

RELACIONES DE BIOSECUENCIAS EN SUELOS DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES

M^a Ascensión Ruiz Cordero / Nicolás Bellinfante / M^a José Taguas-Casaño / Guillermo Paneque
Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla.

Resumen

Los suelos del Parque Natural Los Alcornocales fueron estudiados por algunos autores (CEBAC, 1963; *Bellinfante et al.*, 1997; Jordán et al., 1997; *Paneque et al.*, 1998). Recientemente (*Bellinfante et al.*, 1999) se han establecido relaciones de litosecuencias, toposecuencias y cronosecuencias entre las principales formaciones edáficas.

En el presente trabajo se estudian las relaciones que están íntimamente ligadas con la vegetación, los usos del terreno y las propiedades de los horizontes superficiales. Se establece así, que en las areniscas el denso bosque de alcornocal unido al tradicional manejo de los mismos, permite el desarrollo de profundos horizontes superficiales móllicos y úmbricos, con escasas pérdidas de suelo en el perfil.

El acebuchar, lentiscar y pastizal presente sobre las arcillas del *Tubotomaculum* unido a una fuerte carga ganadera condiciona el desarrollo de epipedones ócricos, circunstancialmente móllicos.

La biosecuencia de los materiales triásicos, muestra una clara disyunción en función de la vegetación presente en la superficie del terreno; en colinas de suaves pendientes, y favorecida la erosión por elevada carga agrícola y ganadera, la existencia del pastizal denota la presencia de horizontes exclusivamente ócricos. La ausencia de prácticas agrícolas es evidente en cerros triásicos de fuertes pendientes, los cuales presentan una vegetación densa arbustiva que incrementa la acumulación de materia orgánica. Dicho aporte favorece el desarrollo de epipedones móllicos y suelos más desarrollados Kastanozems cálcicos.

Palabras clave: Biosecuencia, alcornocal, cronosecuencia, areniscas del Aljibe, suelos ácidos, suelos básicos.

1. Introducción

El suelo es una estructura natural continua con tres dimensiones espaciales y una dimensión temporal (Ruellan, 1997; Bellinfante *et al.*, 1999). Para explicar la sucesión continua de suelos en el paisaje y relacionarla con los niveles de organización edáfica, resulta de interés establecer secuencias entre las que destacan en estudios recientes las litosecuencias, toposecuencias, cronosecuencias y biosecuencias.

El objetivo de este trabajo es poner de manifiesto las principales secuencias de suelos, con especial atención hacia las biosecuencias, en suelos del Parque Natural Los Alcornocales en la zona correspondiente a las hojas topográficas Algar (1063) y Alcalá de los Gazules (1070) del Mapa Militar de España (E. 1:50.000).

En el ámbito de estudio se distinguen principalmente las unidades tectónicas siguientes: areniscas del Aljibe o silíceas (Aquitaniense, Mioceno), arcillas con *Tubotomaculum* y bloques diversos (Mioceno inferior) y arcillas, yesos, dolomías tableadas y ofitas (Triásico superior) (García de Domingo *et al.*, 1991; Hernaiz *et al.*, 1991).

Las areniscas de la Unidad del Aljibe presentan cerros y valles encajados, con altitudes medias entre 500 y 800 m. La fisiografía de las arcillas con *Tubotomaculum* es de lomas onduladas con pendientes que se encuentran generalmente entre el 3 y 7%. Los materiales arcillosos triásicos presentan una morfología suave de colinas y cerros alomados, en altitudes comprendidas entre 200 y 450 m (De la Rosa y Moreira, 1987).

Los suelos de la zona han sido descritos y estudiados por varios autores (CEBAC, 1963; C.S.I.C., 1989; Bellinfante *et al.*, 1997; Paneque *et al.*, 1998).

De clima mediterráneo, con condiciones climáticas benignas, se forman ecosistemas vegetales que soportan una importante riqueza de flora y fauna (Díaz *et al.*, 1997).

La vegetación predominante del Parque Natural Los Alcornocales es el bosque de frondosas y matorral mediterráneo (De la Rosa y Moreira, 1987; Ojeda 1995; Jordán *et al.*, 1998). Se identifican bosques autóctonos formados mayoritariamente por acebuchares, lentiscares, pastizales y algunas zonas de cultivo (Ibarra, 1993).

2. Material y métodos

Se tomaron perfiles tipo del área de estudio. Los análisis químicos realizados a los horizontes edáficos fueron: pH (Gutián y Carballas, 1976), color (Munsell Color Co. Inc., 1975), carbonatos (Porta, 1986), carbono y materia orgánica según Walkley y Black (Porta, 1986), Capacidad de Cambio Catiónico (Chapman y Pratt, 1973); para el análisis granulométrico se determina el contenido en arcilla por el método del densímetro de Bouyoucos y las fracciones de arena y limo por tamizado en húmedo (García *et al.*, 1982). Para la descripción, nomenclatura y clasificación de los suelos se aplican los criterios de World Reference Base for Soil Resources (I.S.S.S., I.S.R.I.C., F.A.O., 1998).

