

Geología del PN de los Alcornocales en torno a Alcalá de los Gazules

Luján Martínez, María¹; Gracia Prieto, Javier¹; Jordán López, Antonio²; Domínguez Bella, Salvador¹; Sánchez Bellón, Ángel^{1y5}

1 Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Cádiz

2 Departamento de Edafología de la Universidad de Sevilla

5 ICOGA, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Andalucía

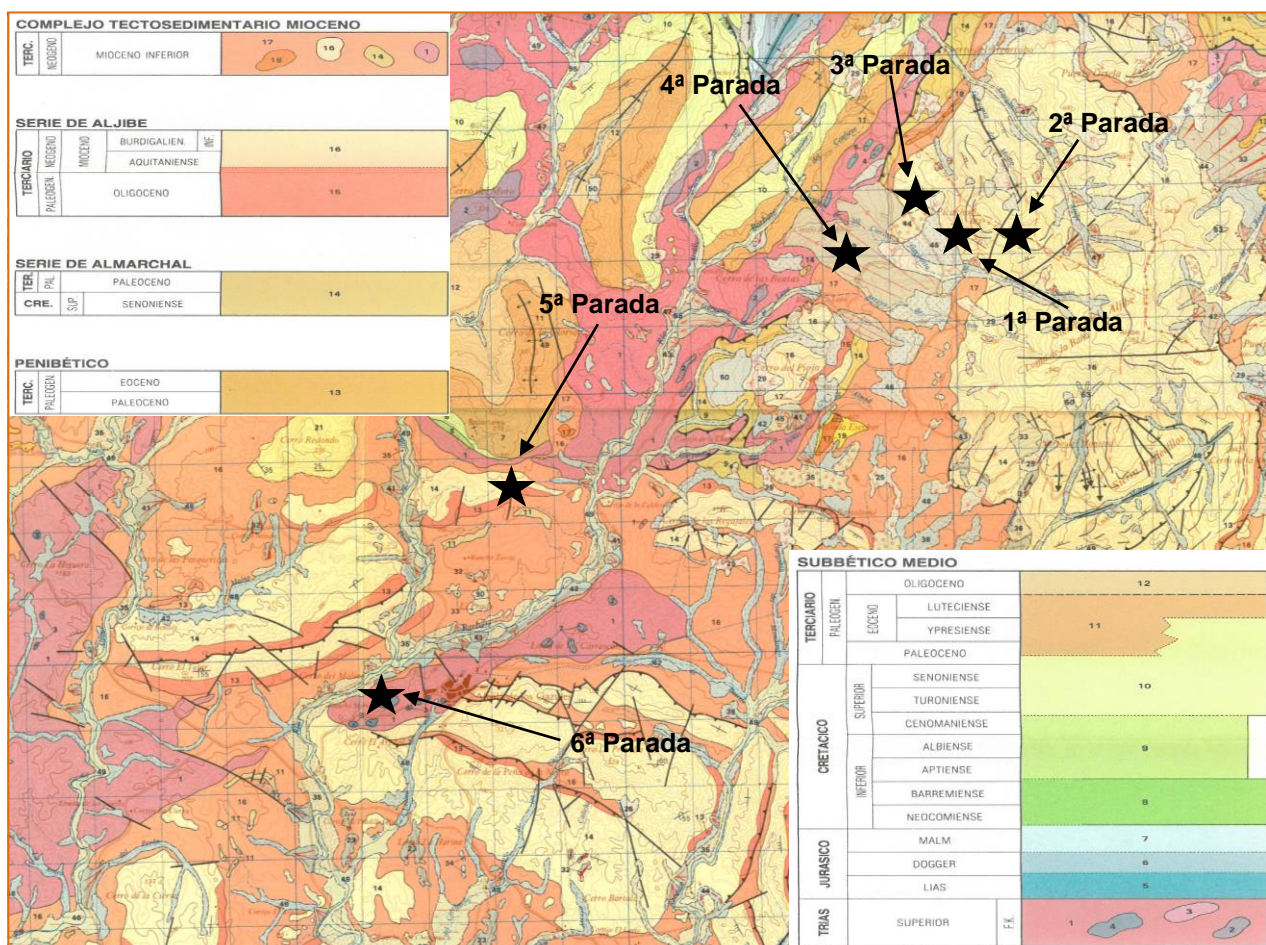


Fig. 1. Mapa geológico a escala 1:50.000 en torno a Alcalá de los Gazules (ITGME, 1990) y localización de las paradas

Parada 1. Contexto Geológico

Gran parte de la provincia de Cádiz se sitúa dentro del conjunto de la Cordillera Bética, la cual se relaciona a través del conocido como Arco de Gibraltar con la cordillera del Rif del norte de África. Estas jóvenes cordilleras son cinturones orogénicos, que se formaron como consecuencia de la convergencia entre las placas Europea y Africana hace pocos millones de años, durante la orogenia Alpina, en la que también se formaron los Pirineos, Alpes, etc. Se muestran como grandes alineaciones de montañas que, a modo de cicatrices intracontinentales, unen áreas de topografía más regular.

Las rocas que forman estas grandes masas montañosas son, en buena medida, el producto de la litificación de sedimentos marinos, con cantidades variables de aportes volcánicos, que han sido deformados, metaforizados e intruidos por cuerpos ígneos durante el proceso de construcción del cinturón orogénico.

Los dominios tectónicos involucrados en el Arco de Gibraltar y por lo tanto en la Cordillera Bética son (Fig.1):

- 1) El Dominio de Alborán, son las zonas internas del orógeno formadas por materiales mayoritariamente paleozoicos que han sido estructurados y metamorfizados durante el ciclo alpino.
- 2) El Dominio del Surco de los Flysch, de edad Cretácico inferior al Mioceno Inferior, está caracterizado por un registro sedimentario propio de un surco profundo que está organizado en la actualidad como un cinturón deformado de pliegues y cabalgamientos.
- 3) Los Dominios Sudibérico (que incluye el Prebético y el Subbético) y Magrebí (Pre-Rif, Meso-Rif e Intra-Rif), son las zonas externas que proceden de la reestructuración de los paleomárgenes mesozoico-cenozoicos del sur de Iberia y Norte de África, respectivamente.

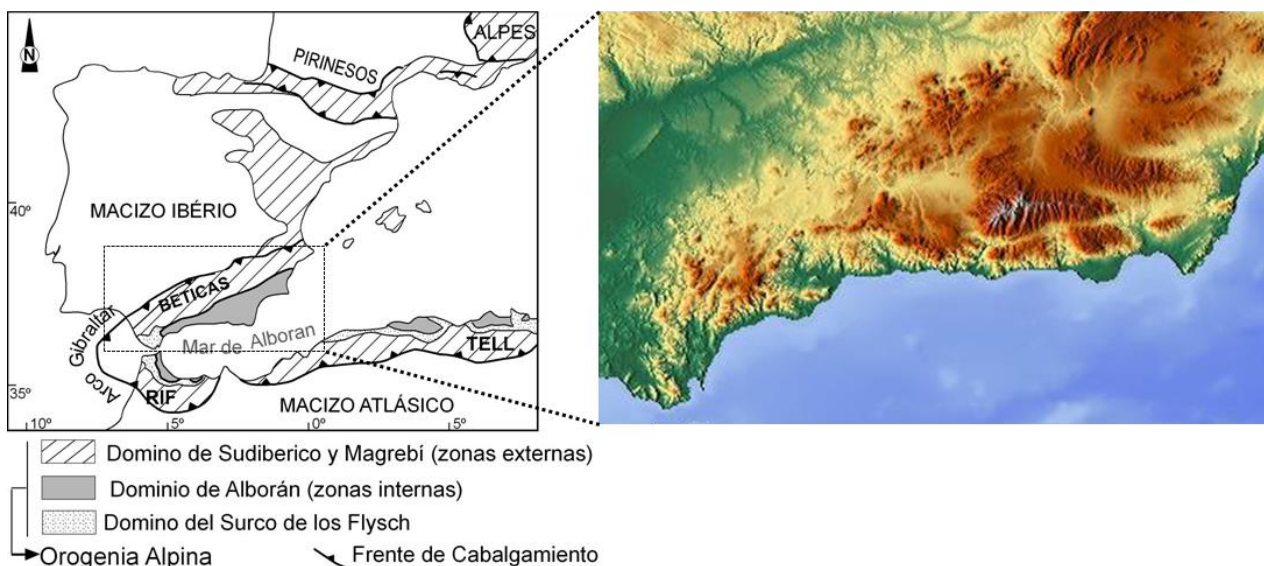


Fig. 1. Izqda.: Mapa esquemático de los dominios tectónicos alrededor del Mediterráneo Occidental. Drcha.: Detalle de la orografía de la zona de las Cordilleras Béticas

La zona del Parque Natural de los Alcornocales constituye la parte más occidental de la Cordillera Bética y sus montañas son la expresión topográfica de zonas de la litosfera terrestre que han sufrido deformaciones intensas en tiempos geológicos relativamente recientes, a partir del inicio del Mioceno (hace 25 m.a), y que

se extienden desde Cádiz hasta Alicante. Como resultado de estos procesos tectónicos de acortamiento, debido a los movimientos de acercamiento entre las placas Europea y Africana, se generó una cuña de material submarino deformado, constituida principalmente por los materiales sedimentarios que formaban parte de ambos márgenes de placas (principalmente los pertenecientes a la plataforma y talud continental) y de un surco profundo, construido sobre una litosfera muy delgada, y que fueron despegados, plegados y transportados desde el basamento.

