

Sòls forestals de Torrebesses i les seves relacions amb la presència de diferents espècies vegetals

Arnau Urrea Montclús

José Ramón Olarieta

Rafael Rodríguez-Ochoa

RESUM

Per estudiar els sòls forestals de Torrebesses se n'han analitzat 18 perfils en les principals formes del relleu i se n'han descrit les espècies vegetals presents. La zona presenta un dèficit acumulat anual d'humitat de 460–670 mm. Els sòls són mol·lisòls (56% dels casos), inceptisòls (22%) i entisòls (22%). Hi apareixen quatre comunitats vegetals: boscos clars de *Pinus halepensis*, matollars arbrats amb *P. halepensis*, garrigues i matollars de romaní. La distribució de la vegetació en les zones forestals de Torrebesses respon a la intensitat del dèficit hídric que pateixen i al grau de degradació dels sòls.

PARAULES CLAU

degradació de sòls; mol·lisòls; sòls forestals; zones àrides.

ABSTRACT

In order to study the forest soils of Torrebesses we described 18 soil pits and the associated vegetation. Soils were classified as Mollisols (56%), Inceptisols (22%), and Entisols (22%). Four plant communities were described: low-density forests of *Pinus halepensis*, shrublands with *P. halepensis*, and *Quercus coccifera*-*Rosmarinus officinalis* shrublands. Plant species distribution is related to the intensity of the soil moisture deficit and to the degree of soil degradation.

KEYWORDS

arid environments; forest soils; Mollisols; soil degradation.



INTRODUCCIÓ

Els estudis de sòls al Segrià s'han centrat en els de les àrees agrícoles, principalment en àrees regades o amb perspectives de ser-ho, per la qual cosa disposem de poca informació sobre les característiques dels sòls forestals. En aquest treball es presenten els resultats de l'estudi dels sòls forestals del terme de Torrebesses, així com una primera aproximació a les seves relacions amb la presència de les principals espècies vegetals.

MATERIALS I MÈTODES

L'àrea d'estudi

El terme municipal de Torrebesses es troba al sud-est de la comarca del Segrià, limita amb la comarca de les Garrigues, en altituds al voltant de 210 m en el punt més baix al nord del terme i de 470 m al sud. Geomorfològicament està constituït per un seguit de plataformes estructurals amb gresos i calcàries que enllacen mitjançant vessants de fort pendent (15–25°) amb col·luis, lutites, gresos i calcàries, abançalats en molts casos, amb diferents fons de vall reblerts amb sediments que, en general, tenen una direcció d'est/sud-est a oest/nord-oest per desembocar a la riera de la Vall Major.

Climàticament, Torrebesses presenta un clima semiàrid, amb una temperatura mitjana anual atmosfèrica propera als 15°C, una precipitació mitjana anual de 410 mm, una evapotranspiració potencial, segons el mètode Hargreaves, de 1.016 mm, i un període amb dèficit hídric de 10 mesos (Taula 1).

Treball de gabinet

A partir dels mapes topogràfics i ortofotomapes de l'Institut Cartogràfic de Catalunya¹, i mitjançant programari SIG es varen definir les àrees forestals del terme de Torrebesses segons la Llei 6/1988 Forestal de Catalunya, tot i que se'n varen excloure els erms més moderns, ja que són més susceptibles de tornar a l'ús agrícola i es va considerar que les espècies forestals encara no han pogut colonitzar-los. A més, aquestes àrees varen estar subdividides en funció de la posició geomorfològica (plataformes, vessants, i fons de vall), orientació (solell i obaga), i modificació o no mitjançant bancals.

Amb els resultats d'aquest punt es va decidir estudiar 18 parcel·les de mostreig, que equivalen, a una escala 1:50.000 aproximadament, a les zones més representatives del terme de Torrebesses. A causa de la minsa extensió de les unitats de solell abançalat i fons de vall, les parcel·les mostrals es varen distribuir en les següents unitats de paisatge: 8 a obagues, 6 a solells, 2 a obagues abançalades i 2 a plataformes.

Treball de camp

En cada parcel·la mostral es va excavar una calicata fins arribar al material geològic subjacent o a un màxim de 90 cm de profunditat. Les condicions d'estació i el perfil de sòl varen ser descrites tot seguint els criteris SINEDARES (CBDSA 1981) i es varen mostrejar els diferents horitzons de sòl per a l'anàlisi al laboratori. La resistència a la penetració dels horitzons va ser estimada mitjançant un penetrometre manual amb 10 mesures en cadascun. Es va estimar la capacitat de retenció d'aigua disponible de cada sòl (CRAD) mitjançant la proposta de NEH (NEH 1997). Els sòls es van classificar amb Soil Taxonomy (SSS 1999).

