de una u otra forma han quedado preservadas de la erosión. La permanencia de estas antiguas superficies ha hecho posible la conservación de los suelos rojos desarrollados sobre ellas. Estas superficies se encuentran principalmente en: a) zonas de interfluvio, situadas entre dos cuencas hidrográficas adyacentes; b) superficies originadas en las sucesivas etapas erosivo-deposicionales que se han desarrollado al pie de los relieves y en el borde de la Depresión de Granada, permitiendo el desarrollo de una serie de formaciones detríticas aluviales que han enterrado, o bien conservan a techo, determinados eventos edáficos caracterizados por la presencia de suelos rojos.

En las cercanías de la ciudad de Granada, se configura un relieve en el que se dan encajamientos marcados en los materiales neógenos y cuaternarios de la red fluvial de los ríos Beiro y Darro. Se individualizan una serie de colinas y lomas que alcanzan los 1.000 m de altura y que están bien limitadas por cauces abarrancados. En el interfluvio entre los ríos Darro y Genil, destaca una extensa colina culminada por una superficie plana subhorizontal desarrollada sobre los conglomerados de la Formación Alhambra (Llano de la Perdiz), que se extiende hasta los límites de la ciudad donde se corta bruscamente.

Por su parte, la red de drenaje de la Depresión de Granada, de tipo radial, está regulada por el importante papel que la neotectónica ha jugado en su morfogénesis.

## Clima

Para caracterizar el clima actual de la zona de estudio se han considerado datos de nueve estaciones termopluviométricas situadas en la Depresión de Granada (I.N.M., 1991). En las siguientes tablas se muestran los valores medios mensuales y anuales de temperatura, precipitación y ETP de las estaciones meteorológicas seleccionadas.

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Anual
Temperatura	6,9	8,1	10,4	12,1	15,8	20,9	24,6	24,6	21,3	15,6	10,7	7,5	14,9
Precipitación	60,5	59,0	55,0	50,1	36,1	19,0	4,1	4,4	19,9	47,5	65,2	71,9	492,6
ETP	14,5	18,0	32,7	43,8	74,0	114,8	150,6	140,8	99,1	57,5	28,2	15,8	789,9

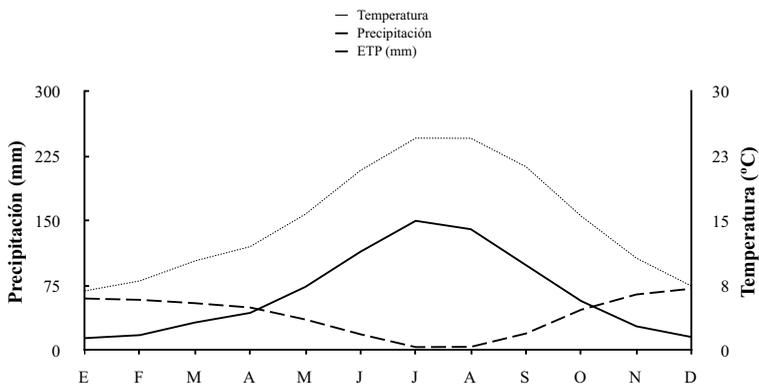
*Valores medios de las medias mensuales y anuales de temperatura (°C), precipitación (mm) y ETP (mm) de todas las estaciones meteorológicas consideradas en la Depresión de Granada.*

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Temp. (°C)	12,8	23,4	15,9	7,5
Prec. (mm)	141,2	27,5	132,6	191,4
ETP (mm)	150,5	406,2	184,8	48,3

*Datos climáticos medios de la Depresión de Granada según la estación del año.*

De acuerdo con los datos de las tablas anteriores, la precipitación media anual se encuentra en torno a los 500 mm, repartidos entre invierno (38,8%), primavera (28,6%) y otoño (26,9%), mientras que el verano es claramente una época de gran escasez de agua. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 14°C y los 15,8°C, siendo julio el mes más caluroso, seguido de agosto y junio, mientras que enero es el mes que presenta medias más bajas, junto con diciembre y febrero. Por su parte, los valores medios de ETP anuales casi doblan los de precipitación. Si bien durante más de seis meses al año la ETP es superior a la precipitación, en verano la ETP es casi 15 veces superior a la precipitación, lo que nos llevaría a clasificar esta zona dentro del clima Mediterráneo con sequía estival marcada (Rivas Martínez, 1987).

Los datos actuales de temperatura y precipitación medias anuales permiten encuadrar a la Depresión de Granada dentro de un Régimen de Temperatura Mésico-Térmico y de Humedad Xérico (Soil Survey Staff, 1999).



Ficha climática correspondiente a la Depresión de Granada.

## Vegetación

La **serie climatofila** de vegetación que se extiende por la Depresión de Granada y áreas adyacentes (Valle, 1985; Ruiz de la Torre, 1990) es la del *Paeonio coriacea-Querceto rotundifoliae* (Serie mesomediterránea bética, marianense y araceno-pacense seca basófila de la encina o *Quercus rotundifolia*). Está distribuida ampliamente por la zona pero, debido a la fuerte acción del hombre a la que se ha visto sometida en favor de los cultivos, dominan los estadios seriales sobre las comunidades forestales. La mayoría de estos bosques han sido desplazados por cultivos agrícolas de cereales, almendrales, olivares, vides, etc.

En el hipotético caso de que el hombre no hubiera actuado en este territorio, la comunidad clímax sería un **encinar** perteneciente a la asociación del *Paeonio-Quercetum rotundifoliae*. Esta comunidad está compuesta por un bosque pluriestratificado, cuyo estrato arbóreo lo forma casi en exclusiva la encina (*Quercus rotundifolia*), asociada en los lugares más húmedos con quejigos (*Quercus faginea*) y dando lugar a una variante de dicha asociación (*quercetosum fagineae*). Bajo este estrato que posibilita la existencia de un microclima nemoral, se desarrolla un sotobosque rico en arbustos y lianas, siendo los más representativos el enebro (*Juniperus oxycedrus*), el rusco (*Ruscus aculeatus*), el torvizco (*Daphne gnidium*), el jazmín de monte (*Clematis flammula*), la lonicera (*Lonicera etrusca*), la hiedra (*Hedera Helix*), *Phyllirea angustifolia* y *Asparagus acutifolius*. El último eslabón lo forman las especies herbáceas, anuales o vivaces, como son las peonías (*Paeonia coriacea*, *Paeonia broteroi*), primaveras (*Primula vulgaris*), violetas (*Viola* sp.), *Bupleurum rigidum*, *Adonis vernalis*, etc.

A partir de la comunidad clímax, las siguientes formaciones son etapas de sustitución cuya composición florística depende del grado de degradación al que ha sido sometido el territorio, permitiendo la existencia de comunidades más o menos evolucionadas.

La primera etapa está formada por un **coscojar**. Se trata de un matorral alto o bosque perteneciente a la asociación *Crataego monogynae-Quercetum cocciferae*, donde domina la coscoja (*Quercus coccifera*), acompañada por otras especies como el majuelo (*Crataegus monogyna*), espino negro (*Rhamnus spiculosa*) y rosales silvestres (*Rosa canina*, *Rosa pouzini*). Si los suelos aún son forestales pero las especies propias del bosque han desaparecido por completo, se presenta el **retamal**, asentado sobre suelos profundos con poca inclinación y todavía poco degradados. Las especies más destacadas son la retama (*Retama sphaerocarpa*) e hiniestas (*Genista cinerea* subsp. *speciosa*, *Chronathus biflorus*). Fitosociológicamente, se incluye en la asociación *Genista speciosae-Retametum sphaerocarphae*. Se trata de una comunidad que, aunque sea pobre en especies, tiende a cubrir gran cantidad de suelo.

Cuando la degradación del bosque original es aún mayor, se instalan matorrales seriales ocupando los biotopos más desfavorables. Estas comunidades están muy extendidas en todo el territorio. El **espartal**, constituido por gramíneas vivaces hemicriptófitas, se desarrolla sobre suelos poco inclinados, margosos y calizos. Domina el esparto (*Stipa tenacissima*), junto a otras especies como *Dactylis glomerata*, *Helictotrichon filifolium*, *Avenula bromoides*, etc. Esta comunidad se incluye en la asociación *Thymo gracile-Stipetum tenacissimae*. En el horizonte superior del piso mesomediterráneo empieza a aparecer el lastón (*Festuca scariosa*), marcándose el tránsito hacia los lastonares supramediterráneos (*Helictotricho-Festucetum scariosae*).

Etapas más degradadas que los espartales dentro de la secuencia dinámica son los romerales y tomillares, muy extendidas por todo el territorio. Constituyen comunidades muy variadas dentro del punto de vista florístico, especialmente en plantas aromáticas y melíferas. En los suelos más degradados, rocosos y xéricos, aparecen los **romerales**, donde predominan especies como el romero macho (*Cistus clusii*), romero (*Rosmarinus officinalis*), aulaga (*Ulex parviflorus*), tomillo (*Thymus zygis* subsp. *gracilis*), lavanda (*Lavandula lanata*), jaras (*Cistus albidus*) y jarillas (*Fumana ericoides*). Estas comunidades se incluyen en la asociación *Thymo gracile-Lavanduletum lanatae*. En las zonas de cierta influencia continental aparece *Genista scorpius* acompañando o sustituyendo a *Ulex parviflorus*. Por degradación de los matorrales anteriores o por decapitación de los suelos, se posibilita la introducción de especies de menor talla que constituyen los **tomillares**. Son las comunidades que aparecen en los suelos más degradados, presentan una escasa cobertura y en ellos dominan las diferentes especies de tomillos (*Thymus zygis gracilis*, *Thymus mastichina*) y jarillas (*Helianthemum cinereum*, *H. croceum*, *H. hirtum*). Esta comunidad se incluye en la asociación *Phlomidio-Brachypodietum retusii*.