Las rocas principales que constituyen este cinturón orogénico en el área del Parque Natural de los Alcornocales forman parte de las unidades del Subbético, de edad Triásico superior al Neógeno (aprox. entre 235 a 4 m.a) y de las unidades del Complejo de los Flyschs de edad Cretácica al Mioceno inferior (aprox. entre 135 a 19 m.a), derivadas respectivamente del paleomargen sudibérico y de un surco turbidítico profundo. Estas últimas unidades se sitúan o se apilan estructuralmente por encima de los materiales despegados del paleomárgen sudibérico, aflorando extensamente en la provincia de Cádiz (de ahí el nombre local que reciben de Unidades del Campo de Gibraltar) (Fig.2).

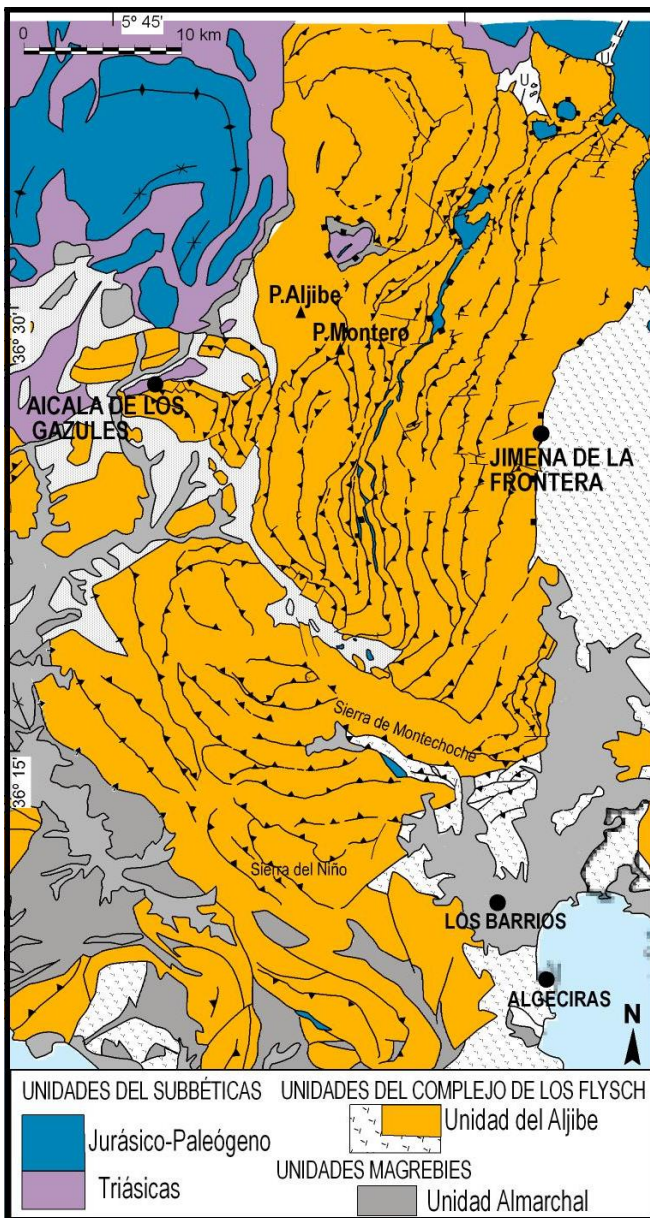


Fig. 2. Mapa Geológico del área del Parque Natural de los Alcornocales

En este contexto geológico, las masas rocosas que forman los principales relieves del Parque Natural de los Alcornocales, como por ej. la sierra del Aljibe, el Picacho, sierra de los Frailecillos, sierra de Montecoche, sierra del Niño etc., corresponden a formaciones arcillosas y arenosas detríticas y/o carbonatadas pertenecientes a la **Unidad del Aljibe** del Complejo de los Flysch, que afloran de manera muy extensa y relativa calidad en este parque natural. Estos relieves limitan al noroeste de Alcalá de los Gazules con un conjunto de **arcillas, margas y evaporitas triásicas** pertenecientes a las unidades del Subbético. Ambos materiales, afloran en el pueblo de Alcalá de los Gazules y a continuación haremos una descripción más detallada de su origen y estructura, así como de su litología.

Unidad del Aljibe

La Unidad del Aljibe está formada por materiales que se depositaron fundamentalmente por procesos gravitacionales o corrientes de turbidez en una fosa marina profunda y relacionados con abanicos submarinos.

Está constituida por una sucesión de sedimentos que llegan a alcanzar los 1.500 m de espesor y donde principalmente se pueden diferenciar dos formaciones o secuencias sedimentarias:

1) las formaciones de la Serie de Base, del Cretácico inferior al Paleógeno (125-23 m.a), constituidas esencialmente por arcillas versicolores, rojizas y verdosas (Fig. 3), con intercalaciones de calcarenitas grises, y que se pueden considerar como depósitos turbidíticos de llanura submarina.



Fig. 3 Izqda. Afloramiento de la Unidad del Aljibe en Alcalá de los Gazules. Se aprecia el transito continuo entre la formación del Aljibe (bancos de areniscas de la parte superior) y la formación de Serie de Base (arcillas y margas de la esquina inferior derecha). Drcha. Detalle de las arcillas y margas versicolores, rojas y verdes, de la Serie de Base.

2) la formación del Aljibe, de edad Aquitaniense (23-20 m.a), caracterizada por unas areniscas cuarzosas estratificadas en gruesos bancos (hasta 15 m de espesor), denominadas “areniscas del Aljibe”, con delgadas intercalaciones de pelitas de color marrón claro (Fig.3). Las areniscas se clasifican como cuarzoarenitas o areniscas cuarzosas por tener un contenido en cuarzo mayor del 90 %. Los granos de cuarzo, muy redondeados, evidencian un sedimento maduro de origen ígneo que ha sufrido un transporte eólico previo a su depósito. Estos caracteres son propios de abanicos submarinos construidos por corrientes de turbidez densas (Fig.4), muy cargadas en arena y pobres en sedimentos finos, que transportan de manera muy eficaz la arena procedente de la erosión del continente africano.

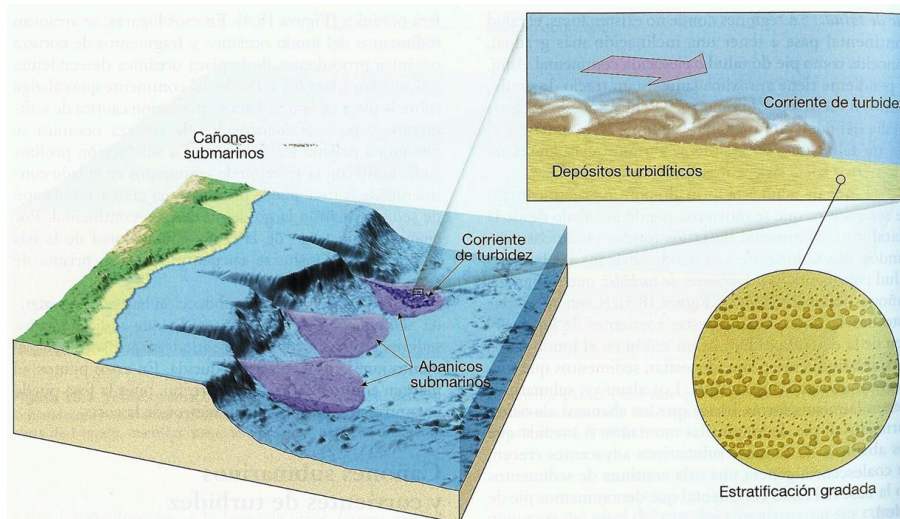


Fig. 4. Las corrientes de turbidez se desplazan pendiente abajo, erosionando el margen continental y aumentando el tamaño de los cañones submarinos. Estas corrientes densas, cargadas de sedimento, acaban depositando su carga como abanicos submarinos en zonas profundas. Cada carga produce una capa caracterizada por un decrecimiento en el tamaño de grano de muro a techo.

Estructura de la Unidad del Aljibe

La disposición y estructura de las sierras procede de la reorganización por acortamiento de los materiales de la Unidad del Aljibe, mediante pliegues y cabalgamientos, a partir del Mioceno Inferior (etapa orogénica). Su estructura se identifica a través de escamas de gran continuidad lateral, que llegan a alcanzar los 30 km de longitud, marcadas claramente por los distintos niveles de areniscas del Aljibe. Estos sistemas de escamas están imbricadas (apiladas) según sistemas de cabalgamiento organizados a partir de un despegue principal situado hacia la base de las secuencia inferior de la unidad (formación Serie de Base). Esta estructuración produce repeticiones de su secuencia litológica como se observan en el mapa geológico (Fig.5) y la verticalización e incluso inversión (Fig.6) de los gruesos bancos de areniscas.

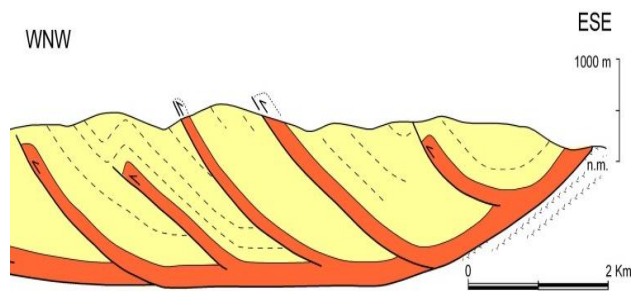
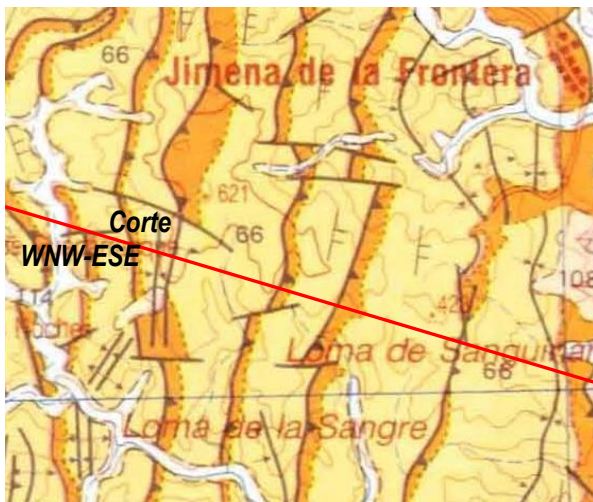


Fig. 5. Izqda. Detalle de las repeticiones de las escamas de la Unidad del Aljibe sobre un mapa geológico (Hoja nº 87, Algeciras 1:200.000). Drcha. Corte geológico de este sistema imbricado de escamas.

