

METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DE UNIDADES GEOMORFOEDÁFICAS DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALLES (CÁDIZ-MÁLAGA)

G. Paneque, N. Bellinfante, I. A. Gómez, A. Jordán, L. Martínez, M^a. A. Ruiz, J.A. Fernández y M^a. T. García-Muñoz / Dpto. de Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla.

1.- RESUMEN

En este artículo se expone la metodología seguida para la realización de la Cartografía de Unidades GeoMorphoEdáficas del Parque Natural Los Alcornocales y su entorno (9 mapas, E 1:50.000; Paneque *et al.*, 1998), realizado mediante un convenio de colaboración firmado entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y el Dpto. de Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Mediante fotointerpretación de fotografías aéreas y de satélite se delimitaron una serie de unidades que posteriormente se caracterizaron geomorfológica y edáficamente. En total, se obtuvieron 521 unidades geomorfoedáficas (UGME) distintas y 61 tipos de asociaciones de suelos. Se elaboró una base de datos informática en la que cada UGME se halla caracterizada por 10 variables distintas, incluyendo la litología, pendiente, suelo, procesos geomorfológicos activos y otras.

2.- ABSTRACT

In this paper we explain the methodology followed for Mapping GeoMorphoPedologic Units in Los Alcornocales Natural Park and its environment (9 maps, S 1:50.000; Paneque *et al.*, 1998), carried out by an agreement of collaboration signed between the Regional Ministry for the Environment of Andalusia and the Department of Agricultural Chemistry of the University of Sevilla. By photointerpretation of aerial photographs and satellite images, we defined map units, which were described geomorphologically and pedologically. Finally, we obtained 521 different geomorphopedological units (GMPU) and 61 types of soil-associations. A computer database was made, where each GMPU is characterized by 10 different variables, including lithology, slope, soil, active geomorphic processes and others.

3.- INTRODUCCIÓN

La zona de estudio incluye el Parque Natural "Los Alcornocales" con una extensión de 170.000 Has. (Cádiz y Málaga) y su entorno, correspondientes a la superficie comprendida en las hojas 1049, 1063, 1064, 1070, 1071, 1074, 1075, 1077 y 1078 del Mapa Topográfico de Andalucía a escala 1:50.000 (Fig. 1). El Parque Natural Los Alcornocales incluye las sierras del Algibe y Algeciras, básicamente constituidas por areniscas silíceas (Didon et al., 1973; Pendón, 1978), de modo que los suelos que se forman son muy ácidos y arenosos (Ibarra, 1993; Bellinfante et al., 1997; Paneque et al., 1998). Intercalados en los valles y en el entorno de las sierras se encuentran materiales básicos como calizas, calcarenitas y margas.

El clima es mediterráneo, con una marcada influencia atlántica, lo que produce un suavizado importante de las temperaturas invernales y estivales. El elevado índice de humedad en muchos puntos del parque (de la Rosa & Moreira, 1987) favorece el fuerte lavado de los suelos. La vegetación está dominada por el bosque de *Quercus suber* (alcornoque), bajo el que se desarrolla el matorral de ericáceas y leguminosas. Las laderas umbrías presentan masas importantes de *Q. canariensis* (quejigo) y manchas aisladas de *Q. pyrenaica* (rebo-llo). Los valles encajados y umbríos que excavan las sierras muestran algunos representantes de vegetación laurifolia y taxones muy característicos, dependientes de condiciones microclimáticas relictas de sombra y humedad.

4.- METODOLOGÍA

4.1 Analítica

Previamente a las determinaciones analíticas se realizó la preparación de las muestras, mediante secado al aire y posterior tamizado a través de un tamiz de luz de malla de 2 mm, de modo que se separaron las fracciones de grava y tierra fina.

Análisis granulométrico. Una cantidad suficiente de muestra se trató con agua oxigenada para destruir la materia orgánica y a continuación con ácido clorhídrico, en el caso de las muestras calizas, para la eliminación del carbonato de calcio. La fracción arcilla (<0.002 mm) se determinó por el método del densímetro de Bouyoucos, utilizando como dispersante hexametáfosfato de sodio al 5%. Las fracciones comprendidas entre arena muy gruesa y limo grueso (2-0.02 mm) se determinaron por tamizado en húmedo (García et al, 1982). El limo fino (0.02-0.002 mm) se determinó por diferencia entre la arcilla y la suma de las fracciones separadas por los tamices

pH. Se determinó el pH en agua y KCl, siguiendo el método de la pasta saturada (Gutián & Carballas, 1976).