Como último estadio de esta serie aparecen los **pastizales-eriales**, ocupando suelos poco evolucionados en los claros que quedan entre las formaciones anteriores. Estos pastizales terofíticos efímeros están formados por especies de pequeña talla, sin interés forrajero, que dan escasa biomasa. Destacan especies como *Hornungia petraea*, *Campanula erinus*, *Clypeola jonthlasp*, *Helianthemum sailcifolium*, *Bombycilaena erecta*, *Arenaria serpyllifolia*, etc. Esta comunidad se incluye en la asociación *Saxifrago-Hornungetum petraea*. En los suelos algo más favorables y con una nitrificación moderada, estos prados son sustituidos por comunidades gramínoideas de floración primaveral más tardía. Generalmente ocupan cultivos abandonados y calveros del matorral donde se ha producido aporte de materia orgánica procedente del pastoreo. Esta comunidad se incluye dentro de la asociación *Ononido crotalarioidis-Aegilopetum geniculatae*, presidida por especies como *Aegilops geniculata*, *A. triuncialis*, grama (*Poa*

*bulbosa*), *Bromus madritensis*, *Coronilla scorpioides*, alfalfa (*Medicago minima*), tréboles (*Trifolium stellatum*, *T. campestre*), etc.

En terrenos abandonados que han sufrido una fuerte acción humana, donde la alteración ha sido intensa (cultivos abandonados, movimientos de tierra, etc.), se establecen los tomillares nitrófilos. Fitosociológicamente, se incluye en la asociación *Artemisio-Santolinetum canescentis*.

Además de las comunidades y especies comentadas, en esta zona se presentan otras, formando parte de lo que se denomina **series riparias o edafohigrófilas**, cuyo mantenimiento viene determinado por la presencia de agua en el suelo de manera permanente o casi permanente. Así, en esta zona estas series quedan reducidas a cursos fluviales, fuentes y áreas de embalse de agua.

La Geoserie riparia meso-supramediterránea bética sobre sustratos básicos y suelos eutrofizados (*Saliceto trandro-angustifoliae*: *Rubio-Populeto albae*: *Aro-Ulmeto minoris*) se extiende por la Vega de Granada y por todos los cauces fluviales presentes en la zona de estudio. La vegetación potencial estaría representada por olmedas, alamedas y saucedas, pero, debido a su enorme valor productivo, estas tierras han sido utilizadas tradicionalmente para cultivos hortícolas y de explotación maderera, quedando muy reducidos los restos de vegetación natural.

En aquellas zonas donde domina un ombroclima semiárido y los cursos de agua son temporales, inconstantes y algo salinos, se desarrollan comunidades dominadas por tarays o atarfes (*Tamarix africana* y *Tamarix canariensis*). Además, hay dos comunidades herbáceas relativamente frecuentes dentro del areal de esta serie. Una es producto de la degradación de la alameda por tala y en ella predomina la gramínea *Brachypodium phoenicoides*. La segunda se desarrolla sobre suelos húmedos y nitrificados, con especies como *Ranunculus bulbosus*, *Lathyrus pratensis*, *Ranunculus acris*, etc.

Por último, podemos decir que la vegetación actual que se observa en el área de estudio difiere en mayor o menor medida de la vegetación potencial, siendo el tipo de roca el factor principal que genera esas variantes.

## PARADA 1. NIGÜELAS

### Características generales

**Localidad:** Término municipal de Nigüelas (Granada).

**Situación:** Junto al desvío de la carretera nacional Granada-Motril que lleva a Nigüelas.

**Coordenadas U.T.M.:** 450800/4091250/ Huso 30.

**Altitud:** 857 m.

**Pendiente:** Suavemente inclinado.

**Posición Fisiográfica:** Glacis.

**Vegetación:** Almendros.

**Material Original:** Conglomerado metamórfico (micasquistos y cuarcitas).

**Condiciones de drenaje:** Bien drenado.

**Pedregosidad:** Sin piedras.

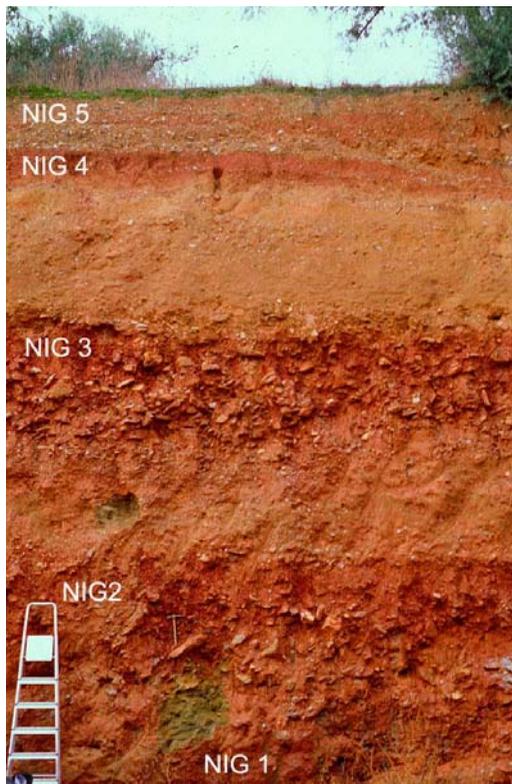
**Afloramientos rocosos:** Ninguno.

**Salinidad:** Libres de sales.

**Erosión:** Hídrica severa.

**Influencia humana:** Cultivo.

*Nota. Este corte está manchado por la caída de materiales. El color auténtico color verdoso de los paquetes de gravas situados entre los suelos se puede ver en la imagen en dos pequeñas zonas limpiadas, una inmediatamente encima del letrero NIG 1 y otra, mas pequeña, encima de NIG 2.*



### Macromorfología

#### Perfil NIG-5

Hor.	Prof. (cm)	Descripción macromorfológica
Ap	0-15	Color pardo pálido (10YR 6/3) en seco y pardo (10YR 5/3) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura en bloques subangulares, fina, débil. Calcáreo. Frecuentes gravas.
C	15-292	Color pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco y pardo (10YR 4/3) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura masiva. Calcáreo. Frecuentes gravas.

**Clasificación tentativa:** Regosol (calcárico) (FAO, 2006); Typic Xerorthent (Soil Survey Staff, 2006).

### Perfil NIG-4

Hor.	Prof. (cm)	Descripción macromorfológica
Bt1b	292-309	Color rojo amarillento (5YR 4/6) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Textura franco arcillosa. Estructura en bloques angulares, mediana, moderada. Frecuentes cútanos de arcilla. Muy pocas raíces. Frecuentes gravas redondeadas, de 1-3 cm de diámetro, de naturaleza esquistosa y cuarcítica. Los esquistos están muy meteorizados, tienden a romperse. No calcáreo.
Bt2b	309-326	Color rojo oscuro (2,5YR 4/4) en seco y rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo. Textura franco arcillo arenosa. Estructura en bloques angulares, mediana, moderada. Frecuentes cútanos de arcilla. Muy pocas raíces. Frecuentes gravas. No calcáreo. Límite plano.
BCb	326-340	Color pardo oscuro (7,5YR 5/6) en seco y pardo (7,5YR 4/4) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura en bloques subangulares, mediana, débil. Sin raíces. Frecuentes gravas (1-3 cm) de naturaleza esquistosa, menos alterados y más redondeados que en los horizontes superiores. No calcáreo. Límite irregular y quebrado.
CBb	340-352	Color pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco y pardo (10YR 4/3) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura en bloques subangulares, fina, débil. Sin raíces. Menos alteración que en el horizonte superior. Frecuentes gravas (1-3 cm). No calcáreo. Límite irregular.
Ckb	352-442	Color gris pardo claro (2,5Y 6/2) en seco y pardo grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura masiva. Sin raíces. Frecuentes gravas, de hasta 7 cm de diámetro, con recubrimientos de carbonato, frecuentemente bajo las caras inferiores de las gravas. Fuertemente calcáreo, con abundantes micelios de carbonatos. Límite brusco y plano.

**Clasificación tentativa:** Luvisol cutánico cálcico (crómico) (FAO, 2006); Calcic Haploxeralf (Soil Survey Staff, 2006).

### Perfil NIG-3

Hor.	Prof. (cm)	Descripción macromorfológica
Bt1b	442-492	Color rojo (10R 4/6) en seco y rojo (10R 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares, mediana, fuerte. Muy abundantes cútanos de arcilla. Sin raíces. Frecuentes gravas de hasta 29 cm de diámetro. No calcáreo.
Bt2b	492-532	Color rojo (10R 4/6) en seco y rojo (10R 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares, mediana, moderada. Muy abundantes cútanos de arcilla. Sin raíces. Frecuentes gravas. No calcáreo.
Ckb	532-560	Color pardo pálido (10YR 6/3) en seco y pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura masiva. Sin raíces. Frecuentes gravas. Calcáreo.

**Clasificación tentativa:** Luvisol cutánico cálcico (crómico) (FAO, 2006); Calcic Haploxeralf (Soil Survey Staff, 2006)

**Perfil NIG-2**

Hor.	Prof. (cm)	Descripción macromorfológica
Btk1b	560-595	Color rojo oscuro (2,5YR 4/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares, mediana, moderada. Abundantes cútanos de arcilla. Sin raíces. Frecuentes gravas. Calcáreo.
Btk2b	595-638	Color rojo oscuro (2,5YR 4/4) en seco y rojo oscuro (2,5YR 4/6) en húmedo. Textura franco arcillosa. Estructura en bloques subangulares, mediana, moderada. Abundantes cútanos de arcilla. Sin raíces. Frecuentes gravas. Calcáreo.
Ckb	638-788	Color pardo pálido (10YR 6/3) en seco y pardo (10YR 4/3) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura masiva. Sin raíces. Frecuentes gravas. Calcáreo.

**Clasificación tentativa:** Luvisol cutánico cálcico (crómico) (FAO, 2006); Calcic Haploxeralf (Soil Survey Staff, 2006).

**Perfil NIG-1**

Hor.	Prof. (cm)	Descripción macromorfológica
Btb	788-868	Color rojo oscuro (2,5YR 4/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 4/6) en húmedo. Textura franco arcillosa. Estructura en bloques angulares, mediana, moderada. Abundantes cútanos de arcilla. Sin raíces. No calcáreo. Frecuentes gravas.
BCb	868-898	Color amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en seco y pardo oscuro (7,5YR 5/6) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura en bloques angulares, fina, moderada. Sin raíces. No calcáreo. Frecuentes gravas.
Ckb	898-1150	Color pardo pálido (10YR 6/3) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo. Textura franco arenosa. Estructura masiva. Sin raíces. Ligeramente calcáreo. Frecuentes gravas.

**Clasificación tentativa:** Luvisol cutánico cálcico (crómico) (FAO, 2006); Typic Haploxeralf (Soil Survey Staff, 2006).