Taula 1.- Valors mitjans de temperatura (T, °C), precipitació (P, mm), i evapotranspiració potencial (mètode Hargreaves) (ETP, mm) per a l'observatori de l'Albagès (1984-2009).

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Set.	Oct.	Nov.	Des.	ANY
T	5'7	7'7	10'9	13'1	17'3	21'7	24'7	24'7	20'6	15'8	10'0	6'5	14'9
P	24	19	30	41	51	38	18	23	47	47	38	34	410
ETP	26	37	68	91	126	148	163	143	98	61	33	23	1016

En una superfície de 200 m² al voltant de la calicata es varen enregistrar les espècies vegetals, herbàcies, arbustives i arbòries presents. També es va realitzar un inventari de les masses arbrades, amb la presa de mesures d'alçada total i diàmetre a 1,30 m d'alçada dels peus inventariables, i es va fer un recompte dels peus no inventariables.

“També es va realitzar un inventari de les masses arbrades

Treball de laboratori

Les mostres de sòls varen ser tamisades a 2 mm després d'assecar-les a 45°C. Dels horitzons orgànics, se'n va determinar la pèrdua de pes per ignició a 400°C. Dels horitzons minerals, se'n varen determinar el pH (1:2'5), la concentració de carboni orgànic (CO) (mètode Walkley-Black), de carbonat càlcic equivalent (amb el calcimetre de Bernard), de calcari actiu (per extracció amb oxalat amònic i determinació amb calcimetre), de fòsfor assimilable (mètode Olsen) i de potassi intercanviable (per extracció amb acetat amònic i determinació per absorció atòmica).

Tractament de les dades

A partir de les dades climàtiques i de les característiques de les parcel·les i dels sòls, es va estimar l'evapotranspiració potencial mitjançant el mètode Turc (GRACIA 1991) i es va calcular el balanç hídric de cadascuna de les parcel·les per tal d'obtenir el dèficit hídric acumulat anual.

Les dades obtingudes es varen analitzar estadísticament amb el programari R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2009). Es va analitzar la distribució de tipus de sòls en funció de la unitat de paisatge mitjançant anàlisi de correspondència. Es varen analitzar les possibles relacions entre variables de sòls mitjançant anàlisi de correlacions lineals. Es varen utilitzar models lineals per tal d'explicar la variabilitat de diferents propietats dels sòls escollint els més adients mitjançant el criteri d'informació d'Akaike (AIC). Es va utilitzar el paquet Vegan per tal d'analitzar amb una anàlisi canònica de correspondència (CCA) la relació entre la presència/absència de les diferents espècies vegetals i les característiques ambientals de les parcel·les (altitud, pendent, unitat de paisatge, característiques de sòls, dèficit hídric acumulat). Es varen eliminar de l'anàlisi totes les espècies que només apareixien en una parcel·la. L'orientació es va transformar en una funció lineal (orilineal) mitjançant:

$$\text{Orilineal} = 180 - \text{valor absolut (orientació-180)}$$

¹ En línia: <http://www.icc.cat> (consulta: 12 de febrer de 2014).

RESULTATS I DISCUSSIÓ

L'àrea forestal de Torrebesses

La superfície forestal del terme municipal de Torrebesses és de 1.087 ha, que equival a gairebé un 40% de la superfície total del terme, i es distribueix de la següent manera:

- solells: 490 ha
- solells abancalats: 23 ha
- obagues: 445 ha
- obagues abancalades: 57 ha
- fons de vall: 25 ha
- plataformes: 47 ha

Sòls

Els sòls estudiats són mol·lisòls en un 56% dels casos, inceptisòls en un 22% dels casos i entisòls en l'altre 22% de les parcel·les estudiades. L'anàlisi de correspondència mostra una distribució força diferent de sòls en les unitats de paisatge estudiades ($\chi^2=0.03$) (Taula 2), car les vessants d'obaga estan dominades per mol·lisòls, mentre que als solells predominen els entisòls.

Taula 2.- Percentatge dels diferents tipus de sòls en cadascuna de les unitats de paisatge estudiades.

	Obaga	Obaga abancalada	Solell	Plataforma
Entisòls	0	0	50	50
Inceptisòls	13	100	17	0
Mol·lisòls	87	0	33	50
Nombre parcel·les	8	2	6	2

Es tracta de sòls ben drenats, no salins, amb textures principalment franques o francollimoses, de famílies mineralògiques carbonàtiques amb concentracions de carbonat càlcic equivalent mai inferiors al 40% i que arriben fins al 64%, i concentracions de calçari actiu que varien entre 100 i 146 g.kg⁻¹. Deixant de banda les diferències en relació a la família mineralògica, aquest sòls s'aproximen, dins les unitats recollides en el mapa de sòls de Catalunya (ASCASO ET AL. 2011), a la sèrie Pelagalls, en el cas dels entisòls, i, en el cas dels inceptisòls, a les sèries Ginesta, Pilot, Maldà, i Derrubi. En els mapes publicats fins ara dins la sèrie 1:25.000 de l'Institut Geològic de Catalunya² no es defineix cap sèrie dins de l'ordre dels mol·lisòls. Però l'alta freqüència d'aquest tipus de sòls descrita al terme de Torrebesses, així com en d'altres àrees forestals properes, sembla indicar que les cartografies realitzades fins ara, amb una intensitat especial en les àrees agrícoles, pateixen per aquesta raó un cert biaix i no recullen la presència, prou significativa, d'aquests sòls relativament rics en matèria orgànica.