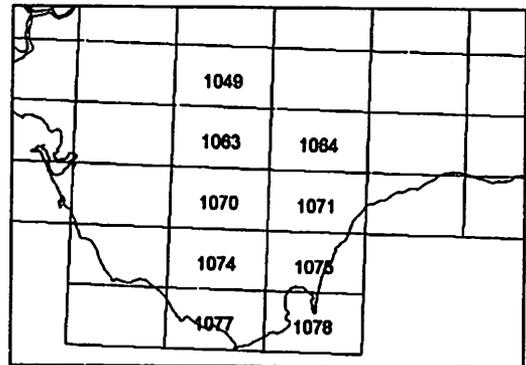
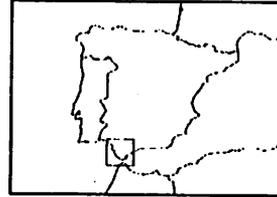


Figura 1. Localización general del área de estudio. Se muestra el límite de las hojas topográficas del MTA que comprende la superficie estudiada.

Carbono orgánico. La determinación del carbono se realizó oxidando la materia orgánica con $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$, midiendo a continuación el contenido en carbono por espectroscopía UV-Vis a 600 nm, según el método de Walkley y Black (Porta, 1986).

Nitrógeno total. Se realizó la mineralización de la muestra con H_2SO_4 y una mezcla de sulfato de cobre, sulfato ferroso y selenio metal como catalizador. La destilación del amoníaco se realizó en un aparato microkjeldahl y posteriormente se valoró con HCl diluido (García *et al.*, 1982).

Fósforo asimilable. La extracción del fósforo se realizó mediante una disolución de NaHCO_3 . Posteriormente se determinó colorimétricamente el complejo fosfomolibdico a 660 nm de longitud de onda, según el método de Olsen-Watanabe (Porta, 1986).

Carbonatos. Los carbonatos se determinaron haciendo reaccionar cada muestra con HCl 1:1, siguiendo el método del calcímetro de Bernard (Porta, 1986).

Capacidad de cambio catiónico (CCC). Para determinar la CCC y las bases de cambio se siguieron dos métodos diferentes dependiendo de que los suelos fuesen calizos o no. Para suelos calizos se ha utilizado el método del AcNa 1N a pH 8.2 para la determinación de Ca, Mg y la CCC; en una muestra paralela se realizó la extracción de Na y K con AcNH_4 1N a pH 7. En suelos no calizos se utilizó el método del AcNH_4 ; en el lixiviado se determinaron Ca y Mg mediante espectroscopía de absorción atómica y Na y K, mediante espectroscopía de emisión. En este caso, para determinar la CCC se desplazó el amonio fijado en la lixiviación de las muestras con AcNH_4 mediante destilación en un aparato microkjeldahl y valoración posterior con HCl diluido (Chapman & Pratt, 1973).

Conductividad eléctrica. Se determinó en extracto acuoso de suelo a la relación suelo/agua 1:1, mediante conductímetro (Gutián & Carballas, 1976).

Descripción de perfiles. Los perfiles fueron descritos según FAO (1977) y clasificados de acuerdo con la leyenda del mapa mundial de suelos de la FAO (FAO-UNESCO-ISRIC, 1988).

4.2 Cartografía

En primer lugar se realizó la fotointerpretación de la zona de estudio, dividiendo la superficie en unidades morfofisiográficas e identificando tipos de suelo y procesos geomorfológicos. Posteriormente se realizaron salidas al campo para comprobar *in situ* los límites previamente establecidos, y para realizar el muestreo de suelos, georreferenciando cada perfil. Además de los perfiles de suelo, se tomaron muestras siguiendo el criterio de las secciones de control.¹

Al mismo tiempo, se realizó la cartografía de pendientes del área de estudio, mediante un método basado en el utilizado por Dennes & Grainger (1976), dividiendo el territorio en 8 clases de pendiente (0-3%, 3-8%, 8-16%, 16-21%, 21-31%, 31-46%, 46-76% y >76%).