## Datos analíticos

Perfil	Horizonte	Gravas (%)	Arena (%)	Limo G. (%)	Limo F. (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Fracciones de arena (%)					
								1	2	3	4	5	6
NIG-5	Ap C	34,8	62,5	nd	nd	28,7	8,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		35,6	60,3	nd	nd	30,3	9,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NIG-4	Bt1b	36,5	42,1	7,1	15,1	22,2	35,7	7,9	7,2	5,6	11,0	4,9	5,5
	Bt2b	37,1	46,3	11,6	15,1	26,7	27,0	6,8	6,9	6,4	13,5	6,0	6,7
	BCb	42,6	52,2	11,6	18,2	29,8	18,0	7,5	8,2	7,9	16,1	6,6	5,9
	CBb	43,7	55,0	12,3	19,5	31,8	13,2	7,0	9,4	8,3	16,8	6,9	6,6
	Ckb	44,0	60,0	13,2	19,2	32,4	7,6	11,1	10,5	9,7	18,5	5,5	4,7
NIG-3	Bt1b	37,0	30,5	5,2	9,2	14,4	55,1	5,5	5,3	4,3	8,0	3,5	3,9
	Bt2b	43,5	32,1	4,6	8,1	12,7	55,2	5,1	5,4	6,2	9,5	3,2	2,7
	Ckb	49,3	64,8	13,9	15,5	29,4	5,8	9,5	11,2	9,3	18,1	8,3	8,4
NIG-2	Btk1b	39,3	37,1	5,6	12,1	17,7	45,2	10,4	7,3	4,9	7,8	3,4	3,3
	Btk2b	39,1	41,9	10,4	19,2	29,6	28,5	8,3	7,5	5,7	10,5	4,7	5,2
	Ckb	47,6	57,5	13,2	19,3	32,5	10,0	9,8	10,5	8,5	14,7	7,1	6,9
NIG-1	Btb	38,7	41,7	6,4	16,3	22,7	35,6	8,9	8,5	6,3	9,9	3,7	4,4
	BCb	43,3	65,5	7,4	15,1	22,5	12,0	15,4	15,3	10,2	15,0	4,8	4,8
	Ckb	49,3	58,4	11,3	19,4	30,7	10,9	9,5	12,4	10,2	16,0	5,7	4,6

Perfil	Horizonte	pH	CO (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Da (g cm <sup>-3</sup> )	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Bases de cambio (cmol. kg <sup>-1</sup> )					V (%)
							Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CIC	
NIG-5	Ap C	8,5	0,62	3,7	nd	nd	0,11	0,69	1,97	3,02	5,59	100
		8,1	0,55	4,1	nd	nd	0,15	0,38	2,14	3,17	5,42	100
NIG-4	Bt1b	7,3	0,32	0,5	2,07	1,84	0,10	0,16	10,00	2,70	12,46	100
	Bt2b	7,4	0,25	0,6	2,06	2,83	0,14	0,13	9,98	2,72	9,02	100
	BCb	7,1	0,16	0,6	2,03	3,10	0,14	0,07	8,48	2,76	6,44	100
	CBb	7,4	0,18	0,6	2,22	3,23	0,19	0,04	7,49	2,90	6,01	100
	Ckb	8,3	0,20	17,5	2,11	2,74	0,20	0,04	15,97	3,17	5,01	100
NIG-3	Bt1b	8,3	0,14	0,4	1,99	0,68	0,12	0,39	10,23	5,00	14,20	100
	Bt2b	8,3	0,14	0,5	1,97	0,71	0,10	0,36	9,90	4,70	14,50	100
	Ckb	9,1	0,14	6,4	1,76	0,54	0,02	0,04	10,48	3,57	4,30	100
NIG-2	Btk1b	8,6	0,16	2,2	2,04	0,46	0,09	0,26	7,24	9,18	14,18	100
	Btk2b	8,3	0,21	2,8	2,03	2,60	0,07	0,18	6,24	7,31	10,31	100
	Ckb	8,5	0,20	2,3	1,93	4,08	0,07	0,05	5,74	5,93	8,59	100
NIG-1	Btb	8,5	0,20	0,4	2,00	0,66	0,09	0,35	2,99	7,31	9,88	100
	BCb	8,8	0,23	0,7	2,03	0,90	0,05	0,07	4,24	3,75	7,73	100
	Ckb	8,9	0,25	1,2	2,05	0,85	0,02	0,07	4,24	2,68	4,73	100

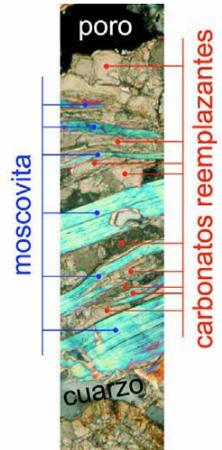
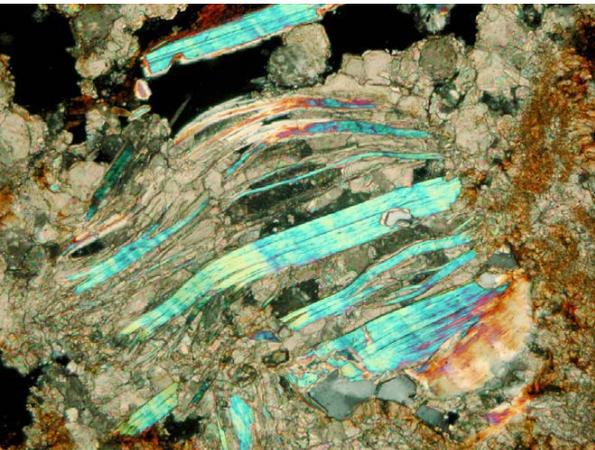
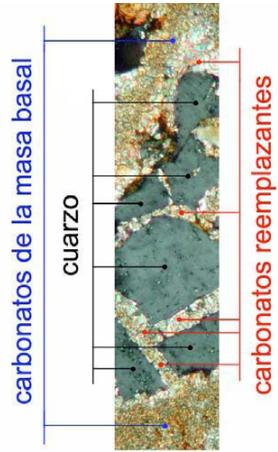
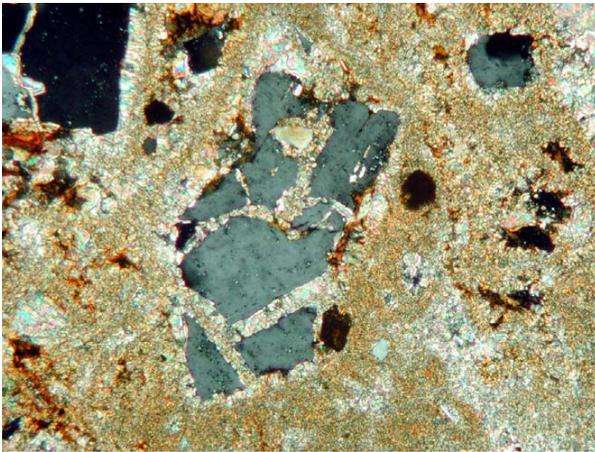
Perfil	Horizonte	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zr
NIG-5	Ap	58,43	15,17	5,49	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	C	58,92	15,32	5,42	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NIG-4	Bt1b	62,54	18,60	7,58	0,06	1,31	0,81	1,32	2,59	1,05	0,08	260,2
	Bt2b	61,94	17,51	6,83	0,05	1,61	0,95	1,50	2,58	1,17	0,09	260,7
	BCb	65,65	16,91	6,78	0,06	1,25	0,67	1,55	2,60	1,16	0,06	274,9
	CBb	65,89	16,34	6,27	0,05	1,41	0,94	1,38	2,68	1,11	0,06	281,7
	Ckb	67,04	17,15	6,24	0,06	1,50	10,02	1,37	2,89	1,01	0,07	269,9
NIG-3	Bt1b	53,12	22,35	9,59	0,07	2,54	2,54	0,89	2,32	1,06	0,11	170,1
	Bt2b	53,41	22,00	9,45	0,07	2,49	2,59	0,93	2,29	1,06	0,10	180,4
	Ckb	64,81	14,25	5,46	0,06	1,44	3,61	1,92	2,24	1,10	0,06	270,9
NIG-2	Btk1b	58,03	20,39	8,60	0,05	1,43	1,61	1,06	2,37	1,04	0,11	221,7
	Btk2b	58,71	18,79	8,21	0,07	1,65	2,24	0,79	2,12	1,24	0,09	262,0
	Ckb	62,79	16,31	6,89	0,08	1,95	2,12	1,62	2,26	1,10	0,04	271,2
NIG-1	Btb	61,59	18,34	8,03	0,07	1,50	0,78	0,96	2,59	0,96	0,13	235,6
	BCb	69,09	14,50	6,06	0,07	1,29	1,06	1,31	2,15	1,05	0,08	322,6
	Ckb	66,36	15,90	6,73	0,07	1,55	0,96	1,32	2,43	1,20	0,07	292,7

Perfil	Horizonte	Fe <sub>a</sub> (%)	Fe <sub>o</sub> (%)	Fe <sub>a</sub> / Fe <sub>t</sub>	Fe <sub>o</sub> / Fe <sub>a</sub>	Al <sub>a</sub> (%)	Al <sub>o</sub> (%)	Al <sub>a</sub> / Al <sub>t</sub>	Al <sub>o</sub> / Al <sub>a</sub>
NIG-5	Ap	1,37	0,06	0,25	0,04	nd	nd	nd	nd
	C	1,52	0,04	0,28	0,03	nd	nd	nd	nd
NIG-4	Bt1b	2,77	0,09	0,36	0,03	0,47	0,12	0,03	0,26
	Bt2b	2,82	0,06	0,41	0,02	0,43	0,06	0,02	0,14
	BCb	2,50	0,06	0,37	0,02	0,09	0,05	0,01	0,56
	CBb	2,27	0,04	0,36	0,02	0,31	0,04	0,02	0,13
	Ckb	1,57	0,03	0,25	0,02	0,24	0,03	0,01	0,12
NIG-3	Bt1b	3,70	0,06	0,38	0,02	0,35	0,08	0,02	0,23
	Bt2b	3,58	0,06	0,38	0,02	0,31	0,08	0,01	0,26
	Ckb	1,16	0,03	0,21	0,03	0,12	0,02	0,01	0,17
NIG-2	Btk1b	3,65	0,06	0,42	0,02	0,33	0,06	0,02	0,18
	Btk2b	3,23	0,07	0,39	0,02	0,28	0,06	0,01	0,21
	Ckb	1,87	0,03	0,27	0,02	0,17	0,04	0,01	0,24
NIG-1	Btb	1,99	0,10	0,25	0,05	0,14	0,07	0,01	0,50
	BCb	0,74	0,04	0,12	0,05	0,12	0,04	0,01	0,33
	Ckb	0,53	0,04	0,08	0,08	0,09	0,04	0,01	0,44

Junto a la carretera general Granada-Motril, en las proximidades de la población de Nigüelas, se encuentra una sección vertical de aproximadamente 12 metros de altura, donde es posible distinguir cinco episodios de deposición de materiales conglomeráticos (micaesquistos y cuarcitas del Complejo Nevado-Filábride con una pequeña proporción de calizas y dolomías procedentes del Complejo Alpujárride). Estos episodios de deposición se alternan con episodios edafogenéticos, pudiéndose distinguir cinco suelos superpuestos (NIG-1, NIG-2, NIG-3, NIG-4 y NIG-5). La edad de estos materiales no está perfectamente definida, pero se interpreta que se han ido depositando a lo largo de los periodos fríos del Pleistoceno Medio-Superior (Sanz de Galdeano y López-Garrido, 1999).