En general, els sòls de les àrees forestals de Torrebesses són sòls amb pocs o freqüents elements grossos, i amb una fondària arrelable que varia significativament entre les unitats de paisatge estudiades ($P=0'006$) (Taula 3), de manera que és més gran en vessants d'obaga abancalades (amb un valor mitjà de 74 cm) que en solells (23 cm) o plataformes (11 cm). A causa de la semblança dels perfils estudiats en relació a la granulometria que presenten, la capacitat de retenció d'aigua disponible d'aquests sòls (CRAD) té una alta correlació

positiva amb la fondària arrelable ($r=0'98$; $P<0'001$; $n=18$) i, per tant, també varia significativament entre les unitats de paisatge estudiades, amb valors mitjans de 20 mm en les plataformes fins a 120 mm en les obagues abancalades.

Taula 3.- Valors mitjans (i desviacions estàndards entre parèntesis) d'algunes propietats dels sòls i dels seus horitzons minerals superficials en les unitats de paisatge.

	Fondària arrelable (cm)	Gruix horitzó A (cm)	Carboni orgànic (%)	P Olsen (ppm)
Obaga	38 (18) ab	27 (10)	5'1 (0'8) b	6 (2)
Obaga abancalada	74 (23) a	15 (0)	1'95 (0'3) a	4 (1)
Solell	23 (13) b	12 (5)	3'2 (0'9) a	4 (1)
Plataforma	11 (5) b	19 (11)	5'4 (1'5) b	7 (4)

Només en cinc de les parcel·les estudiades (28% del total), totes localitzades en vessants d'obac, apareixen horitzons orgànics amb un gruix significatiu que varia entre 1 cm i 3 cm en tots els casos excepte en un, en el qual s'arriba als 12 cm.

Les concentracions de carboni orgànic (CO) en els horitzons minerals superficials són significativament ($P<0'001$) més altes en els sòls de les obagues (5,1%) i plataformes (5,4%) que als solells (3,2%) i obagues abancalades (1,95%). Encara que no hi ha diferències significatives entre els tres ordres de sòls descrits, els mol·lisòls sempre tenen concentracions de CO superiors al 2,5% en l'horitzó mineral superficial. Aquestes concentracions estan molt relacionades amb les de fòsfor disponible ($r=0'65$; $P=0'004$; $n=18$) i potassi assimilable ($r=0'55$; $P=0'02$; $n=18$). Com a resultat, hi apareix una certa tendència, no significativa, en valors de fòsfor disponible més alts en els horitzons superficials de plataformes i obacs (amb valors mitjans en ambdós casos de 6–7 mg.kg⁻¹) que en els d'obacs abancalats i solells (en què els valors mitjans són de 3–4 mg.kg⁻¹). Aquests valors de fòsfor disponible poden ser limitants per al desenvolupament de plantacions forestals de *Quercus ilex* (PASCUAL ET AL. 2012). Els valors mitjans de potassi assimilable als horitzons minerals superficials són de 108–135 mg.kg⁻¹ i mai inferiors a 77 mg.kg⁻¹.

El pH varia entre 8,1 i 8,7, tot i que en els horitzons minerals superficials no passa de 8,5. Aquests valors es poden explicar mitjançant un model que inclou el contingut de carboni orgànic i el tipus d'horitzó genètic ($R^2=0'74$; $P<0'0001$; $AIC=-36$; $n=25$) (Taula 4; fig. 1).

Taula 4.- Paràmetres del model de regressió del pH dels horitzons dels sòls en funció de la concentració de carboni orgànic i del tipus d'horitzó genètic.