La información contenida en el mapa de pendientes se cruzó con la información sobre la geología de la zona (García *et al.*, 1984; GEOPRINSA, 1987; Jerez *et al.*, 1991; Hernaiz *et al.*, 1991a; Hernaiz *et al.*, 1991b; González *et al.*, 1991; ITGE, 1994), de forma que se obtuvo el mapa de unidades geomorfológicas (Fig. 2). Posteriormente cada unidad se caracterizó edáficamente resultando el mapa de unidades geomorfoedáficas. En total cada unidad geomorfoedáfica está caracterizada por un total de 10 variables: morfología (morfogénesis dominante y unidad fisiográfica), situación topográfica, pendiente (grado, longitud y forma), exposición, tipo de roca dominante (litología, período geológico, rocosidad, pedregosidad y

¹ S1: 0-25 cm de profundidad; S2: 25-50 cm; S3: 50-75 cm.

tamaño de las piedras), densidad de drenaje, patrón de drenaje, procesos geomorfológicos dominantes (erosión – tipo, nivel, periodicidad y área afectada-, inundación – tipo, actividad, duración, profundidad y área afectada-, movimientos en masa – tipo, actividad, rango de actividad y área afectada-, sedimentación y disolución – tipo y área afectada-), perfiles tipo asignados, sondeos asignados, suelos dominantes, suelos inclusión, tipo y cobertura vegetal natural, tipo de cultivo y medidas de conservación del suelo.

5.- RESULTADOS

5.1 Unidades edáficas

En la Tabla 1 se muestran las unidades edáficas determinadas en la zona de estudio. Los principales tipos de suelos observados en el área de estudio se describen a continuación.

Alisoles. Suelos que presentan un horizonte B de acumulación de arcillas (Bt) con una CCC igual o mayor que 24 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ de arcilla y una saturación en bases menor del 50 % al menos en alguna parte del horizonte B dentro de los primeros 125 cm, careciendo de un horizonte E (que ha sufrido un lavado de arcillas y óxidos de hierro y presentan un color más claro que el resto de los horizontes) que recubra abruptamente un horizonte poco permeable. El perfil tipo es A-Bt-C.

Antrosoles. Suelos en que la actividad humana ha causado profundas modificaciones de los horizontes originales, como ocurre en las escombreras, basureros, zonas industriales, excavaciones, o bien en zonas agrícolas donde se ha realizado un aporte secular de materia orgánica, irrigación prolongada, etc.

Arenosoles. Suelos de textura arenosa hasta los primeros 100 cm de profundidad. Sólo pueden presentar como horizonte de diagnóstico un A ócrico o un horizonte E alábico. El perfil tipo es A-C-R. Se encuentran asociados a la banda de costa y en puntos más o menos aislados del interior.

Calcisoles. Suelos que presentan un horizonte de acumulación de carbonato cálcico a menos de 125 cm de la superficie. El horizonte superficial es A ócrico. El horizonte subsuperficial puede ser cámbico (Bw, horizonte que presenta signos de alteración físico-química del material) o árgico (Bt), pero si existe, debe estar impregnado de carbonato de calcio. No presenta propiedades típicas de los Vertisoles ni presenta propiedades gléicas a menos de 100 cm de profundidad. El perfil tipo es A-Bw-C-R, A-Bt-C-R ó A-C-R. Son típicos de las sierras calizas y de zonas margosas fuertemente calcáreas.

Cambisoles. Suelos que presentan un horizonte cámbico, recubierto por un horizonte superficial A móllico, úmbrico u ócrico. El perfil tipo es A-Bw-C-R. Corresponden a un estadio medio de la evolución del suelo y se asocian a laderas de moderada pendiente de las sierras.