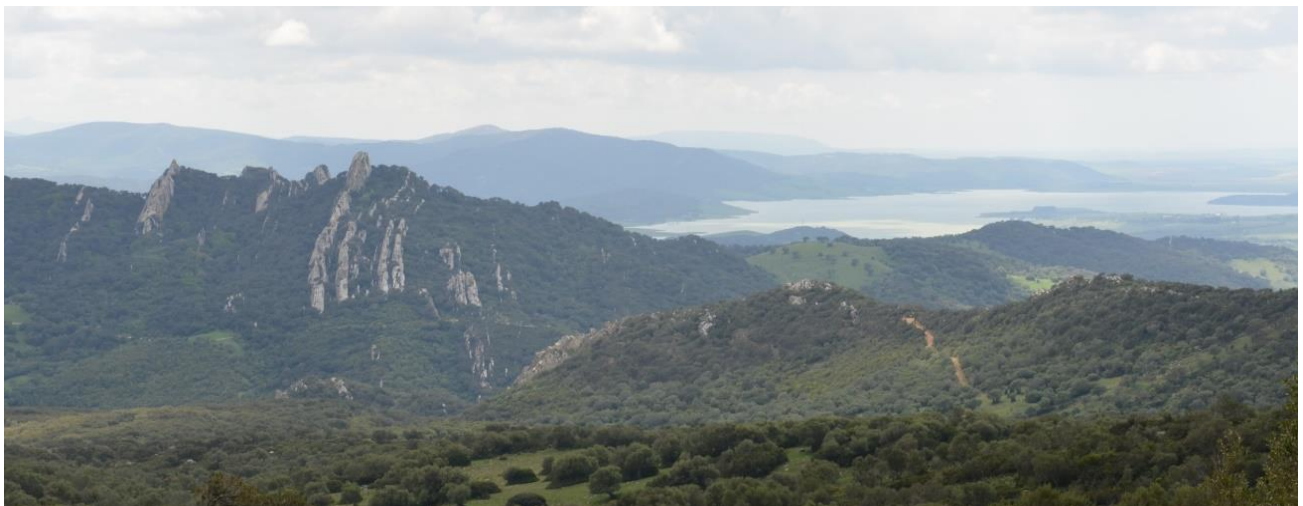


Fig. 6. Panorámica de una escama de la Unidad del Aljibe, donde se aprecia claramente la inversión de las capas de areniscas

Parada 2. Estructuras sedimentarias

En el interior y el muro de los bancos de areniscas del Aljibe pueden reconocerse distintas estructuras sedimentarias: de ordenamiento interno, como granoclasificación, laminaciones y ripples; de corriente, tales como groove casts y flute casts; o de deformación, como las estructuras de carga (load cast). También se identifican estructuras orgánicas y de bioturbación en el muro de las areniscas. A continuación haremos una breve descripción del origen y significado de las principales estructuras que veremos a lo largo de esta parada.

Estructuras de ordenamiento interno

Los **Ripples de corriente**. Estas estructuras aparecen a techo de las capas de areniscas y son producidas por una corriente o flujo unidireccional o por el efecto del oleaje. Sus crestas y sus valles se alinean generalmente paralelas entre sí, aunque a veces pueden anastomosarse con dirección perpendicular a la que poseía la corriente que los origina (Figs. 7 y 8).

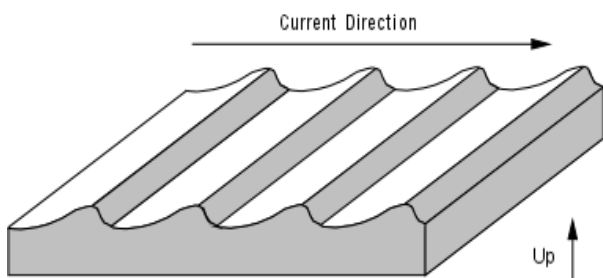


Fig. 7. Ripples con crestas rectilíneas



Fig.8. Ripples en el techo de una capa de areniscas.

Estructuras de corriente

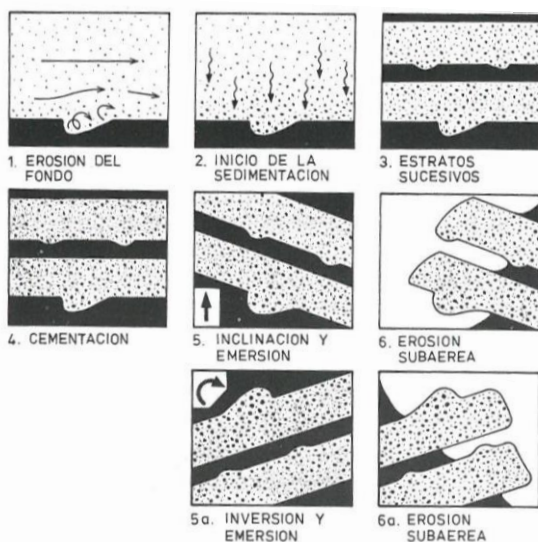


Fig. 9. Formación y conservación de moldes de estructuras sedimentarias (Flute mark-cast).



Fig.10. Estructura de corrientes (flute cast) sobre la superficie de los bancos de areniscas del Aljibe.

Se observan en la base de los estratos y corresponden, generalmente, al “negativo” o calco (molde) de una marca sobre el techo de la capa inferior. Estas marcas, huellas o surcos son producidos por la erosión de una corriente sobre un fondo arcilloso o limoso, que posteriormente se rellenan por un sedimento de granulometría mayor (arena), obteniéndose el molde o calco que se observa en sedimentos fósiles (Fig.9). Si el surco es discontinuo alargado en una dirección, asimétrico y con un extremo redondeado, su molde recibe el nombre de “**flute cast**” (calco de flujo) y sirve de criterio para determinar el techo y muro de la capa (Fig. 10).

El arrastre o impacto de partículas sobre un fondo arcilloso también origina surcos de distinto tamaño y forma. Si se trata del arrastre de un objeto por el fondo de una manera continuada, este deja una marca (Fig. 11), sobre la que se generaran posteriormente los “**groove cast**”.

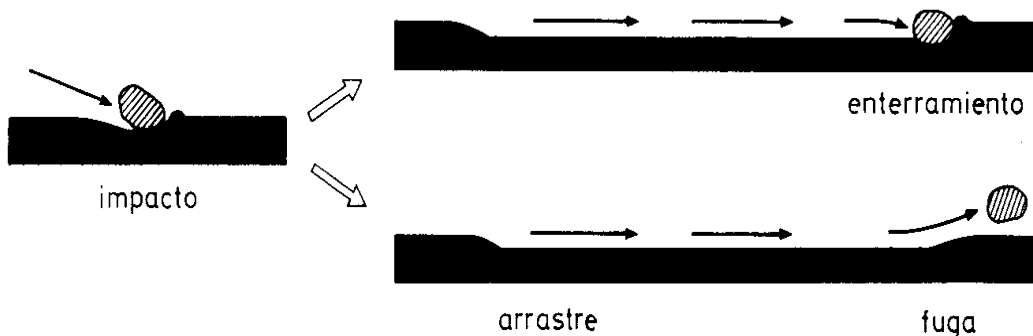


Fig. 11. Formación de un “Groove –Mark”: con y sin conservación del objeto excavador Ricci-Lucchi, F. (1970)

Estructuras de carga

Relacionadas con los procesos físicos (no tectónicos) que actúan después del depósito del sedimento, durante los primeros momentos de la compactación, se generan otro tipo de estructuras de deformación de la estratificación que se denominan “**load casts**” o estructuras de carga. Aparecen como relieves de forma irregular que sobresalen del muro de los estratos de areniscas. Su génesis es la respuesta de los sedimentos al escape de agua durante su compactación y a las inestabilidades gravitacionales originadas por el depósito de sedimentos relativamente densos (areniscas) sobre otros de menor densidad (lutitas, margas etc.). Las estructuras individuales que se forman son de orden milimétrico a decimétrico, de morfología bulbosa y destacando en la superficie del muro del estrato con convexidad hacia abajo (Figs. 12 y 13).



Fig. 12. Estructura de carga (load cast) sobre la superficie de los bancos de areniscas del Aljibe.

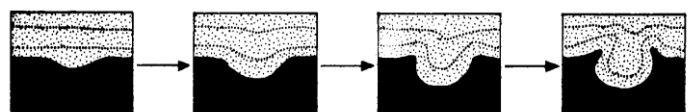


Fig. 13 -Génesis de una estructura de carga “Load cast” debido al relleno de una marca de corriente.

Parada 3. Suelos del PN de los Alcornocales

La Edafología, ciencia que estudia los suelos, es una disciplina íntimamente relacionada con la Geología. De hecho los suelos se forman a partir *rocas* que evolucionan *in situ* como consecuencia de la actuación a lo largo del *tiempo* de otros tres factores formadores que son el *clima*, el *relieve* y los *organismos*.