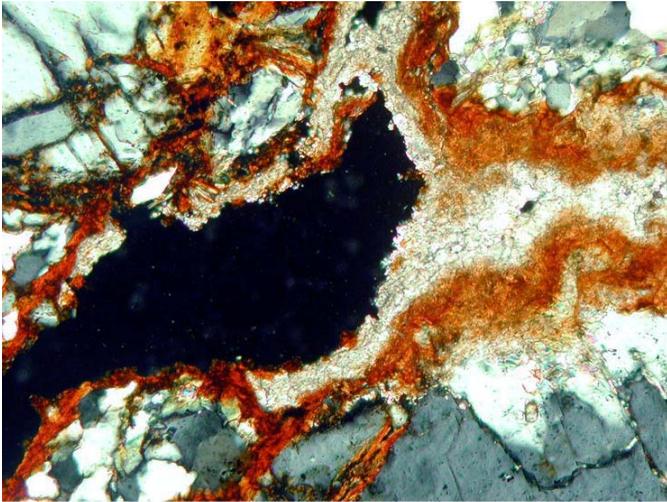
Los principales procesos de edafogénesis que dieron lugar a los cuatro paleosuelos enterrados fueron: *meteorización, mineralización de la materia orgánica, lavado de carbonatos y su acumulación, intensa iluviación de arcilla y rubificación*; como resultado, se formaron horizontes Bt bien desarrollados, de color rojo, textura arcillosa a franco arcillosa y con abundantes cútanos de arcilla, junto a horizontes Ck. Estas propiedades debieron de desarrollarse bajo un clima más húmedo que el actual.

Otro proceso generalizado en estos suelos es la recarbonatación. Los depósitos que han ido enterrando los suelos eran calcáreos y posteriormente los carbonatos se han lavado a los suelos subyacentes. Localmente, en las áreas de máxima concentración de



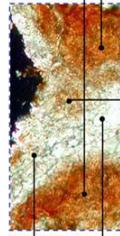
Paleosuelo NIG 2. Horizonte Ckb. Reemplazamiento de cuarzo (arriba) y moscovita (abajo) por los carbonatos. Polarizador y analizador. El lado más largo de la foto representa 1 mm real.

carbonatos de los horizontes carbonatados, se ha producido un intenso proceso de reemplazamiento por parte de estos materiales a los minerales silicatados (cuarzo, feldespatos, granates y moscovita, principalmente), a la micromasa arcillosa y a los revestimientos de arcilla iluvial, como se pone de manifiesto en el estudio micromorfológico.



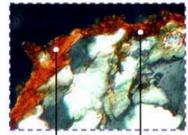
RAI = Revestimiento de Arcilla Iluvial

RAI a medio reemplazar por los carbonatos



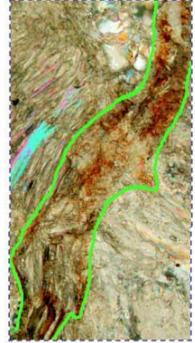
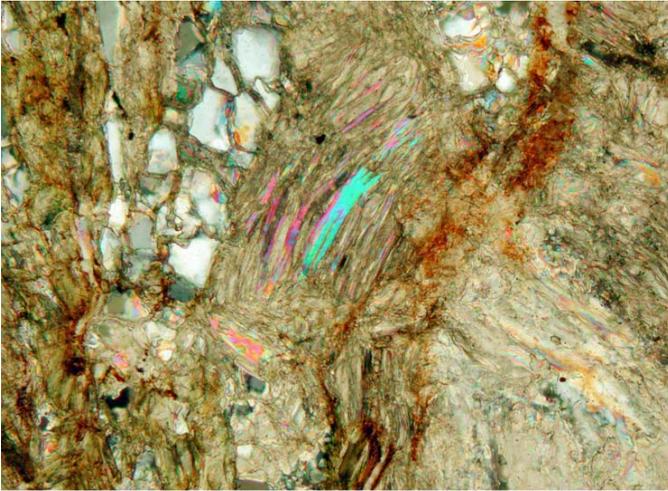
RAI casi totalmente reemplazado por los carbonatos

carbonatos

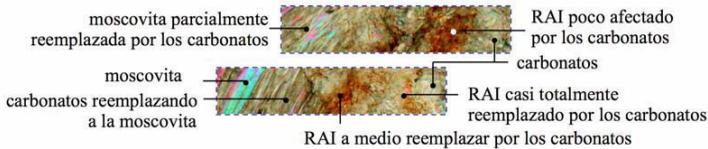


RAI bien conservado sobre quarcita

*Paleosuelo NIG 2. Horizonte Btk2b. Reemplazamiento de los cútanos (revestimientos) de arcilla (ferriarcilanes) iluvial por los carbonatos. Polarizador y analizador. El lado más largo de la foto representa 2 mm reales.*



reconstrucción del posible RAI inicial



*Paleosuelo NIG 2. Horizonte Ckb. Reemplazamiento de los revestimientos de arcilla (ferriarcilanes) iluvial y de cristales de moscovita por los carbonatos. Polarizador y analizador. El lado más largo de la foto representa 1 mm real.*

Durante el Pleistoceno Medio-Superior se produjeron en la Depresión de Granada nuevos eventos de creación y reorganización del relieve que dieron lugar a la formación de nuevos abanicos aluviales. Los materiales originales de los cuatro suelos enterrados (suelos NIG-1 a NIG-4) se corresponden con cuatro de estos abanicos aluviales formados por materiales procedentes del Complejo Nevado-Filábride. El lavado de los carbonatos presentes en estos materiales dio lugar a una importante recarbonatación en los suelos enterrados, modificando en gran medida sus índices de evolución.

De acuerdo con las edades de los estadios isotópicos establecidos para latitudes bajas en el registro de  $\delta^{18}\text{O}$  (Bassinot *et al.*, 1994), el suelo NIG-4 debió de formarse durante el episodio cálido acaecido entre 71.000 y 127.000 años BP (estadio 5) y el suelo NIG-3 durante el periodo cálido entre hace 186.000 y 242.000 años BP (estadio 7). Siguiendo este esquema, el suelo NIG-2 se debió de formar en el episodio cálido entre 301.000 y 334.000 BP (estadio 9), mientras que el suelo NIG-1 probablemente se desarrolló durante el periodo cálido entre 364.000 y 427.000 BP (estadio 11).

Los procesos de edafogénesis que dieron lugar a estos suelos fueron los mismos, pero sus intensidades variaron en el tiempo. De acuerdo con los índices de evolución (índice de enrojecimiento, índice de acumulación de arcilla, índice de acumulación de óxidos de hierro), los suelos más antiguos, NIG-1 y NIG-2, muestran grados de evolución muy parecidos entre ellos e intermedios entre NIG-3, el más evolucionado, y NIG-4, el

más joven y de menor evolución. Por tanto, y teniendo en cuenta la duración de los periodos de edafización, se puede deducir que las condiciones climáticas de los estadios 9 y 11 debieron de ser muy parecidas entre sí y dieron lugar a suelos de evolución similar. El estadio 7 debió de ser el más húmedo y dio lugar al suelo más evolucionado de la serie (NIG-3), al tiempo que su grado de evolución se aproxima mucho al del suelo de superficie desarrollado sobre materiales de principios del Pleistoceno que se visitará en la tercera parada (COL-10). Por último, el estadio 5 formó el suelo menos evolucionado (NIG-4), por lo que sus condiciones climáticas debieron de ser más secas y/o más frías.

## PARADA 2. OTURA

### Perfil OT-2

#### Características generales

**Localidad:** Otura (Granada).

**Situación:** Junto a la carretera de entrada a Otura desde Dílar.

**Coordenadas U.T.M.:** 444575/4104625/  
Huso 30.

**Altitud:** 825 m.

**Pendiente:** Inclínada.

**Posición Fisiográfica:** Abanico aluvial.

**Vegetación:** Matorral xérico mediterráneo.

**Material Original:** Conglomerado carbonatado.

**Condiciones de drenaje:** Bien drenado.

**Pedregosidad:** Moderadamente pedregoso.

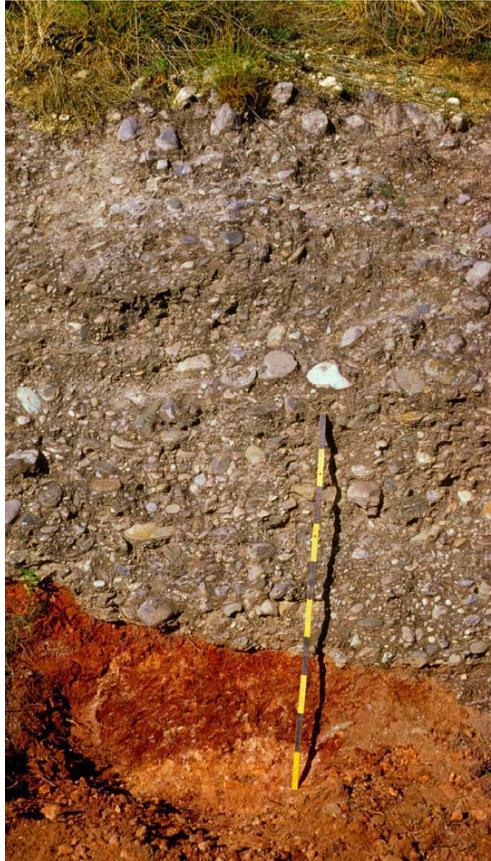
**Afloramientos rocosos:** Ninguno.