3. Resultados

Se muestran los resultados más representativos de los análisis físico-químicos realizados a los perfiles tipo de cada material geológico (Tablas 1, 2, y 3). Se observa que los suelos desarrollados sobre las areniscas silíceas se caracterizan por presentar pH ácidos, baja saturación en bases y texturas predominantemente arenosas con horizontes superficiales ricos en materia orgánica (Bellinfante *et al.*, 1997); los desarrollados sobre las arcillas del *Tubotomaculum* son ligeramente ácidos o neutros,

Nº perfil	TIPO DE SUELO (W.R.B. 1998)	HORIZONTE	pH H ₂ O	CARBONO ORGÁNICO (g·Kg ⁻¹)	MATERIA ORGÁNICA (g·Kg ⁻¹)	CARBONATO CALCICO (g·Kg ⁻¹)	SATURACION EN BASES %	CLASE TEXTURAL
I	LPum	A	4.1	25.11	43.19	0.0	41.5	Franco arenoso
		R						
II	RGeu	A	4.8	20.33	34.97	0.0	60.9	Arenoso franco
		A/C	4.4	7.33	12.61	0.0	57.2	Arenoso franco
		R						
III	RGdy	A	4.9	22.03	37.89	0.0	49.4	Franco arenoso
		C	5.2	7.33	12.61	0.0	43.9	Franco arenoso
IV	UMsk	A ₁	4.5	55.57	95.57	0.0	22.5	Franco arenoso
		A ₂	4.5	21.41	36.82	0.0	36.0	Franco limoso
		C ₁	4.0	5.75	9.90	0.0	37.8	Franco arcillo limoso
		C ₂	3.7	3.43	5.91	0.0	39.1	Arcilloso
		R						
V	CMcr	A ₁	6.2	56.90	97.87	0.0	100.0	Franco arenoso
		A ₂	5.3	16.05	27.61	0.0	100.0	Franco arenoso
		B ₁	4.8	10.00	17.20	0.0	54.8	Arcillo arenoso
		R						
VI	LVcr (hum)	Ah	5.7	37.85	65.11	0.0	71.0	Franco arenoso
		A/B	5.1	17.43	29.98	0.0	54.2	Arcilloso
		B ₁	4.7	9.44	16.24	0.0	47.5	Arcilloso
		C	4.9	3.73	6.42	0.0	85.5	Arcilloso
		R						
VII	LV gl-cr (dy, hum)	Ah	4.7	128.97	221.83	0.0	100.0	Franco arenoso
		Bl ₁	4.1	14.43	24.82	0.0	100.0	Franco arcillo arenoso
		Bt ₁	3.6	9.32	16.03	0.0	25.1	Arcilloso
		C ₁	3.6	7.61	13.10	0.0	36.4	Arcilloso
		C ₂	3.4	5.34	9.19	0.0	16.3	Franco arcilloso
		R						
VIII	LV gl-cr (dy, hum)	Ah ₁	5.4	47.99	82.55	0.0	30.2	Franco arcilloso
		Ah ₂	5.0	9.62	16.55	0.0	41.7	Arcillo arenoso
		B ₁	4.9	6.14	10.55	0.0	36.1	Arcillo limoso
		C ₁	4.9	6.63	11.41	0.0	16.7	Arcilloso
		R						

Tabla 1. Caracterización físico-química de los principales perfiles tipo de arenisca silíceas o del Aljibe. Suelos de escaso desarrollo. LPum: Leptosol úmbrico; RGeu: Regosol eútrico; RGdy: Regosol dítrico; UMsk: Umbrisol esquelético.

Nº perfil	TIPO DE SUELO (W.R.B. 1998)	HORIZONTE	pH H ₂ O	CARBONO ORGÁNICO (g·Kg ⁻¹)	MATERIA ORGÁNICA (g·Kg ⁻¹)	CARBONATO CALCICO (g·Kg ⁻¹)	SATURACION EN BASES %	CLASE TEXTURAL
IX	RGeu	A	5.7	18.13	31.19	0.00	84.5	Arcilloso
		C	6.5	5.33	9.17	7.97	100.0	Arcilloso
X	PHha	Ap	5.9	26.56	45.68	0.00	98.0	Arcilloso
		C	5.2	11.73	20.18	0.00	94.3	Arcilloso
XI	CMvr	A	7.2	14.24	24.49	41.66	100.0	Arcilloso
		Bw	7.1	11.25	19.35	15.31	100.0	Arcilloso
		C	7.3	10.55	18.14	0.00	100.0	Arcilloso
XII	VRha	A	6.2	10.72	18.45	0.00	100.0	Arcilloso
		C	6.8	4.51	7.75	0.00	99.7	Arcilloso

Tabla 2. Caracterización físico-química de los principales perfiles tipo de las arcillas con *Tubotomaculum*. RGeu: Regosol eútrico; PHha: Phaeozem háplico; CMvr: Cambisol vértico; VRha: Vertisol háplico.