Los procesos básicos que dan lugar a los suelos son la *fragmentación* de rocas y minerales, la *alteración química* de componentes, tanto inorgánicos como orgánicos, y la *translocación* o movilización de constituyentes. Estos procesos hacen que, en función de la profundidad, se diferencien dentro del perfil del suelo una serie de niveles con diferentes propiedades y componentes que reciben el nombre de *horizontes*.

En la zona superficial, la más relacionada con la biosfera, se acumula mayor cantidad de materia orgánica, dando lugar a horizontes orgánicos de color más oscuro que se designan con las letras O (horizonte de hojarasca a veces presente) y A (horizonte mineral con materia orgánica). Por debajo, puede haber horizontes de lavado o eluviales que pierden componentes debido al arrastre producido por el agua que se infiltra, quedando decolorados, y que se designan con la letra E. Los horizontes que representan una evolución respecto a la roca madre bien por desarrollar alteración química *in situ* o bien por acumular componentes iluviales, procedentes del lavado de horizontes superiores se caracterizan por tener coloraciones habitualmente pardas o rojizas y se designan con la letra B. Por último, los horizontes que no han sufrido edafización, representan a la roca madre apenas disgregada y en función de su dureza y coherencia se representan con las letras C y R (Fig. 14).

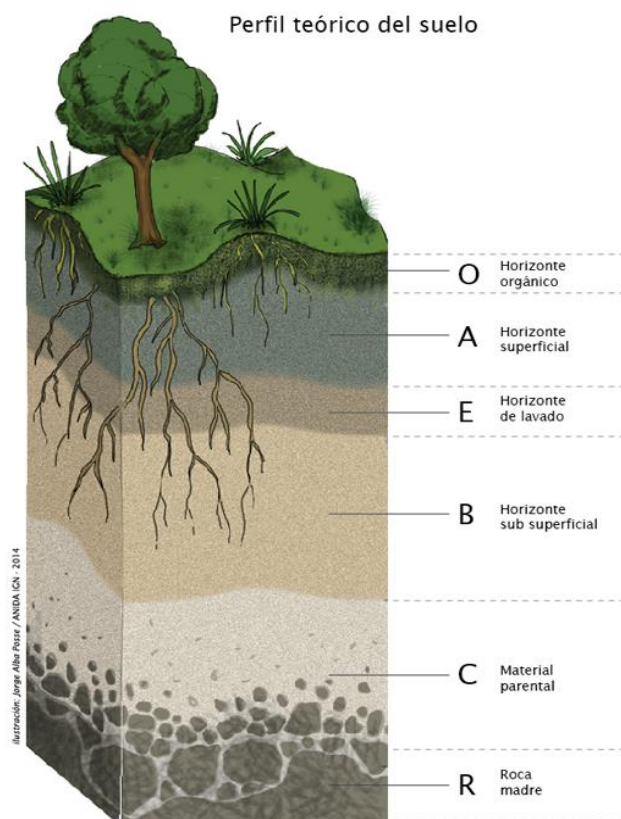


Fig. 14. Tipos de horizontes principales que puede presentar el perfil del suelo.

Funciones e importancia de los suelos

El suelo se sitúa justo en el punto de intersección de la litosfera terrestre con la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera. Su especial emplazamiento hace de esta fina película, de apenas uno o dos metros de espesor, un lugar de trascendental importancia para el desarrollo de la vida.

Son muchas las funciones que desempeñan los suelos, entre ellas podemos destacar las siguientes:

- El 95% de nuestros alimentos provienen del suelo, al igual que la mayor parte de las fibras con las que nos vestimos o construimos, el forraje que alimenta a nuestros ganados y los biocombustibles.

- Los suelos son igualmente esenciales para la salud de nuestros ecosistemas y del agua al ser un filtro y depurador natural de contaminantes, transformando, acumulando o absorbiendo su toxicidad.
- Tras los océanos es el segundo sumidero de carbono atmosférico, por lo que contribuye de forma notable a la amortiguación del cambio climático producido por las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Además, el suelo contiene una ingente cantidad de microorganismos que representa la cuarta parte de la biodiversidad del planeta.

La formación de suelos es un proceso muy lento que necesita desde cientos a decenas de miles de años. Sin embargo, su utilización por parte del hombre conduce a su degradación de una manera mucho más rápida, a veces instantánea. Ello hace de los suelos un recurso no renovable a escala humana y por tanto, y dada su importancia, se hace totalmente imprescindible su protección y la conservación de sus propiedades para que puedan seguir desempeñando sus funciones.

Muestra de la trascendencia del papel desempeñado por los suelos en la sostenibilidad ambiental y de la necesidad de su conservación en óptimas condiciones, es la declaración del año 2015, por parte de la FAO-Unesco, como Año Internacional de los Suelos.



Fig. 15. Logotipo de 2015 Año Internacional de los suelos

Suelos del Parque Natural de los Alcornocales

Uno de los primeros trabajos que abordaron el estudio de los suelos de la provincia de Cádiz fue el Estudio Agrobiológico de la Provincia de Cádiz, realizado por el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cortijo de Cuarto de Sevilla (CEBAC, 1963). Según este estudio, el tipo principal de suelo existente en las sierras del Campo de Gibraltar es la tierra parda forestal, desarrollada sobre las sierras de arenisca silíceas del Aljibe. La tierra parda forestal es descrita de modo general como un suelo de perfil evolucionado, A (B) C (CEBAC, 1963). El horizonte A es pardo oscuro y rico en humus procedente de la descomposición de la hojarasca, suelto y permeable. El horizonte B es amarillento u ocre rojizo, areno-limoso, bien estructurado y permeable. Los autores hacen hincapié en la influencia de la topografía y la orientación de las laderas como factores que originan unas fuertes diferencias microclimáticas a nivel local. Por este motivo describen condiciones muy diversas de pendiente, humedad, lavado, drenaje, vegetación o temperatura. Posteriormente, otros autores han abordado este hecho de forma más detallada, indicando la relevancia de la orientación y la disponibilidad hídrica (Bellinfante et al., 1997; Paneque et al., 1999) o el uso y la vegetación (Jordán et al., 1998) en la génesis de los suelos de la zona. Al sur del Campo de Gibraltar se sitúan suelos rojos mediterráneos, sobre arenisca del Aljibe, de textura arenosa y perfil A (B) C ó A C según la mayor o menor incidencia de los procesos erosivos.

El mapa de suelos de la provincia de Cádiz realizado por el Ministerio de Agricultura (García del Barrio et al., 1971) constituye una aproximación más detallada al estudio de los suelos en la provincia de Cádiz. En la región de la serranía del Campo de Gibraltar, estos autores distinguen dos series de suelos: Aljibe Forestal y Aljibe Rocos. En el primer caso, la serie se compone de suelos de tipo A (B) C o bien O₁ O₂ A₁ (B) C. Se trata de suelos de vocación forestal poco profundos, pero muy evolucionados. En superficie se observan uno o dos horizontes formados por la hojarasca sin descomponer, con unos 4 cm de espesor total. El horizonte A

es oscuro, profundo, bien humificado y muy ácido, con una abundante presencia de raíces. El horizonte subsuperficial es amarillento, franco-arenoso y de espesor variable, y se sitúa generalmente sobre otro horizonte enriquecido en arcilla pero poco profundo. La serie de Aljibe Rocoso, en segundo lugar, está constituida por los riscos desnudos de las sierras, con muy escasa edafización, donde predominan los procesos erosivos.

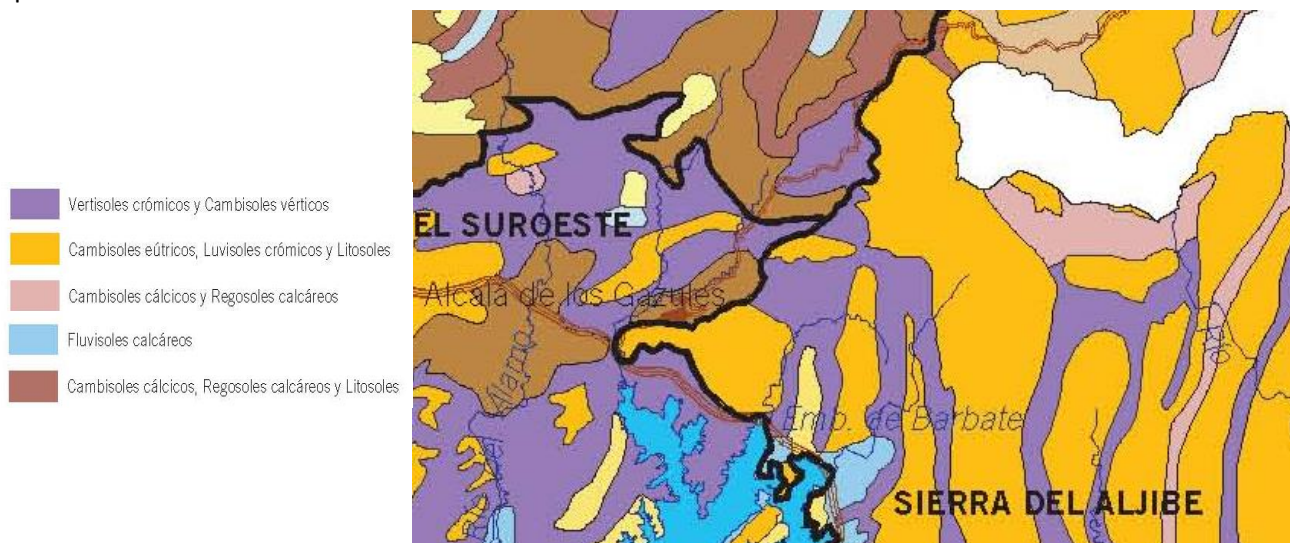


Fig. 16. Mapa de suelos de las zonas del PN de los alcornocales cercanas a Alcalá de los Gazules. Diputación de Cádiz

Jordán et al. (1998) describieron la relación existente entre los distintos tipos de vegetación de la Sierra del Aljibe y los suelos, discutiendo algunos factores como la litología, la pendiente, la fertilidad y la fisiografía. Estos autores consideraron tres tipologías básicas de suelos asociados a tres tipos de vegetación natural: alcornocal de solana, alcornocal/quejigar de umbría y matorral de cumbre. Así, bajo bosques densos de alcornocales o alcornocales y quejigos se forman suelos estables, protegidos de la erosión por el arbolado y el sotobosque. La menor protección del matorral de cumbre, constituido básicamente por brezales, unida a la elevada pendiente, limita el desarrollo de los suelos en las zonas más elevadas de la sierra.