**Salinidad:** Sin sales.

**Erosión:** Hídrica moderada.

**Influencia humana:** No.

**Clasificación tentativa:** Calcisol hipercálcico lúvico (crómico) (FAO, 2006); Calcic Haploxeralf (Soil Survey Staff, 2006).



#### Macromorfología

Hor.	Prof. (cm)	Descripción macromorfológica
Btkb	0-39	Color rojo (2,5YR 4/6) en seco y rojo (2,5YR 4/8) en húmedo. Textura franca arcillo arenosa. Estructura en bloques angulares. Calcáreo, con pequeñas formaciones de nódulos y micelios de carbonatos. Frecuentes gravas. Límite brusco e inclinado.
Ckb	39-43	Color amarillo rojizo (5YR 7/6) en seco y rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo. Textura franca. Estructura masiva. Fuertemente calcáreo y parcialmente cementado. Abundantes gravas.

## Datos analíticos

Horizonte	Gravas (%)	Arena (%)	Limo G. (%)	Limo F. (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Fracciones de arena (%)					
							1	2	3	4	5	6
Btkb	17,8	44,8	7,0	15,4	22,4	32,8	4,8	7,7	10,0	16,0	4,4	1,9
Ckb	58,1	35,7	9,8	35,8	45,6	18,7	5,9	7,3	6,5	10,0	3,0	3,1

Horizonte	pH	CO (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Da (g cm <sup>-3</sup> )	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Bases de cambio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				V (%)	
						Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		CIC
Btkb	8,7	0,35	10,3	nd	0,45	0,07	0,20	11,73	5,93	12,46	100
Ckb	8,9	0,17	54,4	nd	0,62	0,07	0,11	19,71	3,57	7,30	100

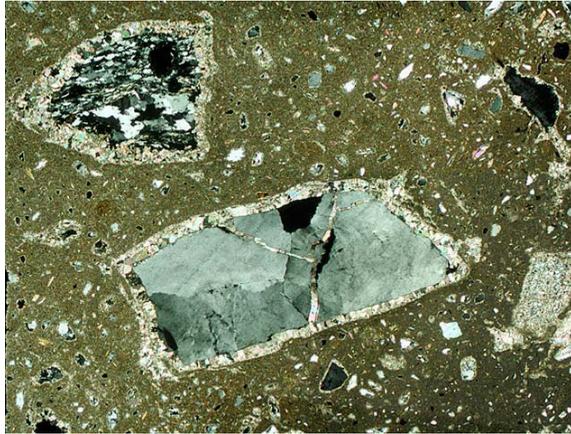
Horizonte	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zr
Btkb	60,58	13,29	6,60	0,07	1,14	6,49	0,39	1,80	0,85	0,05	242,0
Ckb	29,15	6,91	3,36	0,03	1,26	30,76	0,21	0,90	0,34	0,05	109,0

Perfil	Horizonte	Fe <sub>d</sub> (%)	Fe <sub>o</sub> (%)	Fe <sub>d</sub> /Fe <sub>t</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub> (%)	Al <sub>o</sub> (%)	Al <sub>d</sub> /Al <sub>t</sub>	Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub>
OT-2	Btkb	2,14	0,05	0,32	0,02	0,118	0,076	0,009	0,64
	Ckb	0,20	0,03	0,06	0,15	0,000	0,038	0,000	0,00

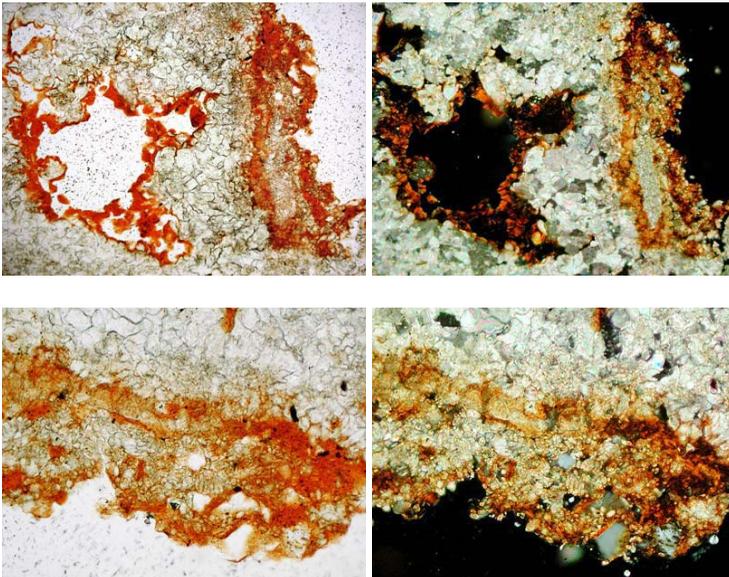
A la entrada de la población de Otura viniendo del pueblo de Dílar, a unos 9 km de Granada capital en dirección SW, se encuentra el paleosuelo OT-2, enterrado por un depósito conglomerático fuertemente cementado por carbonatos, y desarrollado sobre abanicos aluviales cuaternarios cuyos materiales proceden de Sierra Nevada (Sanz de Galdeano y López-Garrido, 1999).

Los principales procesos de edafogénesis que dieron lugar a este paleosuelo enterrado fueron: *meteorización, mineralización de la materia orgánica, lavado de carbonatos y su acumulación, intensa iluviación de arcilla y rubificación*; como resultado, se formaron horizontes Bt bien desarrollados, de color rojo, textura franco arcillo arenosa y con abundantes cútanos de arcilla, junto a horizontes Ck. Estas propiedades debieron de desarrollarse bajo un clima más húmedo que el actual.

Como ocurría en la serie de Nigüelas, otro proceso generalizado en estos suelos es la recarbonatación. Los depósitos que han ido enterrando este suelo eran calcáreos y posteriormente los carbonatos se han lavado al suelo subyacente. Localmente, en las áreas de máxima concentración de carbonatos de los horizontes carbonatados, se ha producido un intenso proceso de reemplazamiento por parte de estos materiales a los minerales silicatados (cuarzo y moscovita, principalmente), a la micromasa arcillosa y a los revestimientos de arcilla iluvial, como se pone de manifiesto en el estudio micromorfológico



*Paleosuelo OT 2. Horizonte Ckb. Coronas de reemplazamiento de los granos de cuarzo por los carbonatos. Polarizador y analizador. El lado más largo de las fotografía representa 5 mm real.*



*Paleosuelo OT 2. Horizonte Ckb. Dos ferriarcanes iluviales en una masa basal de carbonatos. Arriba, el de la izquierda se presenta bien conservado mientras que el de la derecha está parcialmente sustituido por los carbonatos. Abajo, detalle de la sustitución. A la izquierda sólo con polarizador y a la derecha con polarizador y analizador. El lado más largo de las fotografía de arriba representa 1 mm real mientras que es de 0,4 mm para las de abajo.*

En el suelo OT-2, aunque su horizonte Bt se ha visto modificado fundamentalmente por intensos procesos de recarbonatación, sus características analíticas, macromorfológicas y micromorfológicas presentan un grado de evolución comparable al de los suelos NIG-1 ó NIG-2 por lo que se puede pensar que se formó también durante el Pleistoceno Medio-Superior.

## PARADA 3. COLOMERA

### Perfil COL-10

#### Características generales

**Localidad:** Término municipal de Colomera (Granada).

**Situación:** Finca La Granja, a 5 km al NW del Pantano de Cubillas.

**Coordenadas U.T.M.:** 438400/4131475/  
Huso 30

**Altitud:** 682 m.

**Pendiente:** Suavemente inclinado.

**Posición Fisiográfica:** Ladera.

**Vegetación:** Olivos.

**Material Original:** Sedimentos carbonatados.

**Condiciones de drenaje:** Imperfectamente drenado.

**Pedregosidad:** Moderadamente pedregoso.

**Afloramientos rocosos:** Ninguna o muy pocas rocas.

**Salinidad:** Libre de sales.

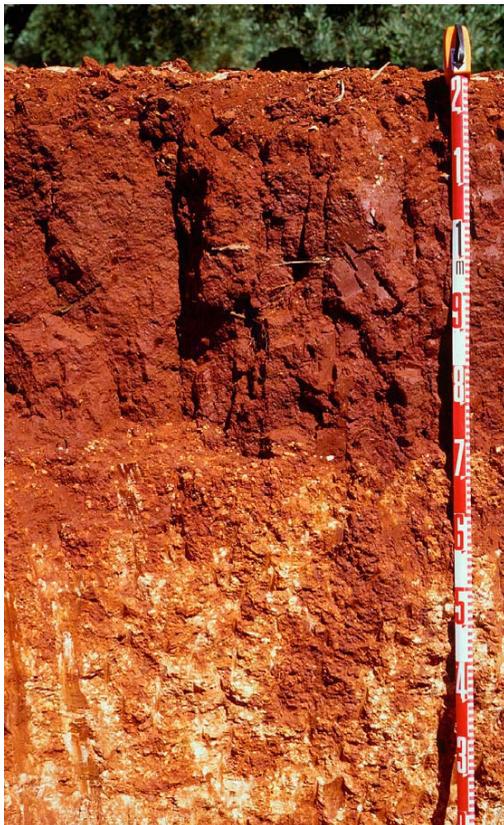
**Erosión:** Hídrica laminar y en surcos.

**Influencia humana:** Cultivo.

**Clasificación tentativa:** Luvisol  
cutánico cálcico

(FAO, 2006);

Petrocalcic Rhodoxeralf (Soil Survey  
Staff, 2006).