Nº perfil	TIPO DE SUELO (W.R.B. 1998)	HORIZONTE	pH H ₂ O	CARBONO ORGÁNICO (g·Kg ⁻¹)	MATERIA ORGÁNICA (g·Kg ⁻¹)	CARBONATO CÁLCICO (g·Kg ⁻¹)	SATURACION EN BASES %	CLASE TEXTURAL
XIII	RGca	Ap	7.7	9.83	16.91	239.04	100.0	Franco arcilloso
		C	7.6	5.52	9.49	195.22	100.0	Arcillo limoso
XIV	CMca-cr	A	7.4	18.99	32.67	0.00	100.0	Franco arcillo limoso
		Bw	7.8	4.21	7.25	71.16	100.0	Franco limoso
		C	7.7	5.27	9.06	127.34	100.0	Arcillo limoso
XV	CLha	Ap	6.9	24.84	42.72	247.19	100.0	Franco arcillo arenoso
		Bwck	7.1	10.96	18.85	235.96	95.9	Arcillo limoso
		C	6.8	7.36	12.66	388.89	100.0	Arcilloso
XVI	KSec	A	7.7	34.3	58.99	654.76	100.0	Franco arcilloso
		A/C	7.8	4.74	8.15	309.52	100.0	Franco limoso
		C	7.5	4.21	7.25	523.81	100.0	Franco arcillo limoso

Tabla 3. Caracterización físico-química de los principales perfiles tipo de arcillas con yesos y dolomías plateadas.
RGca: Regosol calcárico; CMca-cr: Cambisol calcárico-crómico; CLha: Calcisol háplico; KSec: Kastanozem calcico.

saturados y arcillosos. Por último, los suelos desarrollados sobre materiales triásicos son básicos, saturados y de texturas arcillo limosas. Se determinan horizontes de diagnóstico y se clasifican los perfiles según World Reference Base for Soils Resources (I.S.S.S.-I.S.R.I.C.-F.A.O.,1998).

Litosecuencias (Bellinfante *et al.*, 1999)

La variabilidad de la litosecuencia del suelo está estrechamente relacionada con la diversidad del material geológico (Ruellan, 1997). Asociando los suelos clasificados a cada uno de los materiales geológicos correspondientes, se obtienen las litosecuencias siguientes:

- En areniscas del Aljibe: Leptosoles, Regosoles, Umbrisoles, Cambisoles y Luvisoles.
- En arcillas con *Tubotomaculum*: Regosoles, Phaeozems, Cambisoles y Vertisoles.
- En arcillas con yesos: Regosoles, Cambisoles, Calcisoles y Kastanozems.

Toposecuencias (Bellinfante *et al.*, 1999)

Las variaciones laterales de los horizontes de diagnóstico, unidas a la topografía del terreno, configuran la toposecuencia (Figura 1).

- En las laderas de los cerros de areniscas silíceas la toposecuencia está representada, generalmente, en la parte superior por Leptosoles-Umbrisoles-Regosoles; en parte media-baja por Cambisoles y Luvisoles.
- El paisaje de arcillas con *Tubotomaculum* es suave, con lomas y colinas. La toposecuencia establecida es: en la parte superior Regosoles; en parte media Phaeozems y Cambisoles; Vertisoles en los fondos de valle.
- Los suelos calizos de las arcillas triásicas se distribuyen en la toposecuencia: Regosoles y Kastanozems en la parte superior de colinas y cerros; Cambisoles, Calcisoles y Kastanozems en parte media-baja.

Cronosecuencias (Bellinfante *et al.*, 1999)

El paso del tiempo influye en el desarrollo de los suelos y se manifiesta en las características químicas que observamos en los perfiles. En función de las toposecuencias y las características temporales, se establecen las distintas cronosecuencias:

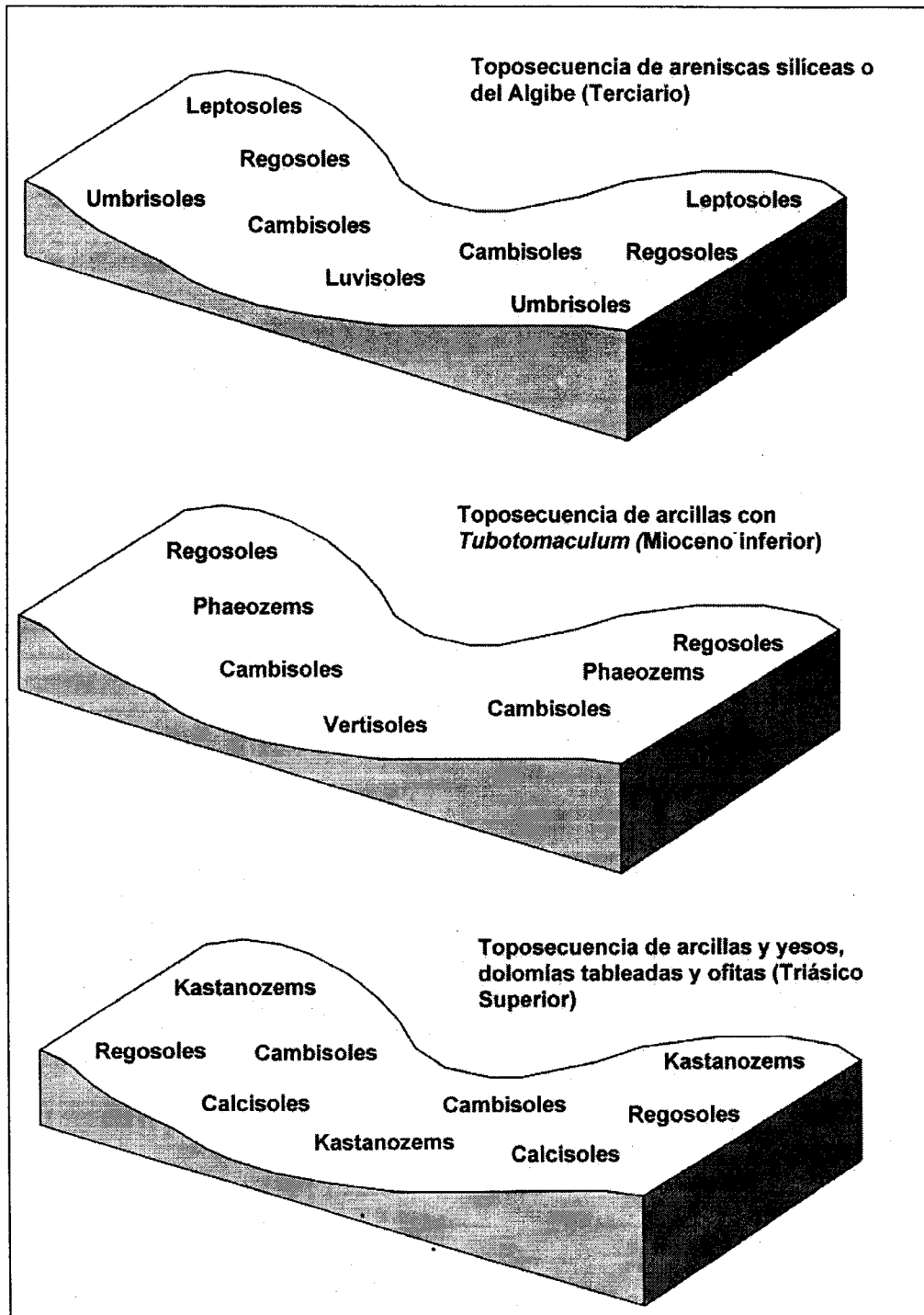


Figura 1. Relaciones espaciales en el paisaje.

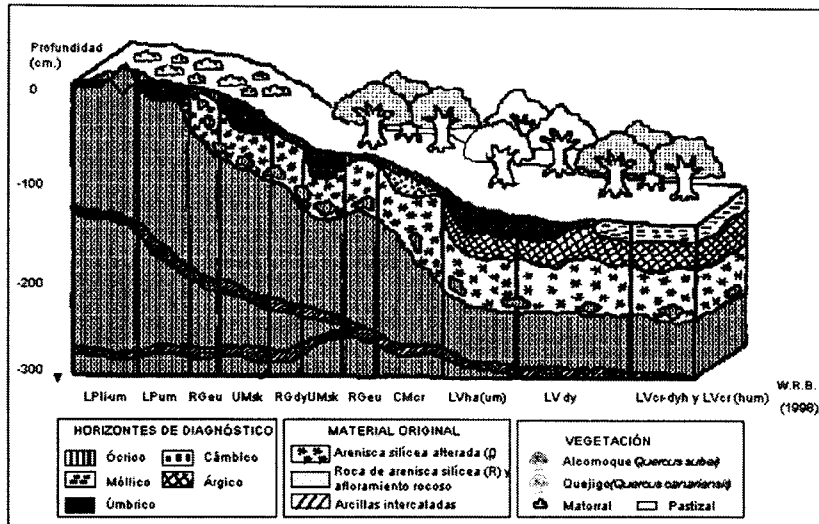


Figura 2. Cronosecuencia de areniscas silíceas o del Aljibe. Suelos clasificados según World References Base for Soils Resources (W.R.B.), 1998. LPlu-um: Leptosoles lítico-úmbricos; LPum: Leptosoles úmbricos; RGeu: Regosoles eútricos; UMsK: Umbrisoles esqueléticos; RGeu: Regosoles dístricos; CMcr: Cambisoles crómicos; LVha(um): Luvisoles háplicos (úmbricos); LV dy: Luvisoles dístricos; LVcr(hum): Luvisoles crómicos (húmico-móllicos) y LVcr-dyh(hum): Luvisoles crómico-hiperdístricos (húmico-móllicos).