La formación de suelos sobre las areniscas del Aljibe ha sido descrita con más profundidad por diversos autores. Bellinfante et al. (1997) pusieron de relieve la influencia de las características físico-químicas del material litológico y las oscilaciones del nivel freático. Según Bellinfante et al. (1997) y Paneque et al. (1997; 1999), la arenisca del Aljibe constituye un sustrato fácilmente alterable, sobre todo en condiciones de humedad y altas temperaturas. Estas condiciones son predominantes en las laderas umbrías de la sierra del Aljibe. Para estos autores, los suelos forestales de la Sierra del Aljibe se caracterizan por su elevada acidez y su baja saturación en bases. La existencia de capas colgadas durante los períodos húmedos, principalmente en las laderas orientadas al norte, induce la aparición de procesos de óxido-reducción en los horizontes más profundos del perfil. Este aspecto también ha sido observado en otros trabajos. Así, Paneque et al. (1999) y Jordán et al. (2000a), destacaron la importancia de las especiales características microclimáticas y ecológicas que se conservan en los sistemas umbríos de la Sierra del Aljibe, en especial en los arroyos encajados conocidos localmente como canutos, o la importancia de los procesos erosivos y geomorfológicos (Jordán et al., 200b).

Perfiles visitados

Luvisoles

Junto a otros tipos de suelos relacionados, como Alisoles y Cambisoles, los Luvisoles se distribuyen en altitudes medias y bajas sobre las laderas de las sierras de arenisca, cubiertas por vegetación típica de



Fig. 17. Luvisol Gleyco

bosque mediterráneo de alcornoques y quejigos. En estas condiciones tienden a formarse horizontes subsuperficiales árgicos y cámbicos. La existencia de estratos de arcilla intercalados a profundidades edáficas y la disponibilidad hídrica permiten la existencia de niveles freáticos colgados, que pueden saturar capas poco profundas de suelo durante períodos de distinta duración. El perfil es profundo y, comúnmente muestra una estructura del tipo Ah-E-Bt-C (Luvisoles háplicos), a veces incluyendo rasgos gléyicos en profundidad (Luvisoles gléyicos) (Fig. 17).

Las condiciones climáticas templadas, con alta disponibilidad local de agua favorecen una intensa alteración de los minerales de la arcilla. Las arcillas de tipo 2:2 y 2:1 son fuertemente alteradas, lo que libera grandes cantidades de aluminio. El complejo de cambio está prácticamente saturado por los elevados niveles de aluminio existentes. Por ello, el pH del suelo es muy ácido. Aunque los Luvisoles se desarrollan normalmente bajo condiciones muy estables (baja pendiente), en el área es frecuente encontrarlos incluso en laderas con elevada pendiente, aunque bajo una densa cobertura arbórea.

Phaeozems

Desde el punto de vista geomorfológico y biogeográfico, los arroyos encajados y fondos de barrancos umbríos llamados localmente “canutos”, constituyen elementos muy característicos del paisaje de las sierras del Campo de Gibraltar. Las sierras están excavadas por una marcada red fluvial. Aunque posteriormente se describe la génesis y el modelado de los terrenos de origen fluvial y fluvio-columial, la estrecha relación entre el material geológico y la dinámica inducida por la red de arroyos de las sierras de arenisca merece ser comentada brevemente en este punto. A causa



Fig. 18. Phaeozem Gleyco

de la fuerte energía cinética con que discurre el agua sobre las laderas de fuerte pendiente, la corriente realiza una fuerte incisión sobre el terreno, originando perfiles en V más o menos pronunciados. Los canutos mantienen unas condiciones microclimáticas relictas y protegidas de la insolación directa, tanto por lo escarpado del terreno como por la densa vegetación. En la cercanía de los arroyos más encajados, así como en condiciones umbrías propias de las laderas orientadas al norte, y bajo una densa vegetación arbórea y de matorral, es frecuente la organización de horizontes móllicos en superficie, profundos, muy oscuros y con una elevada capacidad de cambio. Así, en estos casos predominan localmente las condiciones de formación de Phaeozems háplicos y greycos, suelos de perfil Ah-C (Phaeozems háplicos o gréyicos) o Ah-Bt-C (Phaeozems lúvicos), con signos de un intenso lavado en su perfil y a veces un horizonte Cg en profundidad (Phaeozems géyicos; Figura 18).

Parada 4. Geomorfología del PN de los Alcornocales

Orográficamente el parque está conformado por un conjunto de sierras labradas sobre las areniscas silíceas oligocenas y miocenas del flysch del Campo de Gibraltar. Como hemos visto, la mayoría de las sierras forman unidades cabalgantes sobre un substrato plástico de edad variable (arcillas variegadas terciarias y evaporitas triásicas, margas y arcillas del Cretácico Superior – Paleógeno, etc.). Destacan la Sierra del Aljibe en el sector nororiental del parque (con su cumbre en el Pico del Aljibe, 1092 m, así como el conocido Picacho, de 884 m).

La estructura tectónica de todas estas sierras es compleja, consistente a menudo en varias escamas cabalgantes afectadas por una intensa fracturación. El sistema de fallas predominante sigue directrices muy constantes según dos familias, NE-SW y NW-SE. El control tectónico de estos accidentes da lugar a escarpes y valles muy rectilíneos. A pesar de la moderada a baja sismicidad de la zona, algunas de las fallas presentan morfologías asociadas que hacen sospechar en reajustes recientes, muy probablemente cuaternarios: caras afacetadas, planos de falla exhumados, etc. Destacan los numerosos movimientos de masas localizados a lo largo de algunos de los escarpes, en su mayoría relictos.

Aparte de los escarpes de falla y de los frentes de cabalgamiento, la morfología predominante en cada una de estas sierras comúnmente consiste en un conjunto de relieves alargados en los que el eje longitudinal normalmente supera los 10 km, mientras que su anchura oscila entre 1 y 5 km. Muchos de ellos presentan una típica morfología en frente de cuesta (Fig. 19), con una clara disimetría en las pendientes que se asocia al buzamiento general de los estratos. No obstante, en otros muchos casos el buzamiento de los bancos de arenisca es muy elevado, llegando a veces a la completa verticalidad. Son muy comunes los casos de erosión diferencial, especialmente en las cimas, donde las líneas de capa de areniscas afloran configurando una topografía quebrada a nivel de detalle, dentro de la suavidad general de la pendiente de las cumbres. La erosión diferencial de los niveles intermedios de arcillas da lugar a crestas, paredones y pitones rocosos, con un abundante modelado de meteorización.

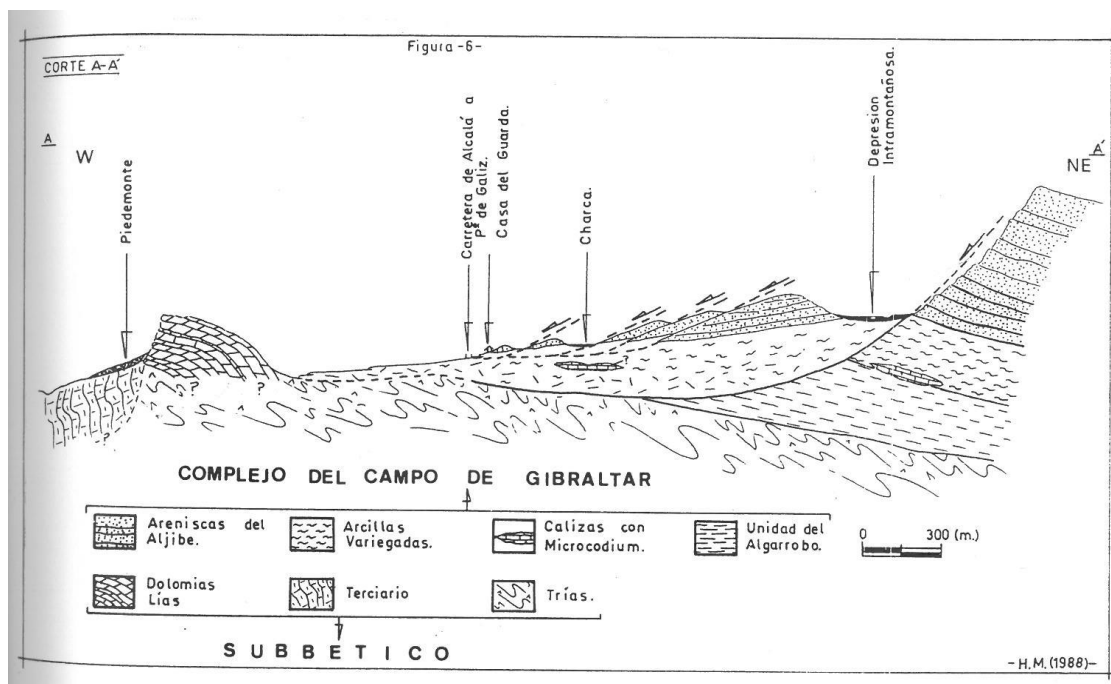


Fig. 19. corte geológico que representa el posible origen de la laguna del Picacho en una depresión causada por los deslizamientos y/o soliflucción de las areniscas y sobre un fondo de arcillas (Hernández Molina. 1989).