Fluvisoles. Se trata de suelos poco evolucionados que muestran propiedades flúvicas, es decir, que reciben regularmente nuevos sedimentos debido a las crecidas de los ríos y que cumplen una o las dos propiedades siguientes: tienen un contenido en carbono orgánico que decrece irregularmente hacia la base o que permanece constante sobre un 0.2% en una profundidad

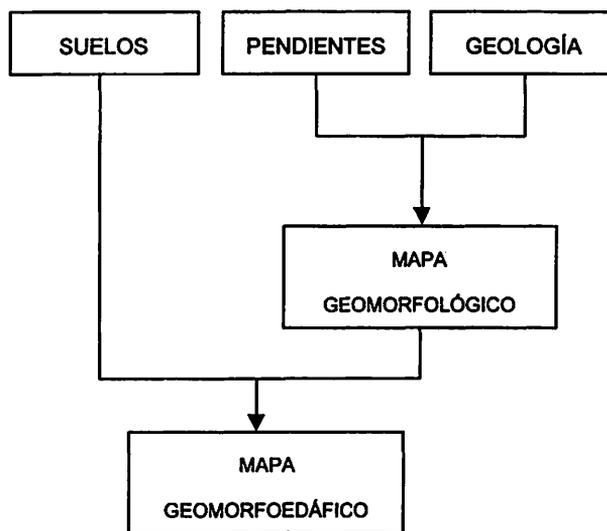


Figura 2. Esquema de la metodología de trabajo.

de 125 cm, o bien, existe una estratificación, debido al aporte de materiales durante las crecidas o inundaciones en al menos un 25% del volumen del suelo en los primeros 125 cm. Además los Fluvisoles tienen como horizontes de diagnóstico un A ócrico, mólico o úmbrico, un horizonte H hístico, un horizonte sulfúrico o materiales sulfídicos en los primeros 125 cm de profundidad. El perfil tipo es A-C.

Greyzems. Suelos que presentan, a diferencia de los Phaeozems, granos de cuarzo sin revestimientos arcillosos sobre la superficie de los agregados a menos de 15 cm de profundidad. Presentan un horizonte de acumulación de arcilla (Bt). El perfil tipo es A-Bt-C-R. Diversos subtipos de *Greyzems* y *Phaeozems* se mostraron asociados a enclaves de la Sierra del Algibe, como canutos y laderas umbrías. Se trata de suelos típicos de condiciones templadas o subtropicales, que se forman normalmente a causa de fuertes cambios de la vegetación a asociados a episodios del Holoceno, pero que en la zona parecen deberse a fenómenos más locales de acumulación de materia orgánica y lavado.

Kastanozems. Suelos que presentan un horizonte A mólico y un horizonte de acumulación de carbonato de calcio o yeso, o de caliza pulverulenta a menos de 125 cm de profundidad. Carecen de propiedades gléicas a menos de 50 cm de profundidad, si no hay un horizonte de acumulación de arcilla. El perfil tipo es A-Bw-C-R, A-Bt-C-R ó A-C-R. Se han observado tanto bajo sistemas forestales de las sierras calizas como en amplias zonas de terrazas de la vega del guadalete (Arcos de la Frontera).

Leptosoles. Son suelos de escaso desarrollo, limitados en su base por una roca dura continua o por materiales con más del cuarenta por ciento de carbonato de calcio o por una capa cementada continua a menos de 30 cm de la superficie o que tienen menos del veinte por ciento de tierra fina en los primeros 75 cm; teniendo como horizontes de diagnóstico un A mólico, úmbrico u ócrico, con o sin horizonte B cámbico. El perfil tipo es A-C, A-C-R, ó A-R. Representan el estado inicial de formación del suelo, normalmente con uso limitado y un desarrollo escaso debido a la pendiente y la erosión hídrica. Son típicos suelos de sierra, independientemente del material litológico.

Luvisoles. Suelos que presentan un horizonte impermeable de acumulación de arcilla, con una capacidad de cambio menor de 24 cmol(+)/Kg y una saturación en bases mayor del 50%. El horizonte A puede ser úmbrico u ócrico. El perfil tipo es A-Bt-C-R. Se trata de suelos en un estado de evolución muy avanzado, de gran antigüedad, normalmente asociados a condiciones muy estables en cuanto a pendiente y/o cobertura de vegetación.

Phaeozems. Suelos que presentan un horizonte A mólico, pero no presentan horizontes de acumulación de carbonato cálcico ni de yeso. La saturación en bases es mayor del 50% hasta una profundidad de 125 cm. Los granulos de cuarzo y limo en la superficie de los agregados presentan revestimientos arcillosos. El perfil tipo es A-Bw-C-R, A-Bt-C-R ó A-C-R.