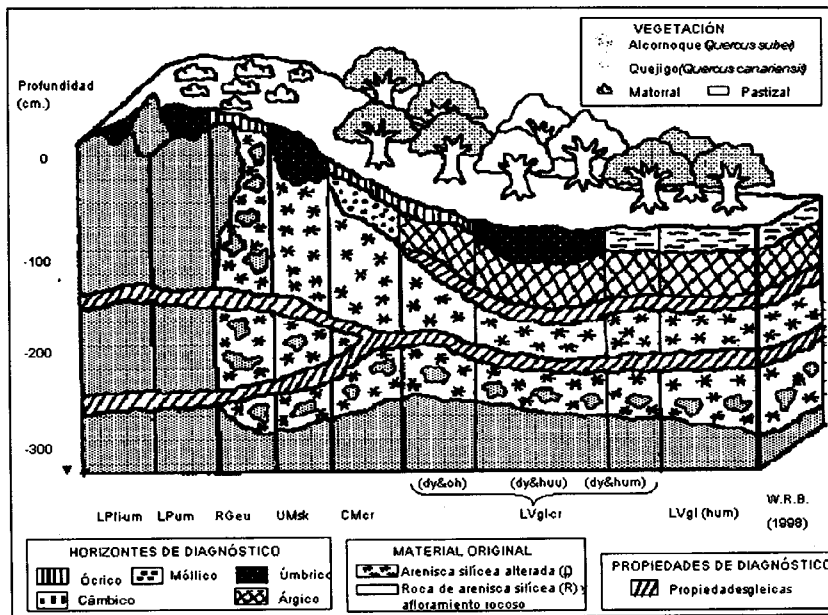


Figura 3. Cronosecuencia de areniscas silíceas o del Aljibe. Suelos clasificados según World References Base for Soils Resources (W.R.B.), 1998. LPlu-um: Leptosoles lítico-úmbricos; LPum: Leptosoles úmbricos; RGeu: Regosoles eútricos; UMsK: Umbrisoles esqueléticos; CMcr: Cambisoles crómicos; LVgl-cr(dy&oh): Luvisoles gleico-crómicos (dístricos y ócricos); LVgl-cr(dy&huu): Luvisoles gleico-crómicos (dístricos y húmico-úmbricos); LVgl-cr(dy&hum): Luvisoles gleico-crómicos (dístricos y húmico-móllicos); LVgl(hum): Luvisoles gleicos (húmico-móllicos).

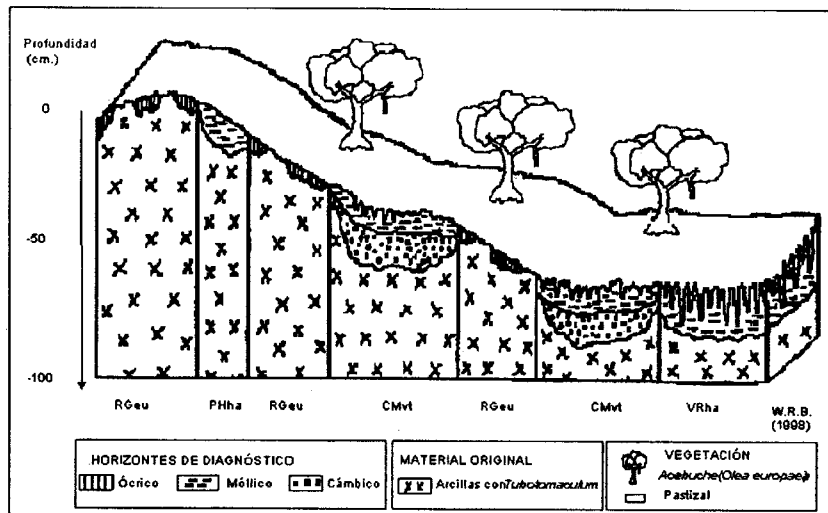


Figura 4. Cronosecuencia de arcillas con *Tubotomaculum*. Suelos clasificados según World References Base for Soils Resources (W.R.B.), 1998. RGeu: Regosoles eútricos; PHha: Phaeozems háplicos; CMvt: Cambisoles vérticos; VRha: Vertisoles háplicos.

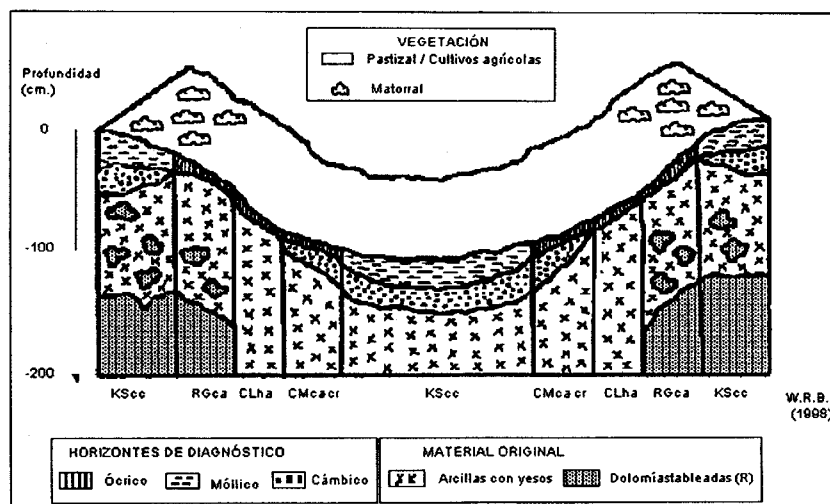


Figura 5. Cronosecuencia de arcillas con yesos y dolomías tableadas. Se clasifican los suelos según World References Base for Soil Resources (W.R.B.), 1998. KSec: Kastanozems cálcicos; CLha: Calcisoles háplicos; RGea: Regosoles calcáricos; CMca-cr: Cambisoles calcárico-crómicos.