Las laderas probablemente constituyen uno de los elementos geomorfológicos más abundantes e interesantes del P.N. Aunque en su mayoría se trata de laderas regularizadas y estables, muchas de ellas presentan una evolución compleja, ligada a fases climáticas anteriores diferentes de las actuales. Por un lado, en diversos puntos del parque se identifican potentes depósitos coluviales antiguos, formados por acumulaciones de grandes cantos y bloques poco redondeados y flotantes sobre una matriz arenoso-conglomerática a limoarenosa (Fig. 20). El calibre de los cantos y su carácter flotante dentro de la matriz hacen pensar en un transporte fludal en un flujo de alta densidad y velocidad, que en algunos casos presenta las típicas características de los rápidos y peligrosos *debris flows*, mientras que en otros parecen más bien depósitos de solifluxión asociados a flujos lentos característicos de pendientes más suaves. Típicos indicadores de estos movimientos lentos de solifluxión son los árboles desviados, las laderas con perfil ondulado, etc. También se identifican distintos tipos de deslizamientos (coladas, despegues rotacionales, etc.), generalmente a favor de los contactos litológicos entre areniscas y margas y en su mayoría muy degradados, indicando una antigüedad y/o estabilización de estos procesos.



Fig. 20. Depósito de bloques angulosos correspondiente a un movimiento de masas en laderas afectando a las areniscas del aljibe

Todos estos depósitos relictos parecen asociados a episodios climáticos más húmedos que los actuales, muy probablemente correspondientes a distintos momentos dentro de la última fase glacial, Würm. Las fases frías pleistocenas no llegaron a producir fenómenos nivales significativos en las sierras de este sector occidental de las Béticas, si bien existen coluviones relictos formados por crioclastos en la sierra de Líjar y en la sierra del Pinar. Parece más bien que durante las fases frías cuaternarias este sector pudo registrar una mayor intensidad de las precipitaciones, que habrían provocado la movilización de numerosos bloques y fragmentos en las laderas, favorecida por etapas previas de intensa meteorización de las areniscas expuestas en los escarpes estructurales. Este carácter húmedo de las etapas glaciares quedaría también corroborado por la ya citada proliferación de distintos tipos de movimientos de masas y deslizamientos relictos identificables en muchas de las laderas del parque.

Laguna del Picacho

Los fenómenos de solifluxión consisten en el movimiento lento del suelo o de un coluvión a favor de pendientes no muy elevadas y por efecto lubricante del agua. El depósito resultante normalmente se

acumula en el fondo de vaguadas y valles, aunque puede sobrepasarlos y cubrir otros tipos de relieves, siempre suave. La superficie topográfica resultante de estos depósitos solifluidales suele ser siempre ondulada e irregular, como consecuencia de los movimientos diferenciales de los bloques que los componen. No es extraño, por tanto, encontrar pequeñas depresiones cerradas entre los lóbulos de soliflucción, sobre todo en las zonas más bajas, de menor pendiente.

Por otro lado, el movimiento solifluidal progresivo de los coluviones hace que poco a poco los cantos más pequeños se vayan alojando en los huecos dejados por los cantos más grandes. Esta reestructuración interna de las partículas y de los bloques generalmente hace que al final la porosidad y la permeabilidad de estos depósitos sean bastante baja. En consecuencia, el agua de lluvia puede acumularse en las pequeñas depresiones, formando lagunas y charcas generalmente de escasa profundidad. Ese es el muy probable origen de la laguna del Picacho, de carácter efímero y en la que se reconocen orlas de vegetación concéntrica asociadas a los distintos niveles que alcanza el agua de la laguna durante las diferentes épocas del año (Fig. 21).

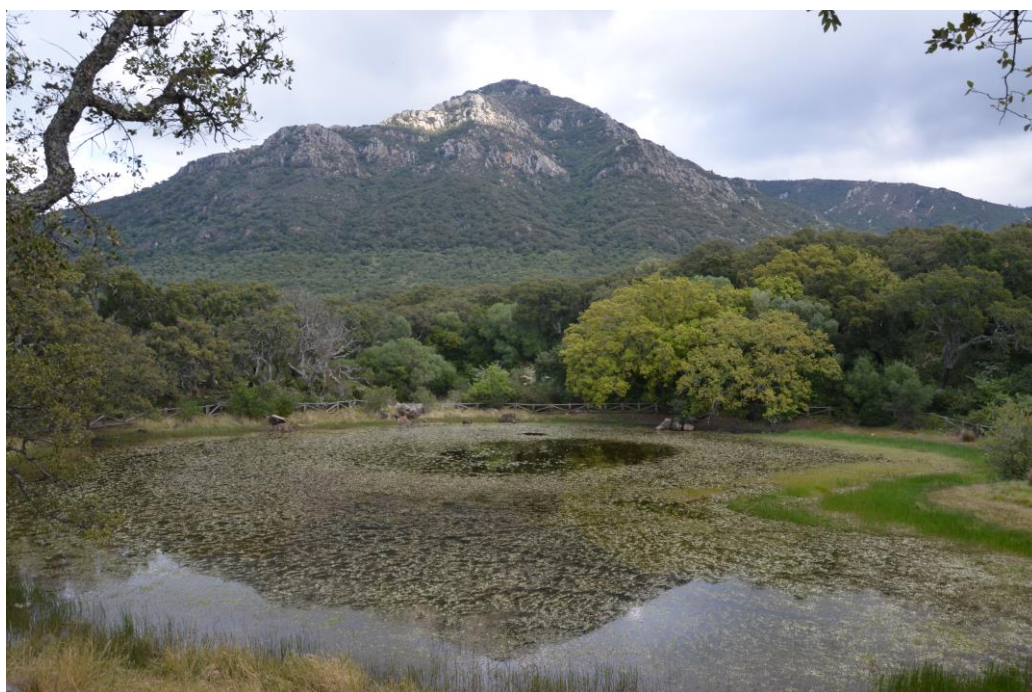


Fig. 21. Laguna del Picacho, al fondo y reflejado el Pico Picacho.

Garganta de Puerto Oscuro

El clima del parque natural es típicamente mediterráneo (inviernos fríos y lluviosos y veranos secos y cálidos), aunque aparece suavizado por una fuerte influencia oceánica determinada por su posición geográfica entre dos grandes masas de agua, el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. La precipitación media anual oscila entre los 665 y los 1.400 mm. En verano, los frecuentes vientos de levante, cargados de humedad proveniente del mar Mediterráneo, provocan nubes de estancamiento en las sierras, aliviando en gran medida el rigor de la sequía estival.

La red fluvial en el parque presenta un diseño a grandes rasgos radial. En concreto, el sector septentrional (Sierra de las Cabras y Sierra del Aljibe) presenta cursos que drenan hacia el Norte, alimentando al río Guadalete (ríos Majaceite, Guadalporcún, etc.). Muchos de los cursos fluviales forman valles angostos y profundos, llamados en la región “canutos”. Estos valles albergan una importante flora, favorecida por un buen desarrollo de suelos, alta pluviometría y en general una abundante nubosidad, con frecuentes nieblas

oroográficas generadas por los vientos húmedos que afectan al Estrecho, procedentes tanto del Atlántico (poniente) como del Mediterráneo (levante). Son característicos los bosques de ojaranzo o rododendro, donde están presentes también otras especies como el laurel, el avellanillo o el acebo.

Desde un punto de vista hidrológico, los canutos presentan peculiaridades con respecto a los valles de otras zonas de la provincia de Cádiz. El importante desarrollo de suelos y la alta densidad de vegetación inhiben la circulación libre de agua en la superficie de las laderas. A excepción de algunas zonas desprovistas de vegetación debido al substrato desfavorable (como los afloramientos de yesos triásicos de Alcalá los Gazules), prácticamente no existen micro y mesoformas de erosión como regueros o cárcavas dentro del parque. Tan sólo se aprecia, especialmente en laderas del sector meridional del parque, la existencia de pequeñas incisiones rellenas de coluviones cubiertos por la vegetación. La evolución de estas formas pasa por fases de incisión, fases de relleno coluvial y fases de colonización vegetal, muy probablemente ligadas a distintos episodios climáticos como los comentados anteriormente. El agua en las laderas del parque circula predominantemente como interflujo o flujo vadoso en el interior de los suelos y de los coluviones, saliendo al exterior en las zonas bajas de los perfiles.

Dado el carácter típicamente invernal de las precipitaciones en la zona, hacia el final del invierno muchas laderas se encuentran en buena parte saturadas de agua, por lo que con cada nuevo aguacero la salida al exterior del flujo vadoso se produce en puntos cada vez más altos de la ladera, dando entonces lugar a una circulación superficial de agua que se concentra en las zonas bajas, donde la pendiente es más suave, el nivel freático más alto y la cobertura vegetal más densa. Dominan así los flujos de saturación que, junto con los aportes subterráneos, alimentan de agua a los arroyos durante el periodo estival, de modo que es raro que los principales arroyos del parque se sequen incluso a final del verano.