Regosoles. Se trata de suelos formados sobre materiales no consolidados, recientemente depositados o expuestos, excepto si poseen textura muy gruesa o con características flúvicas. Sólo pueden presentar un horizonte de diagnóstico A úmbrico u ócrico. El perfil tipo es A-C-R. Suelen asociarse a *Leptosoles* y *Cambisoles*. Son suelos típicos de las sierras y de materiales poco consolidados como arcillas o margas.

Vertisoles. Suelos que, después de mezclar los primeros 18 cm del suelo, presentan un 30% ó más de arcilla hasta, al menos, 50 cm de profundidad. En la estación seca se forman grietas de retracción en la superficie, de al menos 1 cm de anchas y de 50 cm de profundidad, como mínimo. El perfil tipo es A-C-R, A-Bw-C-R ó A-Bt-C-R. Este tipo de suelo es típico de zonas como la Laguna de La Janda y otros afloramientos arcillosos.

5.2 Unidades Geomorfoedáficas

De la superposición de los mapas de pendiente, geológico y edáfico se obtienen un total de 521 geomorfoedáficas. A continuación se exponen las principales unidades morfogénicas. En la Tabla 2 se recogen las relaciones entre estas unidades y los tipos de suelos que se desarrollan en ellas.

5.2.1 Unidades de morfogénesis estructural

Se agrupan aquí formaciones en que predomina sobre las formas el efecto de los fenómenos tectónicos (orogénesis, fracturas, pliegues, estratificación, etc.)

5.2.1.1 Unidades de morfogénesis estructural kárstica

Se trata de unidades formadas sobre rocas carbonatadas como calizas o dolomías, donde predominan los procesos de disolución de tipo kárstico. Los suelos que se desarrollan sobre estas unidades son, fundamentalmente, Leptosoles, Cambisoles y Calcisoles.

5.2.1.2 Unidades de morfogénesis estructural endógena

Se han incluido en esta clase de unidades con formas generadas sobre materiales ígneos (en la zona de estudio, representados por el macizo ultrabásico de Sierra Bermeja). Sierra Bermeja se extiende al NE de la zona de estudio, constituida por un macizo ultrabásico homogéneo (peridotitas y serpentinitas). Como consecuencia de la deforestación, la frecuencia de incendios y la baja cobertura vegetal (excepto en puntos aislados, como el bosque de pinsapos) los suelos son en general de escaso desarrollo (Leptosoles y Regosoles)

5.2.1.3 Unidades de morfogénesis estructural denudativa

Se trata de unidades en cuyo modelado intervienen tanto procesos de tipo estructural como denudativos. Aunque son los procesos denudativos los que generan las formas, la causa de esta morfología está en la estructura de la estratificación. De esta manera se origina un paisaje frecuentemente colinado y de pendientes variadas.

Dentro de este apartado se incluyen los cerros de margas yesíferas triásicas (con una fuerte influencia estructural, que afloran a NO de la zona de estudio, cerca de Alcalá de los Gazules), el Flysch Margoso-Areniscoso-Micáceo de Algeciras (con importantes afloramientos en Jimena de la Frontera) y las biocalcarenititas que afloran de forma dispersa en la región. Unidades menos importantes son las calizas y margas del Flysch de La Línea y un gran número de coluviones procedentes de las sierras de arenisca y de naturaleza compleja. El complejo paleozoico de Cortes de la Frontera está constituido por gneisses, esquistos, cuarzos y filitas originando un relieve montañoso y de altas pendientes; los suelos son en general muy poco desarrollados (Leptosoles).

La unidad geomorfológica más representativa del parque natural está constituida por las Sierras del Aljibe y de Algeciras (Areniscas del Aljibe, Mioceno). El relieve está fuertemente influenciado por los pliegues y fracturas de los estratos de arenisca. La elevada alterabilidad litológica condiciona y favorece la morfogénesis actual del terreno. Las sierras están surcadas por una profunda red fluvial, conocida localmente como "canutos". Estos valles se hallan protegidos de la insolación por su escarpada topografía y densa cobertura vegetal, lo que favorece la aparición de fenómenos de lavado y gleización debido a la actividad hídrica (Bellinfante *et al.*, 1997; Bellinfante *et al.*, 1999). La gran variabilidad local de temperatura, humedad o insolación es causa de una gran diversidad de suelos (Jordán *et al.*, 1998).