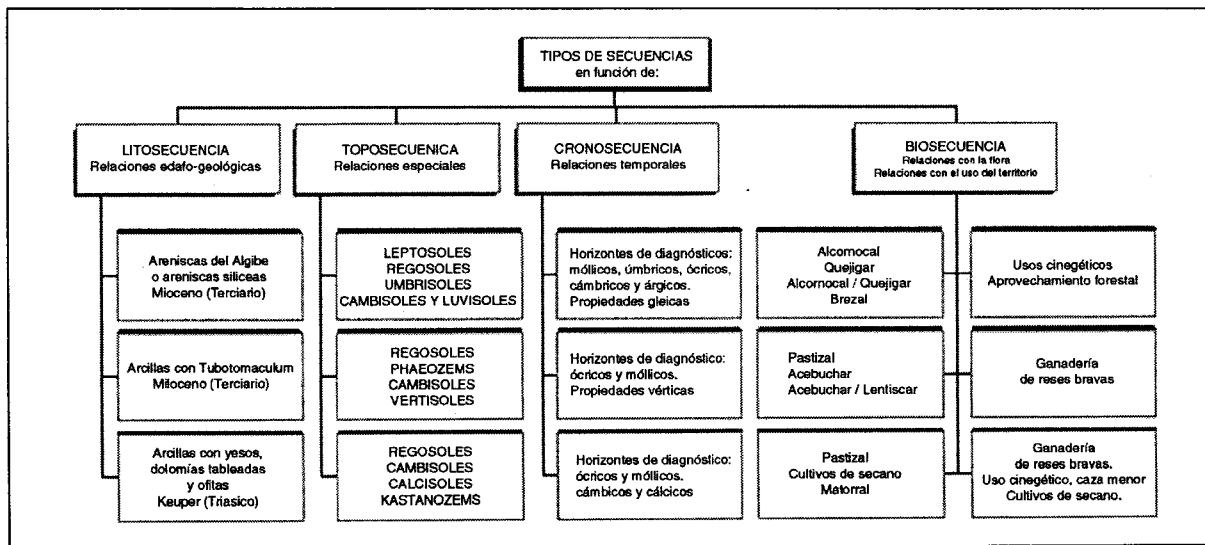


Figura 6. Sistemas pedológicos caracterizados en Algar (1063) y Alcalá de los Gazules (1070).

- En las areniscas del Aljibe (Figuras 2 y 3), los procesos de iluviación de arcillas, lavado de suelos, incremento de acidez, oxidación-reducción y la existencia de capas de arcilla intercaladas entre las rocas de areniscas, condicionan la cronosecuencia (Tabla 4).
- La cronosecuencia de arcillas con *Tubotomaculum* (Figura 4) se manifiesta con el desarrollo de propiedades vérticas principalmente (Tabla 5);
- Las relaciones temporales de los suelos de arcillas triásicas, se explican (Figura 5) mediante la formación de horizontes cálcicos (Tabla 6).

Biosecuencias

Estrechamente relacionada con la vegetación y los usos del terreno (Figura 6) se diferencian:

- En Arenisca silícea la vegetación predominante es el matorral de cumbre (sobre todo, brezales), alcornocales (*Quercus suber*), quejigos (*Q. Canariensis*) y la asociación alcornocal-quejigar (López *et al.*, 1984; Jordán *et al.*, 1998). El matorral se encuentra generalmente asociado a la toposecuencia Leptosoles-Regosoles-Umbrisoles. Las formaciones de quercíneas se suelen presentar en la toposecuencia Cambisoles-Luvisoles. Los usos actuales del terreno son cinegéticos y forestales (principalmente, extracción de corcho). Estos se ven favorecidos por el hecho de que las unidades de areniscas silíceas se encuentran dentro del P.N. Los Alcornocales y por la abrupta topografía del terreno (Díaz *et al.*, 1997).
- En las Arcillas del *Tubotomaculum* predominan los acebuches (*Olea europaea ssp. Oleaster*) y el pastizal. Asociados a estos, aparecen frecuentemente el lentisco (*Pistacia lentiscus*) y el palmito (*Chamaerops humilis*) (Casado y Ortega, 1991). Toda esta vegetación se puede desarrollar en cualquiera de los tipos de suelos de la toposecuencia. El terreno está dedicado en su mayoría al aprovechamiento ganadero (F.E.P.G., 1990), especialmente de reses bravas y para consumo cárnico. La verticidad del suelo impide el uso agrícola.