Las acusadas incisiones verticales de muchos de los valles favorecen una eficaz evacuación de los flujos durante la estación lluviosa (Fig. 22). Sin embargo, cerca de sus desembocaduras en el mar, donde los valles se amplían y las llanuras de inundación alcanzan mayor desarrollo, algunos de los ríos han dado lugar históricamente a inundaciones significativas que han provocado distintos daños. Es el caso especialmente del río Guadiaro, entre San Pedro de Buceite y su desembocadura en Sotogrande, aunque en menor medida también sucede en los tramos bajos de los ríos Palmones (entre Los Barrios y Algeciras), Guadarranque (San Roque) y el río de la Jara (en Tarifa). En los arroyos y ríos que forman los fondos de los canutos no es extraño identificar en las laderas y en los árboles huellas de anteriores crecidas e inundaciones que de manera esporádica afectan a estos cursos de agua.

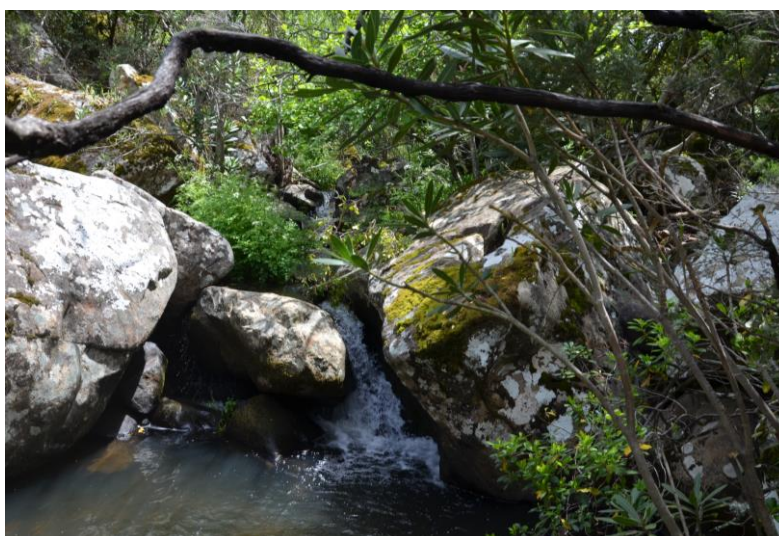


Fig. 22. Garganta de Puerto Oscuro

Parada 5. Unidades Subbéticas - Trías evaporítico.

En el conjunto del paleomargen subibérico las condiciones de formación de los sedimentos del Triásico corresponden a una zona de transición a llanuras mareales con etapas de gran desarrollo de zonas restringidas tipo "sabkha" (salares). Los materiales depositados de edad triásico superior (227-205 m.a), y denominados en conjunto como facies Keuperse componen de arcillas y margas abigarradas, de colores variables (rojas, verdes, amarillas), yesos rojos y blancos con una estratificación aparente que no es la original sino debida a recristalizaciones secundarias, sales, nódulos de azufre y cuarzo bipiramidal.

Los niveles de evaporitas y arcillas triásicas tienen una gran importancia en la etapa orogénica posterior al favorecer el despegue respecto de su basamento y la deformación de las rocas del Triásico al Neógeno derivadas del paleomargen (unidades Subbéticas).

Estos afloramientos se caracterizan por una estructura interna caótica, donde se observan, diseminados entre el conjunto arcillo-yesífero, bloques de rocas de materiales post-triásicos (Fig. 23) con distinta litología y de tamaño muy variado, desde métricos a hectométricos. Fundamentalmente, son:

- Rocas carbonatadas, dolomías tableadas triásicas (de color gris y pardo oscuro a negro, ricas en materia orgánica, fétidas cuando son golpeadas y aspecto brechoide y con oquedades debidas a disolución de sulfatos) también se denominan como carniolas.
- Areniscas arcillosas micáceas de color rojo o amarillo.
- Niveles conglomeráticos de colores oscuros y con escasa matriz
- Bloques de rocas eruptivas básicas (ofitas). En un contexto distensivo de margen pasivo se produjo una actividad volcánica submarina con intrusiones subvolcánicas someras de rocas de tipo dolerita "ofitas", de las que hablaremos más adelante (ver parada 6), y que quedaron incluidas en los materiales del Triásico



Fig. 23. Calizas arenosas muy fracturadas del Triásico con yeso cristalizado entre sus grietas.

Las "facies Keuper", nombre con el que se conocen en Europa a estas formaciones de arcillas y margas abigarradas con yesos, sales y dolomías, afloran en numerosas partes de las Zonas Externas de la Cordillera Bética, donde han sido explotadas para la obtención de sales y yeso.

El yeso, al ser un material soluble, es propenso a sufrir procesos y por tanto morfologías de disolución (ver Fig. 24), que en nuestra provincia normalmente se observan en las calizas de la zona subbética (sierras de Grazalema y el Endrinal)



Fig. 24. Yesos del Triásico (arcillas facies Keuper) de color claro y gris mostrando lapices de disolución por escorrentía de aguas superficiales.

Con las condiciones climáticas y ambientales que se han citado para el Triásico, tan drásticas para la vida, es evidente que la fauna y la flora debieron ser escasas y, por tanto, que el registro fósil sea casi inexistente en estos materiales. Normalmente, el contenido en fósiles de estas rocas se limita a algunos restos de vegetales y galerías de invertebrados.

Sí es frecuente encontrar pequeños cristales, de milimétricos a centimétricos, aislados o formando agregados, de cuarzo prismático-bipiramidal, variedad jacinto de compostela, de colores pardos, rojizos, ahumados y negros (Fig. 25).



Fig. 25. Cristales de cuarzo jacinto de compostela encontrados en las arcillas del triás de la provincia de Cádiz.

Parada 6. Ofitas, rocas subvolcánicas del Triás

Como hemos descrito en la parada anterior, durante los momentos finales del Triásico medio comenzó un periodo de regresión marina, que convirtió la zona en una gran llanura ocupada por enormes lagunas de aguas salobres. Bajo un clima cálido y seco se evaporaron rápidamente, provocando la precipitación de materiales evaporíticos como el yeso, la anhidrita y otras sales (halita, silvina y carnalita). Este ambiente con grandes salinas costeras, que eran alimentadas periódicamente por las aguas marinas, se mantuvo durante casi 30 Ma. En algunas zonas, junto con el yeso, precipitaron carbonatos de calcio y magnesio que dieron origen a las dolomías.

En una situación de distensión generalizada que afectó en época triásica a la zona de depósito de las arcillas con yesos, se produjo la intrusión de magmas básicos, que ascendieron a través de profundas fracturas hasta la superficie o se quedaron, en la mayor parte de las ocasiones, alojados muy cerca de ella, dando origen a numerosos afloramientos de rocas subvolcánicas, las denominadas ofitas o doleritas (Fig. 26).

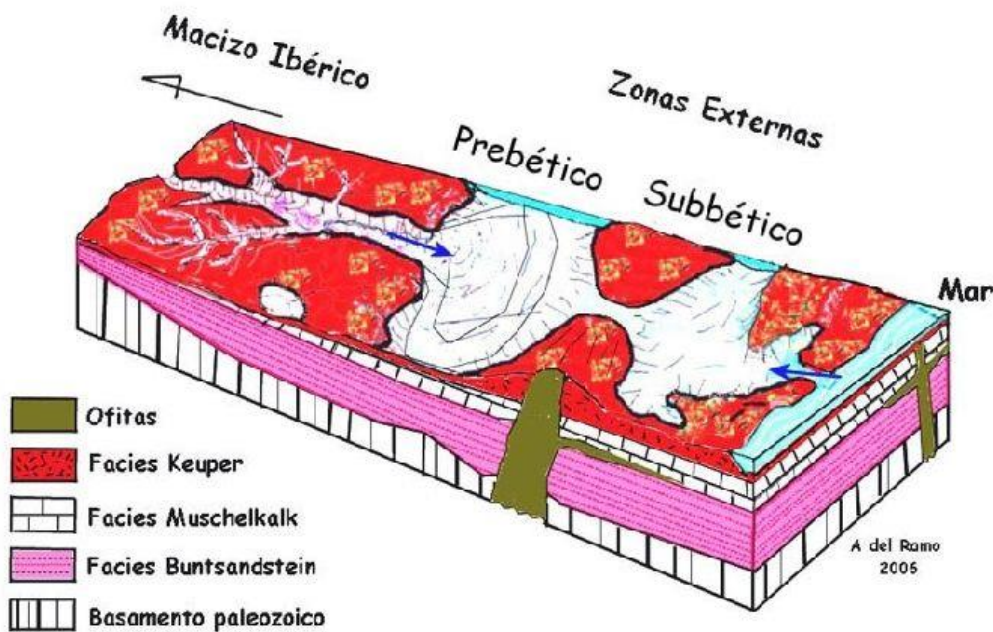


Fig. 26. Bloque diagrama de la reconstrucción paleogeográfica en el Triásico de las Béticas. De color verdoso aparecen las ofitas, en su mayor parte formando chimeneas y filones subvolcánicos.



Fig. 27. Izqda: Afloramiento de ofitas en Alcalá de los Gazules, conocido como Las Peñas, y Drcha: vista de detalle de una muestra de mano de las mismas.

Las ofitas son las únicas rocas ígneas o magmáticas que afloran en la provincia de Cádiz, habiéndose llegado a cartografiar más de un centenar de pequeños afloramientos siempre relacionados con los materiales del Trías. Denominadas así por su color verde oscuro (Fig. 27), se trata de una diabasa o dolerita holocristalina de grano medio a fino con textura ofítica, compuesta esencialmente por un entramado de cristales de piroxenos entre los que quedan cristales de menor tamaño de plagioclasas (Fig. 28). Las rocas holocristalinas se caracterizan por presentar todo los minerales cristalizados, sin presencia de vidrio volcánico amorfo, propio de rocas volcánicas que sufren un enfriamiento más rápido en la superficie.