Otras unidades de morfogénesis estructural endógena menos representativas son las areniscas y margas del Flysch de Estepona (con importantes afloramientos asociados al valle del río Guadiaro y en las proximidades de Estepona) y las calizas detríticas al norte del área de estudio.

5.2.2 Unidades de morfogénesis denudativa.

En este apartado se incluyen unidades donde el modelado se produce a partir de las aguas de escorrentía, sobre sustratos blandos (fundamentalmente margas y arcillas). Estas unidades comprenden las lomas y colinas de margas yesíferas triásicas

(que desarrollan suelos del tipo de los Calcisoles, Kastanozems y otros de tipo calcáreo), los valles de las sierras del Aljibe (arcillas, calcarenitas y margas, donde se forman, fundamentalmente, Calcisoles y Regosoles) y, finalmente, los pies de monte de las areniscas y sierras calizas (conos de deyección, materiales de deslizamiento y glaciares, donde se forman, principalmente, Regosoles).

5.2.3 Unidades de morfogénesis fluvial y litoral.

Estas unidades comprenden las zonas afectadas por procesos de sedimentación debidos a la actividad fluvial. Las unidades más representativas son las terrazas del Guadalete en Arcos de la Frontera (Calcisoles, Luvisoles y Phaeozems) y la laguna de La Janda (Vertisoles y Antrosoles). En zonas asociadas a la costa y a los estuarios, donde predominan los procesos fluvio-mareales y litorales, la pendiente es muy baja y los suelos son, principalmente, Fluvisoles, Calcisoles, Regosoles y Arenosoles.

5.2.4 Unidades de morfogénesis antrópica.

Aquí se incluyen zonas transformadas por el hombre, de una manera prolongada e intensa como áreas industriales, muy intensamente cultivadas o intervenidas de modo mecánico. Los suelos presentes se han clasificado como Antrosoles.

Agradecimientos

Los resultados expuestos en esta comunicación forman parte de los datos obtenidos durante la realización del proyecto "Cartografía de UGME del Parque Natural Los Alcornocales y su entorno", realizado mediante convenio suscrito entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y el Dpto. de Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.

Begoña Garrido (Dpto. de Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Sevilla) prestó una gran colaboración en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- CHAPMAN, H. D., & PRATT, P. F. (1973) *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Ed. Trillas. México D. F. (México).
- DENNES, B., & GRAINGER, P. (1976). The preparation of slope maps by the movil interval method. *Area*, 18:213-219.
- FAO (1977) *Guía para la descripción de perfiles de suelo*. Servicio de Fomento y Conservación de Recursos de Suelo. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. FAO. 2ª edición. Roma (Italia).
- FAO-UNESCO-ISRIC (1988). *Soil Map of the World. Revised Legend*. FAO. Roma (Italia)/Wageningen (Holanda).
- GARCÍA, A., HERNALZ, P. P., GONZÁLEZ, J., ZAZO, C., GOY, J. L., & RUIZ, P. (1984). *Mapa geológico de España E 1:50000. Hoja 1063 (Algar)*. IGME. Madrid (España).
- GARCÍA, R., et al. (1982). *Métodos oficiales de análisis. Suelos y aguas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- GEOPRINSA (1987). *Mapa geológico de España E 1:50000. Hoja 1064 (Cortes de la Frontera)*. IGME. Madrid (España).
- GONZÁLEZ, J., et al. (1991). *Mapa geológico de España E 1:50000. Hoja 1077 (Tarifa)*. ITGE. Madrid (España).
- GUITIÁN, F., & CARBALLAS, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela (España).
- HERNALZ, P. P., et al. (1991a). *Mapa geológico de España E 1:50000. Hoja 1070 (Alcalá de los Gazules)*. ITGE. Madrid (España).
- HERNALZ, P. P., et al. (1991b). *Mapa geológico de España E 1:50000. Hoja 1074 (Tahivilla)*. ITGE. Madrid (España).
- ITGE (1994). *Mapa geológico de España E 1:50000. Hojas 1071 (Jimena de la Frontera), 1075 (San Roque) y 1078 (La Línea)*. Sistema de Información Geológico Minero de Andalucía (SIGMA). ITGE. Dirección General de Industria, Energía y Minas (Consejería de Industria, Comercio y Turismo, Junta de Andalucía). Madrid (España).
- JEREZ, L., MORENO, E., GRANADOS, L. F. & LEYVA, F. (1991). *Mapa geológico de España E 1:50000. Hoja 1049 (Arcos de la Frontera)*. ITGE. Madrid (España).
- PANEQUE, G., BELLINFANTE, N., GÓMEZ, I.A., JORDÁN, A., MARTÍNEZ, L., LIMÓN, F., RUIZ, M.A., FERNÁNDEZ, J.A., GARCÍA-MUÑOZ, M. T., & TAGUAS-CASAÑO, M.J. (1998). *Cartografía de Unidades GeoMorfoEdáficas del Parque Natural Los Alcornocales y su entorno* (9 mapas E 1:50.000). Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía)-Dpto. Química Agrícola (Universidad de Sevilla).
- PORTA, J. (1986). *Técnicas y experimentos en Edafología*. Ed. Col·legi Oficial d'enginyers agrònoms de Catalunya. Barcelona (España).