TIPO DE SUELO	PROCESO TEMPORAL	HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO	RESULTADO DE LA CRONOSECUENCIA (W.R.B. 1998)
LEPTOSOLES	- Escaso desarrollo. - Acumulación de materia orgánica. - Acumulación de materia orgánica.	Umbrico	Leptosoles lítico-úmbricos
REGOSOLES	Procesos agradacionales y degradacionales	Umbrico	Leptosoles úmbricos
		Ócrico	Regosoles éutricos
UMBRIPOLES	- Acidificación - Desaturación	Ócrico	Regosoles distrícos
		Umbrico	Umbrísoles esquelécicos
CAMBISOLES	- Procesos de oxidación - Alteración.	Cámbico	Cambísoles crómicos
LUVISOLES	- Humificación - Desaturación del horizonte superficial	Argícos y úmbricos	Luvísoles hápícos (úmbricos)
	- Iluviación de arcillas	Argícos y ócricos	Luvísoles distrícos
LUVISOLES	- Acidificación - Desaturación	Argícos y mólicos	Luvísoles distrícos (mólicos)
	- Iluviación de arcillas con procesos de oxidación	Argícos y mólicos	Luvísoles crómicos (mollíhumicos)
LUVISOLES	- Humificación - Acidificación	Argícos y mólicos	Luvísoles crómico-hiperdistrícos (mollíhumicos)
	- Desaturación - Iluviación de arcillas con hidromorfía	Argícos y mólicos	Luvísoles gleícos (mollíhumicos)
LUVISOLES	- Humificación - Iluviación de arcillas con hidromorfía y procesos de oxidación-reducción	Argícos y mólicos	Luvísoles gleíco-crómicos (distrícos y ócricos)
	- Acidificación y desaturación	Argícos y mólicos	Luvísoles gleíco-crómicos (distrícos y mollíhumicos)
LUVISOLES	- Humificación - Acidificación y desaturación	Argícos y úmbricos	Luvísoles gleíco-crómicos (distrícos y umbríhumicos)

Tabla 4. Procesos edafológicos que dan lugar a la cronosecuencia de areniscas silíceas o del Aljibe. (Terciario).
W.R.B.: World References Base for Soils Resources.

TIPO DE SUELO	PROCESO TEMPORAL	HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO	RESULTADO DE LA CRONOSECUENCIA (W.R.B. 1998)
REGOSOLES	Procesos agradacionales y degradacionales	Ócrico	Regosolés éutricos
PHAEZEMS	- Acumulación de materia orgánica. - Ausencia de caliza	Mólico	Phaeozems hápícos
CAMBISOLES	- Alteración del endopedón. - Desarrollo de propiedades vérticas	Cámbico	Cambísoles vérticos
VERTISOLES	- Formación de grietas de retracción y superficies de fricción. - Abundancia de arcillas expansibles - Homogenización de los horizontes superficiales.	Mólicos	Vertísoles hápícos

Tabla 5. Procesos edafológicos que dan lugar a la cronosecuencia de arcillas con yesos, dolomías plateadas y ofitas. (Keuper, Triásico).
W.R.B.: World References Base for Soils Resources.

TIPO DE SUELO	PROCESO TEMPORAL	HORIZONTE DE DIAGNÓSTICO	RESULTADO DE LA CRONOSECUENCIA (W.R.B. 1998)
REGOSOLES	- Procesos agradacionales y degradacionales. - Acumulación de carbonato cálcico en el horizonte A.	Ócrico	Regosoles calcáricos
CAMBISOLES	- Alteración del endopedón. - Acumulación de carbonato cálcico en el horizonte B. - Aerobiosis. - Procesos de oxidación.	Cámbico	Cambisoles calcarico-crómicos
CALCISOLES	- Acumulación de carbonato cálcico en el horizonte B. - Formación del horizonte de diagnóstico cálcico.	Cámbico Cálcico	Calcisoles háplicos
KASTANOZEMS	- Acumulación de materia orgánica. - Acumulación de carbonato cálcico en los horizontes A y C. - Formación del horizonte de diagnóstico cálcico.	Móllico Cálcico	Kastanozems cálcicos

Tabla 6. Procesos edafológicos que dan lugar a la cronosecuencia de arcillas con yesos, dolomías plateadas y ofitas. (Keuper, Triásico).
W.R.B.: World References Base for Soils Resources.

- En las arcillas triásicas las formaciones de vegetación más importantes son el matorral basófilo, pastizales y cultivos de secano. El matorral se localiza generalmente sobre la toposecuencia Kastanozems-Regosoles. Se asocia el pastizal a la toposecuencia Regosoles-Cambisoles-Calcisoles. Por último, los cultivos de secano se encuentran mayoritariamente sobre la toposecuencia Cambisoles-Calcisoles-Kastanozems. Los usos del terreno están dedicados al aprovechamiento agrícola y ganadero.