## Macromorfología

Hor.	Prof. (cm)	Descripción macromorfológica
Ap1	0-6	Color rojo oscuro (2,5YR 3/6) en seco y rojo muy oscuro (2,5YR 2,5/4) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares muy gruesos (hasta 3 cm) a granular fina, de grado moderado. Abundantes cútanos de arcilla y slickensides. Con suela de arado. Calcáreo. Sin raíces. Pocas gravas. Límite brusco.
Ap2	6-20	Color rojo oscuro (2,5YR 3/6) en seco y rojo débil (2,5YR 5/4) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura prismática, con grandes prismas (10 x 3 cm; 10 x 6 cm), de grado fuerte. Abundantes cútanos de arcilla y slickensides. Con suela de arado. Calcáreo. Muy escasas raíces. Menos gravas que en el horizonte superior. Límite difuso.
Bt	20-50	Color rojo (10R 4/6) en seco y rojo oscuro (10R 3/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura prismática, con prismas algo más pequeños que en el horizonte superior (10 x 3 cm), de tamaño mediano y grado fuerte. Muy abundantes cútanos de arcilla y slickensides en todas las caras de los agregados. Frecuentes raíces finas y muy finas. No calcáreo. Sin gravas. Límite brusco.
BCtk	50-90	Color rojo oscuro (2,5YR 4/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo, abigarrado, con material más rojizo procedente del horizonte superior rellenando las grietas. Textura arcillo limosa. Estructura en bloques angulares pequeños, de grado moderado y masiva en las zonas enriquecidas en carbonato. Fuertemente calcáreo. Muy abundantes nódulos de carbonato, endurecidos e irregulares, de crecimiento concéntrico, con superficies lisas que indican redisolución. Carbonatos en pequeñas grietas que indican la movilización y redisolución del carbonato. Signos de recarbonatación. Muy escasas raíces finas y muy finas. Pocas gravas. Límite difuso.
BCKt	90-120	Color rojo pálido (2,5YR 7/4) en seco y rojo (2,5YR 6/8) en húmedo. Textura franco limosa. Estructura en bloques angulares pequeños, de grado débil y masiva en las frecuentes zonas enriquecidas con carbonato. Fuertemente calcáreo. Muy escasos nódulos de carbonato, muy blandos. Pulvulento. Muy escasas raíces. Frecuentes gravas. Límite brusco.
Ckm	>120	Color pardo muy pálido (10YR 8/2) en seco y gris brillante (10YR 7/2) en húmedo. Al desecarse adquiere un color blanco. Textura franca. Estructura masiva. Fuertemente calcáreo y cementado. Frecuentes gravas de hasta 15 cm.

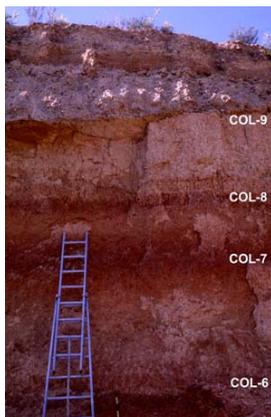
## Datos analíticos

Hor.	Gravas (%)	Arena (%)	Limo G. (%)	Limo F. (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Fracciones de arena (%)					
							1	2	3	4	5	6
Ap1	12,9	21,3	5,2	15,8	21,0	57,6	3,3	5,9	4,2	5,8	1,5	0,6
Ap2	6,3	22,4	5,6	13,3	18,9	58,7	4,3	5,5	3,9	4,8	2,9	1,0
Bt	0,2	5,0	0,6	2,8	3,4	91,6	0,7	1,0	0,7	1,2	0,9	0,5
B Ctk	15,1	12,7	6,2	36,4	42,6	44,7	2,3	2,4	2,4	3,1	1,7	0,8
B Ckt	29,0	15,4	8,3	54,6	62,9	21,7	1,0	2,5	3,2	4,9	2,3	1,5
Ckm	44,3	46,3	5,4	33,4	38,8	14,9	15,2	16,1	7,7	4,3	1,5	1,5

Horizonte	pH	CO (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Da (g cm <sup>-3</sup> )	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Bases de cambio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )			V (%)		
						Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> CIC			
Ap1	8,0	0,10	1,9	nd	0,54	0,11	1,85	29,00	1,25	24,33	100
Ap2	8,2	0,10	2,0	nd	0,37	0,09	1,66	27,70	1,00	29,34	100
Bt	7,7	0,05	0,8	nd	0,29	0,14	0,87	33,20	1,67	38,65	93
B Ctk	8,3	0,03	51,1	nd	0,37	0,09	0,49	36,75	0,92	22,90	100
B Ckt	8,5	0,02	71,4	nd	0,26	0,06	0,23	37,25	0,50	11,45	100
Ckm	8,7	0,02	80,0	nd	0,30	0,05	0,10	39,25	0,50	6,30	100

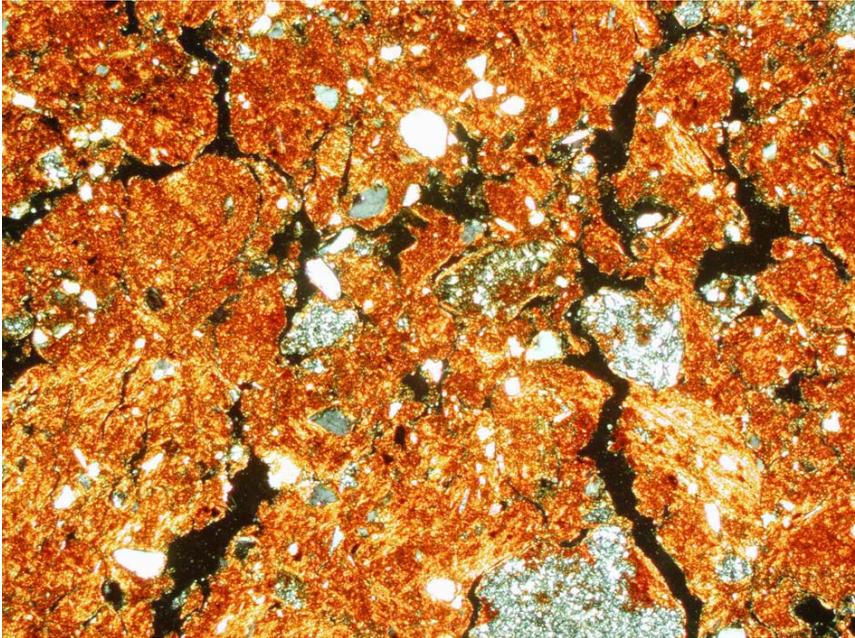
Horizonte	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zr
Ap1	60,69	17,81	7,75	0,15	0,81	1,66	0,24	1,99	0,78	0,14	186,8
Ap2	60,41	17,95	7,63	0,15	0,81	1,66	0,20	1,96	0,85	0,14	191,5
Bt	51,52	23,92	9,65	0,15	1,22	1,33	0,70	2,44	0,71	0,11	146,4
B Ctk	25,46	12,08	5,20	0,06	0,74	27,97	0,15	1,19	0,34	0,06	72,9
B Ckt	13,85	4,95	2,40	0,03	0,44	42,47	0,09	0,50	0,18	0,03	50,1
Ckm	12,78	2,14	1,53	0,04	0,86	44,64	0,22	0,15	0,09	0,02	28,4

Horizonte	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub> /	Fe <sub>o</sub> /	Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub>	Al <sub>d</sub> /	Al <sub>o</sub> /
	(%)	(%)	Fe <sub>t</sub>	Fe <sub>t</sub>	(%)	(%)	Al <sub>k</sub>	Al <sub>k</sub>
Ap1	3,42	0,14	0,44	0,04	0,47	0,32	0,03	0,68
Ap2	3,56	0,14	0,46	0,04	0,42	0,30	0,02	0,71
Bt	4,56	0,14	0,47	0,03	0,24	0,12	0,01	1,16
B Ctk	2,06	0,03	0,40	0,01	0,19	0,07	0,01	0,37
B Ckt	0,97	0,01	0,40	0,01	0,09	0,04	0,02	0,44
Ckm	0,17	0,09	0,11	0,53	0,07	0,03	0,03	0,43



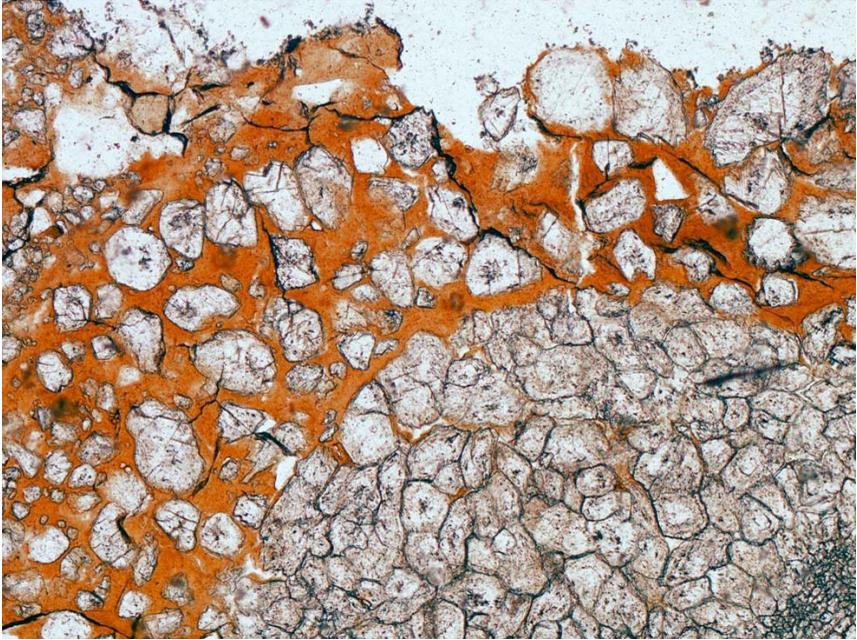
En las cercanías de la población de Colomera, a unos 5 km al NW del Pantano de Cubillas, se pueden diferenciar hasta 10 suelos superpuestos. La base está formada por nueve suelos enterrados, cuyos materiales originales son muy similares y están formados por sedimentos carbonatados de grano fino y edad pliocena, procedentes de las Zonas Externas. Parecen tratarse de depósitos asociados a antiguas llanuras de inundación. El techo está constituido por un abanico aluvial de principios del Pleistoceno (Fernández y Soria, 1986-1987) y formado por materiales carbonatados de grano grueso procedentes también de las Zonas Externas. Sobre estos materiales se desarrolla el suelo de que se encuentra ahora en superficie pero que en su día estuvo también enterrado, COL-10.