Tabla 1. Unidades edáficas delimitadas en el área de estudio.

Unidad edáfica	Suelos dominantes	Inclusiones de suelos
1	Leptosoles líticos	Leptosoles éutricos
2	Leptosoles éutricos	
3	Léptosoles móllicos	
4	Vertisoles éutricos	
5	Vertisoles éutricos	Fluvisoles calcáreos
6	Fluvisoles móllicos	
7	Arenosoles ferrálicos	
8	Regosoles éutricos	
9	Regosoles dístricos	
10	Regosoles calcáreos	
11	Greyzems háplicos	
12	Kastanozems lúvicos	
13	Phaeozems lúvicos	
14	Phaeozems gléicos	
15	Calcisoles háplicos	
16	Calcisoles háplicos	Regosoles calcáreos
17	Calcisoles háplicos	Kastanozems cálcicos
18	Luvisoles vérticos	
19	Cambisoles éutricos	
20	Cambisoles vérticos	
21	Leptosoles éutricos y Leptosoles móllicos	
22	Leptosoles éutricos y Leptosoles móllicos	Alisoles háplicos
23	Leptosoles éutricos y Leptosoles móllicos	Cambisoles éutricos
24	Leptosoles rendzínicos y Regosoles calcáreos	Kastanozems lúvicos
25	Leptosoles móllicos y Regosoles calcáreos	
26	Regosoles éutricos y calcáreos	Calcisoles háplicos
27	Regosoles éutricos y úmbricos	
28	Regosoles calcáreos y Fluvisoles calcáreos	
29	Regosoles calcáreos y Calcisoles háplicos	Leptosoles móllicos
30	Regosoles calcáreos y Phaeozems háplicos	Fluvisoles calcáreos
31	Leptosoles rendzínicos y Calcisoles háplicos	
32	Vertisoles cálcicos y Antrosoles áricos	
33	Kastanozems cálcicos y Calcisoles háplicos	
34	Kastanozems háplicos y lúvicos	Regosoles calcáreos
35	Kastanozems cálcicos y lúvicos	
36	Phaeozems háplicos y Regosoles éutricos	
37	Calcisoles háplicos y Vertisoles éutricos	