En relación con estas rocas aparecen algunas mineralizaciones de óxidos de hierro (magnetita) y minerales metamórficos de bajo grado como la prenhita.

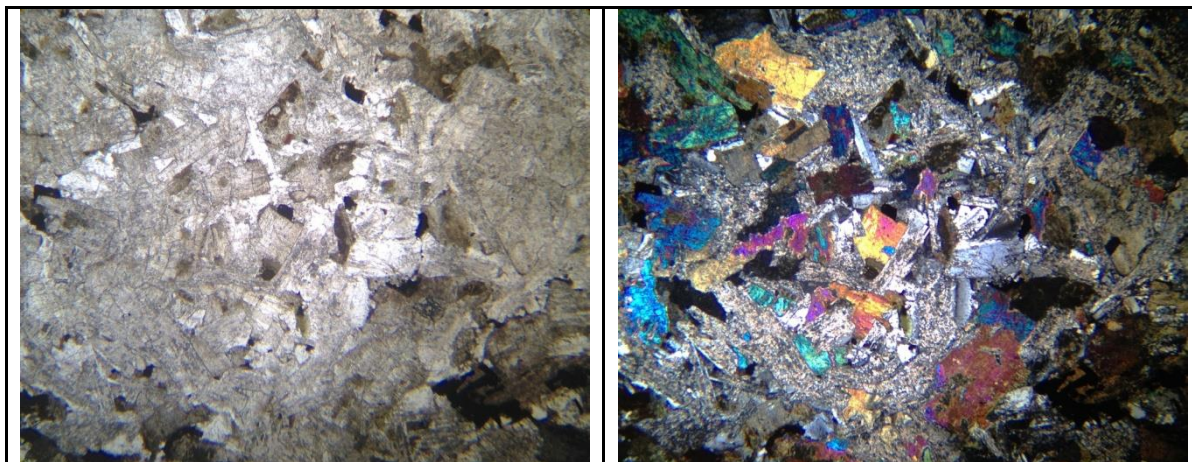


Fig. 28. Vista al microscopio petrográfico de una Ofita (dolerita). Medina Sidonia Cádiz. Izqda: Luz polarizada; Drcha: Luz doblemente polarizada. Los colores vivos son piroxenos, los claros, plagioclasas.

Tabla 1. Análisis composicional de una ofita bética: (Puga y Díaz de Federico, 1988)

Oxidos	%
SiO ₂	50,37
TiO ₂	1,49
Al ₂ O ₃	14,39
Fe ₂ O ₃ (tot)	11,15
MnO	0,15
MgO	7,01
CaO	6,90
Na ₂ O	3,43
K ₂ O	1,55
P ₂ O ₅	0,20
P.C.	3,38

Los distintos procesos geológicos que han afectado a los materiales del Trías (cabalgamientos, movimientos halocinéticos, etc.), le han dado como resultado una distribución de forma caótica en el espacio. La mayor parte de las antiguas “chimeneas” de las rocas ofíticas, que atravesaron otros materiales más antiguos, afloran ahora cortadas entre las rocas sedimentarias del trías sin formar cuerpos definidos y desarraigadas de las masas magmáticas de las que se alimentaron en su momento. Seguramente se fragmentaron y desplazaron de su emplazamiento original cuando los sedimentos arcillosos del trías fueron empujados en

la fase de plegamiento alpina desde su lugar de depósito hasta su actual localización, apareciendo ahora con bordes irregulares. Esto explica que casi todos los afloramientos de ofitas no aparezcan enraizados en profundidad y que los contactos con las rocas encajantes no muestren trazas de afectación térmica o metamorfismo de contacto, sino que sean mecánicos (Fig. 29).



Fig. 29. Contacto mecánico sin metamorfismo de contacto entre las ofitas y evaporitas y arcillas del Triás en uno de los afloramientos de la provincia de Cádiz

En la actualidad estas rocas son utilizadas como áridos para el balasto de las vías de ferrocarril y para el firme de asfaltado de las carreteras de la región. Son rocas muy duras y tenaces, por lo que son muy apropiadas para estos fines, su explotación intensiva en la provincia de Cádiz y en general en las Béticas, ha provocado la práctica desaparición de muchos de los afloramientos de dichas rocas. Estas rocas ya empezaron a usarse por su dureza y resistencia al desgaste en época neolítica para la construcción de instrumentos de molienda (moletas) y construcción (ver fig. 30).



Fig. 30.- Moleta neolítica en Dolerita (ofita). Provincia de Cádiz.

Bibliografía

Bellinfante, N., Gómez, I. A., Ruiz, A., Paneque, G. (1997). Suelos sobre areniscas silíceas del Parque Natural Alcornocales. *Edafología* 3-2:309-316.

CEBAC (1963). Estudio agrobiológico de la provincia de Cádiz. Instituto Nacional de Edafología y Biología Aplicada del CSIC. Sevilla.

Del Ramo, A. (2015), Murcia: Millones de Años de Historia de La Tierra

García de Domingo, A; Hernaiz Huertas, P.P; Balanyá, J.C. y García Dueñas, V. (1994). Mapa geológico de España. Hoja nº87, Algeciras 1:200.000. I.T.G.E.

García del Barrio, I., Malvárez, L., González, J. J. (1971). Mapas provinciales de suelos. Cádiz. Mapa Agronómico Nacional. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Dirección General de Agricultura (Ministerio de Agricultura). Madrid.

Gutiérrez Más, J.M.; Martín Algarra, A.; Domínguez Bella, S. y Moral Cardona, J.P. 1991. Introducción a la Geología de la Provincia de Cádiz. Servicio de Publicaciones de la UCA. 315 pp.

Hernández Molina, J. (1989). Estudio Geológico en los alrededores del Aula de la Naturaleza El Picacho. Diputación de Cádiz, Servicio de Urbanismo y Medio Ambiente. 66 pp.

http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-21832-DETALLE_REPORTAJESPADRE

Jordán, A., Bellinfante, N., Paneque, G. (2000a). Valoración de Paisajes Erosivos en el Campo de Gibraltar (Cádiz, España). *Almoraima* 23:107-114.

Jordán, A., Martínez-Zavala, L., Bellinfante, N. (2000b). Assessment of the erosion risk in humid Mediterranean areas. Workshop on technologies for and management of erosion and desertification control in the Mediterranean Region. UNEP-MAP-PAP. Sliema (Malta).

Jordán, A., Ruiz, A., Gómez, I. & Limón, F. (1998). Principales tipos de suelos asociados al bosque de *Quercus* sp. y brezal en el Parque Natural "Los Alcornocales". *Almoraima* 19:231-240.

Lago San José, M.; Arranz Yagüe, E.; Galé Bomaio, C. y Bastida Cuairán, J. (1999). Las doleritas toleíticas triásicas del sector SE de la Cordillera Ibérica: petrología y geoquímica. *Estudios Geol.*, 55: 223-235.

Luján, M. (2003). Estructura y cinemática de la Unidad del Aljibe (Complejo de los Flyschs, Béticas): Ensayo de modelización analógica. Tesis Doctoral. Univ. Granada. 131 p.

Morata, D. (1993). Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 342 pp.

Morata, D.; Domínguez-Bella, S. y Morales, S. (1996). Origen de escapolitas asociadas a doleritas triásicas del Norte de la provincia de Cádiz. *Geogaceta*, 20 (7). 1527-1530.

Paneque, G., Bellinfante, N., Gómez, I., Jordán, A., Limón, F., Martínez, L., Ruiz, M. A., Fernández, J. A., García-Muñoz, T. & Taguas-Casaño, M. J. (1997). Unidades GeoMorfoEdáficas del Parque Natural Los Alcornocales y su entorno. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía)-Universidad de Sevilla.

Paneque, G., Jordán, A., García-Muñoz, T., Bellinfante, N. (1999). Relations between soils and landscape in streams and shady slopes in Los Alcornocales Natural Park (Cadiz and Malaga, Spain). 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Extended Abstracts. Barcelona. 475-477.

Puga, E. y Díaz de Federico, A. (1988). Ofitas versus eclogitas de las cordilleras Béticas: manifestaciones de un magmatismo continental y oceánico respectivamente. Rev. Soc. Geol. España, 1, (1-2). 113-127.

Ricci-Lucchi, F. (1970) Sedimentografía, Atlante fotografico delle structure primarie dei sediment. Ed. Zanichelli, Bolonia, 208pp

Vera J.A. (editor) (2004). Geología de España. Sociedad Geológica de España e I.G.M.E, 890p.

COORDINA:

PATROCINA:

COLABORAN:

Geología del PN de los Alcornocales en torno a Alcalá de los Gazules

Sábado 9 de mayo
Excursión de divulgación geológica

Asistencia gratuita previa inscripción
por orden de llegada y hasta cubrir plazas enviando tus datos a: geolodiacadiz@gmail.com

Puntos y horas de encuentro:
- En Campus Univ. Puerto Real: 8'30 h. Edificio CASEM
- En Alcalá de los Gazules: 9'15 horas. (Aparcamiento de la feria, Carretera 440)

Información detallada de la excursión en:
www.sociedadgeologica.es
www.uca.es/dpto/C113

COORDINA: SGE Sociedad Geológica España

ORGANIZA: UCA Departamento de Ciencias de la Tierra

FINANCIA: MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD, Instituto Geológico y Minero de España, GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD, FECYT, FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, el gazul

COLABORAN: PARQUE NATURAL Los Alcornocales, 2015 Año Internacional de los Suelos, NATURALISTA Green Week 2015 satellite event, ASPECT, PATROCINAN: Ayuntamiento de Alcalá de los Gazules, Dulces Artesanos Los Alcornocales, PANADERÍA PANES DE GONZALO, Ayuntamiento de Alcalá de los Gazules, ICOGA