Desde el punto de vista macromorfológico, el suelo COL-10 está caracterizados por poseer un perfil de tipo A-Bt-BCtk-Ckm. Este suelo, actualmente bajo cultivo de olivar, ha sido erosionado puesto que ha perdido sus horizontes A y E originales, y sus horizontes Ap actuales están formados por el material del horizonte Bt modificado por el laboreo.



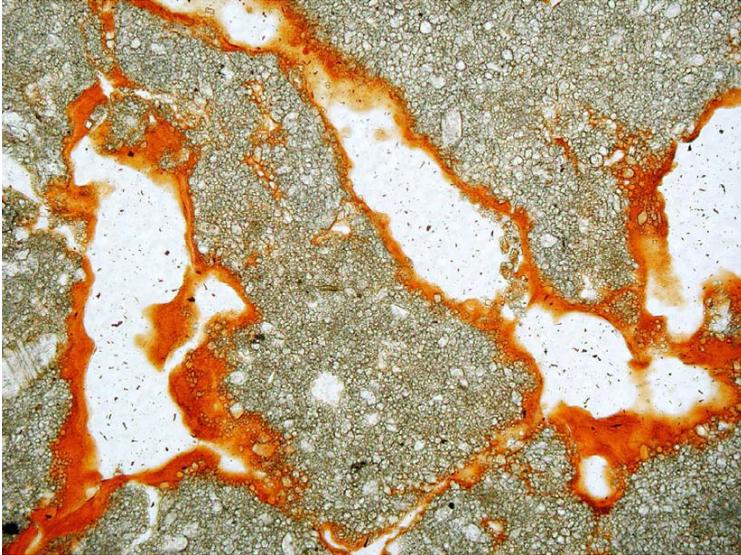
*El horizonte Ap muestra, a nivel microscópico, claros signos de que se trata de un antiguo horizonte Bt (fuertes orientaciones de la masa basal y presencia de arcilanes iluviales) que al decapitarse el suelo ha aparecido en la superficie del terreno. Polarizador y analizador. El lado más largo de la fotografía representa 3.5 mm reales.*

Como consecuencia de este truncamiento los horizontes Bt y Ck parecen estar reajustando sus profundidades, adentrándose en el perfil. Así el horizonte Bt árgico se presenta invadiendo al primitivo horizonte Ck cálcico. Los actuales horizontes de transición BCkt son antiguos Ck. Este hecho se manifiesta en el perfil con un horizonte BCkt de colores abigarrados rojos (Bt) y blancos amarillentos (Ck). A nivel microscópico es posible observar en la parte superior de este horizonte signos de la removilización de los carbonatos previamente acumulados antes del truncamiento del perfil y la acumulación de arcilla iluvial como resultado de la profundización del primitivo horizonte Bt.

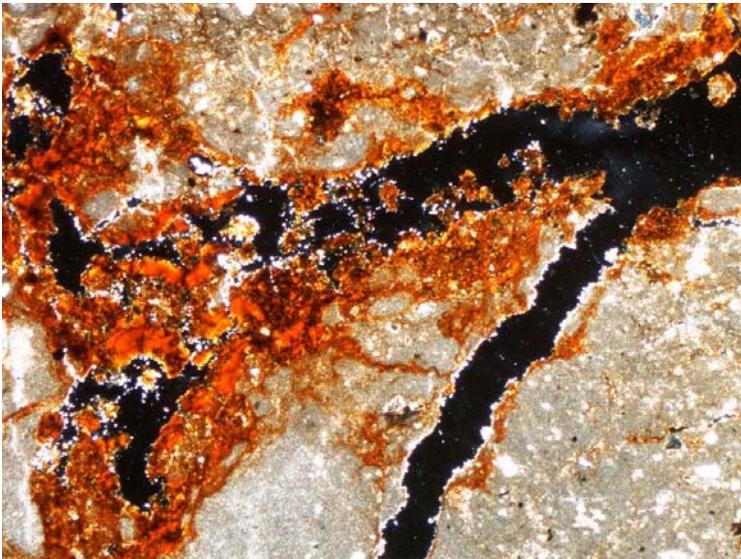


*Los cristales de calcita del primitivo horizonte cálcico (esquina inferior derecha) tras el truncamiento del perfil soportan un importante proceso de disolución, quedando, los que permanecen, redondeados y separados entre sí; los huecos originados son ocupados por arcilla iluvial (parte superior y zona izquierda) procedente del horizonte Bt situado encima. Sólo polarizador. El lado más largo de la foto representa 1,3 mm reales.*

Por otra parte, la invasión de la zona de iluviación de arcilla a la primitiva zona de acumulación de carbonatos también puede ser deducida a nivel microscópico por la presencia en todo el horizonte BCKt de abundantes cútanos de arcilla iluvial tapizando las paredes de los macroporos y frecuentemente rellenándolos completamente.

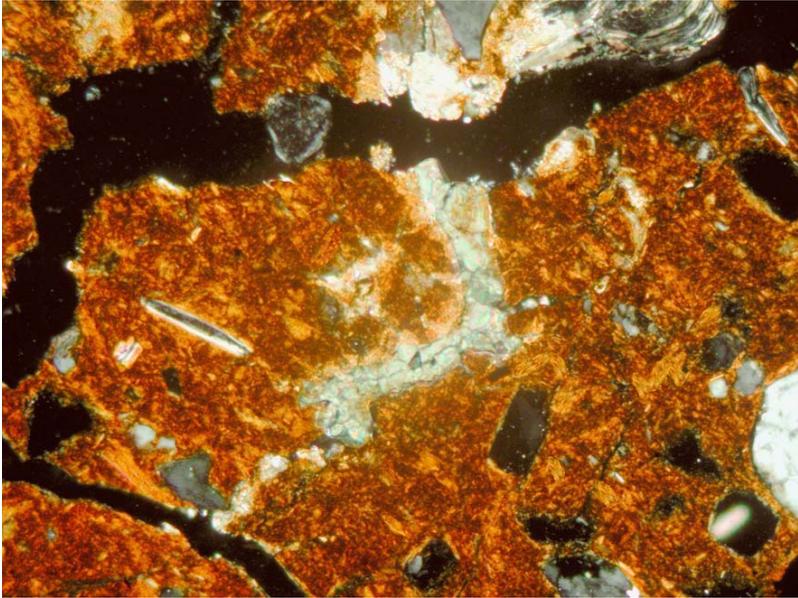


*El horizonte BCkt muestra abundantes cútanos de arcilla con Fe<sup>+++</sup> (ferriarillanes) iluviales en los macroporos de una matriz micrítica de carbonatos. Sólo polarizador. El lado más largo de la fotografía representa 1 mm real.*



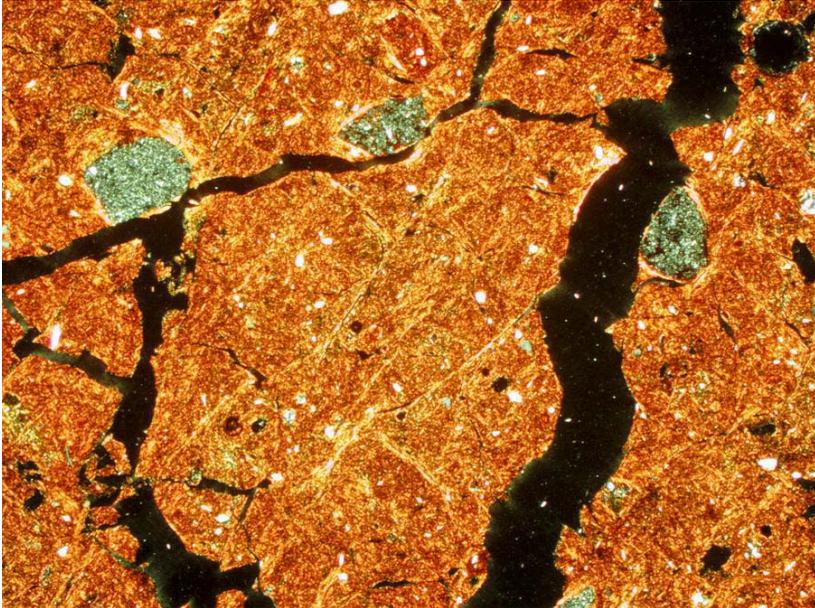
*El horizonte BCkt presenta abundantes acumulaciones iluviales relleno los poros y a veces integradas en la matriz micrítica de carbonatos. Polarizador y analizador. El lado más largo de la fotografía representa 3,5 mm reales.*

El horizonte Ck presenta una fuerte acumulación de carbonato cálcico (80%), unido a una cementación de los granos minerales. Esta fuerte acumulación de  $\text{CaCO}_3$  sugiere que, además del que procede del lavado de los horizontes Bt, debió existir posteriormente un aporte exterior.



*La recarbonatación secundaria del suelo se muestra en el estudio micromorfológico por la presencia de cóntanes (revestimientos) de carbonatos (calcanes) en las grietas del horizonte Ap. Polarizador y analizador. El lado más largo de la fotografía representa 1 mm real.*

Los principales procesos edáficos que dieron lugar a este suelo fueron: fuerte meteorización, mineralización de la materia orgánica, lavado de carbonatos y su acumulación, intensa iluviación de arcilla y rubificación; los cuales condicionaron la formación de un horizonte Bt muy desarrollado, de color rojo, textura arcillosa y con abundantes cóntanes de arcilla. Estas propiedades debieron de desarrollarse bajo un clima más húmedo que el actual, por lo que por esta circunstancia también se debe considerar como paleosuelo.



*El horizonte Bt muestra rasgos de alta evolución, como son fuertes orientaciones de la masa basal y presencia de abundantes fragmentos de arcillas iluviales, parcialmente integrados en la masa. Polarizador y analizador. El lado más largo de la fotografía representa 3.5 mm reales.*

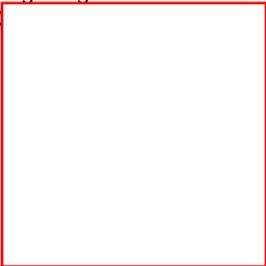
Además como se acaba de indicar anteriormente el suelo sufrió una fuerte etapa erosiva que decapitó el perfil y posteriormente soportó un enterramiento por unos materiales que originaron un nuevo suelo con un horizonte cálcico espeso que actualmente ha desaparecido en la zona en que se encuentra este perfil.