38	Calcisoles háplicos y Vertisoles cálcicos	
39	Calcisoles háplicos y Phaeozems lúvicos	
40	Cambisoles vérticos y Calcisoles háplicos	Kastanozems cálcicos
41	Leptosoles líticos, éutricos y rendzínicos	
42	Leptosoles líticos, éutricos y rendzínicos	Luvisoles crómicos
43	Leptosoles rendzínicos, éutricos y líticos	Regosoles éutricos
44	Leptosoles rendzínicos, éutricos y líticos	Calcisoles háplicos
45	Leptosoles rendzínicos, líticos y éutricos	Calcisoles lúvicos
46	Regosoles éutricos, dístricos y úmbricos	
47	Regosoles calcáreos, Calcisoles háplicos y Cambisoles cálcicos.	
48	Regosoles calcáreos, Calcisoles cálcicos y Kastanozems cálcicos	
49	Regosoles calcáreos, Calcisoles cálcicos y Kastanozems cálcicos	Phaeozems calcáreos
50	Cambisoles vérticos, Vertisoles éutricos y Regosoles éutricos	
51	Phaeozems háplicos y Cambisoles crómicos y éutricos	
52	Calcisoles háplicos y Regosoles éutricos y calcáreos	
53	Calcisoles lúvicos, Phaeozems háplicos y Luvisoles calcáreos	
54	Luvisoles vérticos, crómicos y Kastanozems lúvicos	Regosoles calcáreos
55	Leptosoles lítivos, éutricos, dístricos, móllicos y úmbricos	Regosoles éutricos y dístricos
56	Leptosoles líticos, éutricos y móllicos, y Cambisoles éutricos y crómicos	Phaeozems háplicos
57	Greyzems háplicos y gléicos, Phaeozems háplicos, lúvicos y gléicos, y Luvisoles gléicos	Regosoles éutricos, dístricos y úmbricos
58	Alisoles húmicos y gléicos, Luvisoles háplicos y gléicos, y Cambisoles crómicos y gléicos	Greyzems háplicos y gléicos, Phaeozems háplicos, lúvicos y gléicos, y Regosoles úmbricos
59	Alisoles húmicos y gléicos, Luvisoles háplicos y gléicos, Cambisoles crómicos y gléicos, Vertisoles éutricos y Regosoles éutricos	Greyzems háplicos y gléicos, Phaeozems háplicos y lúvicos, y Regosoles úmbricos
60	Antrosoles y zonas urbanas	
61	Arenosoles háplicos	

Tabla 2. Relación entre las unidades geoestructurales y las unidades edáficas en el Parque Natural de Los Alcornocales.

Unidades geoestructurales			Unidades edáficas	
Unidades de morfogénesis estructural	Unidades de morfogénesis estructural kárstica		1, 16, 21, 24, 29, 41, 42, 43, 44, 45, 47	
	Unidades de morfogénesis estructural endógena	Peridotitas y serpentinitas de Sierra Bermeja	21, 51, 56	
	Unidades de morfogénesis estructural denudativa	Complejo paleozoico de Cortes de la Fra.		1, 2, 3, 21, 22, 23
		Areniscas silíceas de las sierras del Algibe y de Algeciras	- Areniscas del Algibe	55, 58
			- Unidades mixtas de areniscas del Algibe y arcillas	59
			- Areniscas de Los Nogales	14
		Areniscas y margas del Flysch de Estepona		39
		Calizas detríticas		26, 52
		Cerros de margas yesíferas del Triás con fuerte influencia estructural		48
		Flysch margoso-areniscoso-micáceo de Algeciras	- Areniscas micáceas y marga de Jimena de la Fra.	16, 20, 25, 29
			- Arcillas y margas arenosas	8, 10, 11, 20, 44, 46
		Calcarenitas	- Calcarenitas del Eoceno y Paleoceno	8, 15, 17, 18, 25, 40
			- Biocalcarenitas del Mioceno y Plioceno	11, 33, 53
	Calizas brechoides, ocre y arcillas rojas		9	
	Calizas y margas blancas (Flysch de La Línea)		52	
	Coluviones		27, 46	
Unidades de morfogénesis denudativa	Lomas y colinas de margas yesíferas triásicas		47	
	Valles Sierras del Algibe y de Algeciras	Arcillas con Tubotomaculum	36, 50	
		Calcarenitas y margas del Flysch de Benaiza	26, 52	
	Margas y margocalizas cretácicas y terciarias		1, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 25, 26, 29, 31, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 43, 52, 53	
	Pie de monte de areniscas y de las sierras calizas: coluvios, materiales de deslizamiento de laderas, glacia		8, 10, 46	
Unidades de morfogénesis fluvial fluvio-coluvial (Cuaternario)	Unidades de morfogénesis fluvial	Valles	5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 20, 28, 30, 32, 34, 38, 54	
		Terrazas del Guadalete	13, 15, 20, 28, 34, 54	
		Laguna de la Janda	5, 32	
	Unidades de morfogénesis fluvio-coluvial		3, 6, 8, 9, 10, 46	
Unidades de morfogénesis mareal y fluviomarea			6, 29, 61	
Unidades de morfogénesis litoral y eólica			7, 8, 11, 61	
Unidades de morfogénesis antrópica			60	