4. Conclusiones

- Las propiedades de los horizontes de diagnóstico superficiales se presentan estrechamente relacionadas con las biosecuencias.
- En las areniscas, el denso bosque de alcornocales y quejigares, unido al tradicional manejo de los mismos, permite el desarrollo de profundos horizontes superficiales móllicos y úmbricos, con escasas pérdidas de suelo en el perfil.
- El acebuchar, lentiscar y pastizal presente sobre las arcillas del *Tubotomaculum* unido a una gran carga ganadera, influye directamente en el desarrollo de horizontes ócricos y móllicos.
- La biosecuencia de los materiales triásicos es función de la vegetación presente en la superficie del terreno. En colinas de suaves pendientes (correspondientes a las zonas más arcillosas), con gran erosión debida a una fuerte carga agrícola y ganadera, la existencia del pastizal denota la presencia de horizontes exclusivamente ócricos (Regosoles calcáricos y Calcisoles háplicos). El uso cinegético es evidente en cerros triásicos de dolomías tableadas, ofitas y carniolas con mayores pendientes y ausencia de prácticas agrícolas. Presentan una vegetación densa arbustiva que favorece el incremento y la acumulación de materia orgánica, desarrollándose horizontes móllicos (Kastanozems cálcicos).

Bibliografía

- BELLINFANTE, N., I. Gómez, A. Ruiz, y G. Paneque. (1997). *Suelos sobre areniscas silíceas del Parque Natural Los Alcornocales*, Edafología vol. 3-2: 309-316.
- BELLINFANTE N., G. Paneque, A. Ruiz y M.J. Taguas-Castaño. (1999). *Relations of lithosequences, toposequences and chronosequences in soils of Los Alcornocales Natural Park*. Extended Abstract. 6th International Meeting on soils with Mediterranean Type of Climate. 555-557. Barcelona (España).
- CASADO, S. y A. Ortega. (1991). *El bosque mediterráneo. Encinares, alcornocales, quejigares*. Fuenlabrada. (Madrid).
- CEBAC (1963). *Estudio agrobiológico de la provincia de Cádiz*. Instituto Nacional de Edafología y Biología Aplicada del CSIC. Sevilla (España).
- CHAPMAN, H.D. y P.F. Pratt. (1973). *Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas*. Ed. Trillas. México.
- C.S.I.C.-INSTITUTO ANDALUZ DE REFORMA AGRARIA, (1989). *Mapa de suelos de Andalucía*. (E. 1:400.000). Madrid (España).
- DE LA ROSA, D. y J.M. Moreira. (1987). *Evaluación Ecológica de Recursos Naturales de Andalucía* (4 mapas, escala 1/400.000 y memoria). Servicio de Evaluación de Recursos Naturales, A.M.A. Junta de Andalucía. Sevilla.
- DIAZ, F., M. EREZA y A. Rodríguez. (1997). *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Los Alcornocales*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- FEPG. (1990). *Espacios Naturales de la Provincia de Cádiz*. Cádiz (España).
- GARCÍA DE DOMINGO, A., P.P. Hernaiz, J. González, C. Zaco y J.L. Goy. (1991). *Mapa Geológico de España* (E. 1:50.000). Algar (1063). ITGE Madrid. (España).
- GUTIÁN, F. y T. Carballas. (1976). *Técnicas de Análisis de Suelos*. Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- HERNAIZ, P.P., A. García de Domingo, J. González, C. Zaco y J.L. Goy. (1991). *Mapa Geológico de España* (E. 1:50.000). Alcalá de los Gazules (1070). I.T.G.E., Madrid. (España).
- IBARRA, P.; 1993. *Naturaleza y hombre en el sur del Campo de Gibraltar: un análisis paisajístico integrado*. Sevilla. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla. España.
- ISSS-ISRIC-FAO. (1998). *World Reference Base for Soil Resources*. Wageningen, Roma. Italy.
- JORDÁN, A., A. RUÍZ, I. GÓMEZ Y F. LIMÓN. (1998). *Principales tipos de suelos asociados al bosque de Quercus sp. y brezal en el P. N. Los Alcornocales*. Almoraima, 19: 231-240.
- LÓPEZ, F.J., L. SOLÍS Y P. BONAL. (1984). *Estudio de los montes de alcornocal*. Diputación de Cádiz. Cádiz. (España).
- GARCÍA, R. et al., (1982). *Métodos oficiales de análisis de suelos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. (España).
- MUNSELL COLOR Co. Inc., (1975). *Munsell Soil Color Charts*. Baltimore, Maryland (U.S.A.).
- OJEDA, F. (1995). *Ecología, Biogeografía y Diversidad de los Brezales del Estrecho de Gibraltar (sur de España, norte de Marruecos)*. Tesis Doctoral. Sevilla. Universidad de Sevilla. C.S.I.C. 219 pp.
- PANEQUE, G., N. Bellinfante, I. Gómez, A. Jordán, F. Limón, L. Martínez; A. Ruiz; J.A. Fernández; T. García-Muñoz y M.J. Taguas-Castaño. (1998). *Unidades Geomorfoedáficas del Parque Natural Los Alcornocales y su entorno*. (E. 1:50.000). *Memoria del Proyecto*. Consejería de Medio Ambiente. (Junta de Andalucía). Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla.
- PORTA, J. (1986). *Técnicas y Experimentos en Edafología*. Ed. Col·legi oficial d'enginyers agrònoms de Catalunya.
- RUELLAN, A. (1997). *The soil cover: vertical and lateral morphology and functioning*. Edafología. 50 Aniversario de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Madrid (España).