Otro proceso que ha afectado a este suelo es el *reemplazamiento de los carbonatos* a los materiales silicatados. La presión de los carbonatos en los horizontes BCtk, BCKt y Ckm ha producido la destrucción de los materiales silicatados incluidos en la masa calcárea. Así, masas y revestimientos arcillosos, de claro origen iluvial, se encuentran reemplazados por los carbonatos con diferentes intensidades. Igualmente, los granos de cuarzo se encuentran parcial o totalmente sustituidos por carbonatos, preferentemente espáticos. Estos reemplazamientos son en todo similares a los ya observados en los suelos de las dos paradas anteriores.

Tal y como ya se ha indicado, COL-10 es un suelo desarrollado sobre abanicos aluviales datados de principios del Pleistoceno (entre hace 788.000 y 1.650.000 años BP; Birkeland, 1999) y formado como consecuencia de episodios resistácicos (probablemente fríos y muy húmedos). Por su parte, el suelo debió desarrollarse durante los periodos cálidos posteriores a la formación del depósito.

## Referencias

- Aguirre, E. 1957. Una prueba paleomastológica de la edad Cuaternaria del Conglomerado de la Alhambra. *Estudios Geológicos*, 13: 135-140.
- Bassinot, F.V., L.D. Labeyrie, E. Vincent, X. Quidelleur, N.J. Shackleton and Y. Lancelot. 1994. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 126: 91-108.
- Birkeland, P.W. 1990. Soil-geomorphic research: a selective overview. In: P.L.K. Kneupfer and L.D. McFadden (Eds.), Soils and landscape evolution. *Geomorphology*, 3: 207-224.
- Dabrio, C., J. Fernández, J. A. Peña, A. Ruiz-Bustos y C. Sanz de Galdeano. 1978. Rasgos sedimentológicos de los conglomerados miocénicos del borde noreste de la depresión de Granada. *Est. Geol. Univ. de Granada*, 34: 89-97.
- Dabrio, C. and A. Ruiz-Bustos. 1979. Les conglomérats de la "Blockformation" et leur signification dans l'évolution néogène du bassin de Grenade (Cordillères Bétiques, Espagne). C.R. Seanc. Soc. Géol. France, Paris, 2: 53-55.
- Estévez, A. and C. Sanz de Galdeano. 1983. Néotectonique du secteur central des Chaines Bétiques (Basins du Guadix-Baza et de Grenade). *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn*, Paris, 21: 23-34.
- FAO. 2006. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports n° 103. Roma
- Fernández, J. y Soria, J. 1986-1987. Evolución sedimentaria en el borde norte de la Depresión de Granada a partir del Turolense terminal. *Acta Geológica Hispánica*, t. 21-22: 73-81.
- Fontboté, J.M. 1970. Sobre la historia preorogénica de las Cordilleras Béticas. *Cuad. Geol.*, Universidad de Granada, 1, pp. 71-78.
- González Donoso, J.M. 1968. Conclusiones estratigráficas y paleogeográficas sobre los terrenos miocénicos de la Depresión de Granada. *Acta Geológica Hispánica*, t. III, n° 3: 57-63.
- I.G.M.E. 1988. Mapa Geológico de España (E. 1:50.000). Hoja 1.009, Granada. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- I.N.M. 1991. Síntesis de los datos climáticos de Andalucía. Madrid.
- Lhenaff, R. 1965. Néotectonique quaternaire sur le bord occidental de la Sierra Nevada (province de Grenade, Espagne). *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn.*, 7(3): 205-207.
- Ortega-Huertas, M., M. Rodríguez-Gallego y F. López-Aguayo. 1979. Mineralogía de la fracción

- fin de la "Block Formation". Depresión de Granada. *Estudios Geológicos*, 35: 541-548.
- Rivas Martínez, S. 1987. Memoria del Mapa de series de vegetación de España. ICONA. Madrid.
- Rodríguez-Fernández, J. 1982. El Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 224 pp.
- Rodríguez-Fernández, J., Sanz de Galdeano, C. and Fernández, J. 1989. *Genesis and Evolution of the Granada Basin (Betic Cordillera, Spain)*. In: T.P. Thauasuthipitak and P. Ounchanum (Eds.), *Intermontane Basins: Geology and Resources*. Chiang-Mai, Thailand. pp. 294-305.
- Ruiz de la Torre, J. 1990. Mapa forestal de España. Granada-Málaga. Hoja 5-11. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA. Madrid.
- Sanz de Galdeano, C. and J. A. Vera. 1992. Stratigraphic record and palaeogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain. *Basin Research*, 4: 21-36.
- Sanz de Galdeano, C. and A.C. López-Garrido. 1999. Nature and impact of the Neotectonic deformation in the western Sierra Nevada (Spain). *Geomorphology*, 30: 259-272.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Second Edition. U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Handbook nº 436. Washington, DC.
- Soil Survey Staff. 2006. *Keys to Soil Taxonomy*. Tenth edition. Washington, DC.
- Valle, F. 1985. Mapa de series de vegetación de Sierra Nevada (España). *Ecología mediterránea*, 11 (2/3): 183-199.
- Viseras, C. 1991. Estratigrafía y sedimentología del relleno aluvial de la Cuenca de Guadix (Cordilleras Béticas). Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 327 pp.
- Von Drasche, R. 1879. Bosquejo geológico de la zona superior de Sierra Nevada. Bol. Com. Mapa Geol. de España. 











## ANEXO. Referencias metodológicas.

### Descripción de perfiles (FAO, 1977):

FAO. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo (2ª edición).

### Clasificación de suelos:

IUSS (International Union of Soil Sciences). 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. 1ª actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, 103. FAO, Roma.

SSS (Soil Survey Staff). 2003. Keys to soil taxonomy (9th edition). USDA-NRCS

### Análisis de suelos:

Textura, método de la pipeta tras eliminación de la materia orgánica con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dispersión con polifosfato sódico y agitación mecánica por volteo (Loveland y Whalley, 1991).

LOVELAND, P.J., WHALLEY, W.R. 1991. Particle size analysis. In: Smith, K.A. y Mullis, ChE. (Eds) Soil analysis: physical methods. New York. Marcel Dekker. 271-328.

pH, medida potenciométrica con electrodo de vidrio en una suspensión suelo:agua de 1:2.5 en un aparato CRISON digit 501.

CaCO<sub>3</sub> equivalente, determinado por ataque con CIH 1:1, lectura de la presión de CO<sub>2</sub> liberada en manómetros de agua y mercurio, según el método de Barahona *et al* (1984).

BARAHONA, E., IRIARTE, A. 1984. Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos IV. Determinación de carbonatos totales y caliza activa (Grupo de trabajo de normalización de métodos analíticos) En: Actas del I Congreso de la Ciencia del Suelo. Madrid I. p. 53-69.

Carbono y nitrógeno totales, analizado por combustión seca con un equipo automático LECO TruSpec-CN.

Bases de cambio, determinadas tras saturación con acetato amónico 1N pH 7 y medida en espectrómetro de absorción atómica VARIAN SpectrAA 220FS.

Capacidad de intercambio catiónico, determinada con acetato sódico 1N a pH 8.2 y medida del sodio en fotómetro de llama METEOR mod. NAK-II.

Fósforo asimilable, determinado tras extracción con bicarbonato sódico y espectrofotometría (Olsen y Sommers, 1982).

OLSEN S.R., SOMMERS L.E.1982. Phosphorus. In: Page AL, et al (eds), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd edn, Agron Monogr 9. ASA and ASSA, Madison WI, pp 403-430

Humedad a 1/3 y 15 atm, determinado mediante el método de la membrana de Richard

RICHARDS, L. A. 1965. Physical condition of water in soil. In Black, C. A.,ed. Methods of soil analysis. pp. 128-137. Madison, Wisconsin, Am. Soc.Agron.

Conductividad eléctrica, determinado en el extracto de la pasta saturada y medido a 25°C con electrodo de vidrio en un aparato CRISON mod. 522. La *conductividad eléctrica calculada (C.E.c.)* se estimó diluyendo los valores de conductividad del extracto a valores situados entre 0.1 y 0.3 dS m<sup>-1</sup> y multiplicando por la dilución según Simón *et al.* (1994)

SIMÓN, M., CABEZAS, O., GARCÍA, I. Y MARTÍNEZ, P. (1994) A new method for the estimation of total dissolved salts in saturation extracts of soils from electrical conductivity. *European Journal of Soil Sci.* 45:153-157.

Cloruros y sulfatos, medidos por cromatografía líquida en un Ion Chromatograph DIONEX DX-120.

Compuestos amorfos de hierro, aluminio y manganeso (Fe<sub>o</sub>, Al<sub>o</sub>, Mn<sub>o</sub>), extraídos con una solución de ácido oxálico y oxalato amónico a pH 3 (Schwertmann y Taylor, 1977) y medidos en un espectrofotómetro de adsorción atómica PERKIN-ELMER 305B.

SCHWERTMANN, U. Y TAYLOR, R.M. (1977) Iron oxides. In: Dixon J.B. y Webb, S.B. (Eds.) Mineral in Environments. Madison. Soil Sci. Soc. Am. 148-180.

Compuestos libres de hierro, aluminio y manganeso (Fe<sub>d</sub>, Al<sub>d</sub>, Mn<sub>d</sub>), extraídos con una solución de citrato-ditionito (Holmgren, 1967) y medidos en un espectrofotómetro de adsorción atómica PERKIN-ELMER 305B.

HOLMGREN, G.G.S. (1967) A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 31:210-211.

Elementos mayoritarios totales, Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P y Ti, medidos, previa elaboración de pastilla, por Fluorescencia de rayos X en un espectrómetro Philips PW 1404.

### **Estudio micromorfológico (Bullock et al., 1985):**

Preparación de laminas delgadas de muestras inalteradas de suelo, estudio mediante microscopio de luz polarizada y descripción según Bullock et al., 1985.

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURBINA, T., BABEL, U. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications, Wolverhampton, UK.

### **Estudio mineralógico (Difracción de rayos X):**

Método de polvo cristalino desorientado. Análisis de las muestras en equipo Philips PW-1710 con radiación  $\text{CuK}\alpha$ .

Interpretación cuali y cuantitativa de Difractogramas de Rayos X, mediante la utilización del programa de identificación mineral X Powder ver.2004.04 ([www.xpowder.com](http://www.xpowder.com))