Variables	Coefficient variable	Valor P variable
Terme independent	8'5	<0'0001
Carboni orgànic (%)	-0'07	0'005
Tipus horitzó	AC	-0'16
	Bw	0'23
	Bwk	0'19
	C	-0'02

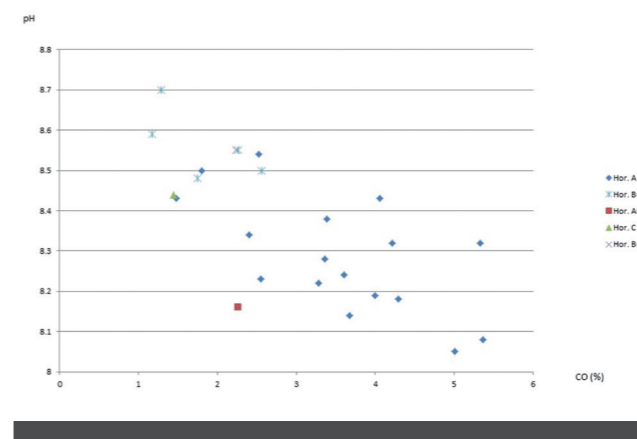


Fig. 1: Variació del pH en relació amb la concentració de carboni orgànic (CO) i el tipus d'horitzó genètic del sòl.

Aquest model mostra que un contingut més gran de carboni orgànic fa disminuir-ne el pH i que els horitzons Bw i Bwk tenen valors de pH significativament més alts que els horitzons A. Els valors de l'AIC dels models amb només una variable independent són de -28 si aquesta és el contingut de matèria orgànica, -28 si és el tipus d'horitzó, i -15 si és la unitat de paisatge (fig. 1).

Els valors de resistència a la penetració (Penetr) varien entre 2,4 MPa i 7,7 MPa en els horitzons A, i entre 4,2 MPa i 7,8 MPa en els horitzons B, amb un augment significatiu d'aquests valors en horitzons situats a més profunditat (Prof):

$$\text{Penetr} = 3'7 + 0'08 * \text{Prof} \quad (R^2=0'38; P<0'001; n=25; AIC=89)$$

Si s'hi afegeix la concentració de carboni orgànic de l'horitzó, no s'aconsegueix una millor explicació de la variabilitat de la resistència a la penetració ($AIC=90$). L'alta freqüència de valors superiors a 6 MPa (28% dels horitzons estudiats) pot representar una limitació substancial per al desenvolupament d'espècies forestals com el pi blanc (*Pinus halepensis*) i l'alzina (*Quercus ilex*) (OLARIETA ET AL. 2012) (fig. 2).

Microclima

Amb les condicions climàtiques i de sòls esmentades, els balanços hídrics mostren un dèficit mitjà acumulat anual entre 460 mm i 670 mm. Segons els criteris de Soil Taxonomy (SSS 1999), el règim de temperatura del sòl es considera tèrmic, i el d'humitat seria arídic per a sòls amb una capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD) inferior a 45 mm i xèric per a sòls amb una CRAD superior a aquest valor.

Vegetació i la seva relació amb les condicions ambientals

Les comunitats vegetals presents en les parcel·les descrites són boscos de pi blanc (*Pinus halepensis*), matollars arbrats de pi blanc, garrigues i matollars de romani. Els boscos de pi blanc són masses clares, amb una densitat mitjana de 1.000 peus.ha⁻¹ i fraccions de coberta (FCC) arbòria de 60–80%, arbustiva de 40–60%, i herbàcia de 20–40%. Les espècies acompanyants són *Arbutus unedo*, *Juniperus phoenicea*, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Rhamnus alaternus* i en una parcel·la *Quercus faginea*.

Els matollars arbrats amb *Pinus halepensis* apareixen en obagues i obagues abancalades, amb densitats d'aquesta espècie de 200–400 peus.ha⁻¹, molta regeneració i valors d'FCC de 40–60%. L'estrat arbustiu, amb *A. unedo*, *Q. coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *R. alaternus*, *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, i *Olea europea*, dona valors d'FCC de 40–60% i l'estrat herbaci, amb *Brachypodium retusum*, presenta valors similars d'FCC.

La densitat de peus de *P. halepensis* en aquestes dues comunitats està molt relacionada amb la profunditat arrelable del sòl ($r=0'66$; $P=0'006$; $n=16$) i les existències de fusta varien entre 35 i 94 m³.ha⁻¹.

Les garrigues són matollars amb una presència arbòria anecdòtica, amb una FCC inferior al 10%, que apareixen en totes les unitats de paisatge. En les obagues, l'FCC de l'estrat arbustiu és de 60–80% mentre que en les plataformes i solells aquest valor només arriba al 40–60%. Igualment, l'estrat herbaci presenta una FCC inferior als solells (0–20%) que a les plataformes (20–40%) i les obagues (40–60%). En aquestes comunitats dominen espècies com *Q. coccifera*, *J. oxycedrus*, *R. officinalis*, *E. multiflora*, *Thymus vulgaris*, *B. retusum* i *Lygeum spartum* en les plataformes. En una de les parcel·les d'obac apareixen peus de *Quercus ilex* de rebrot amb una densitat de 600 peus.ha⁻¹.

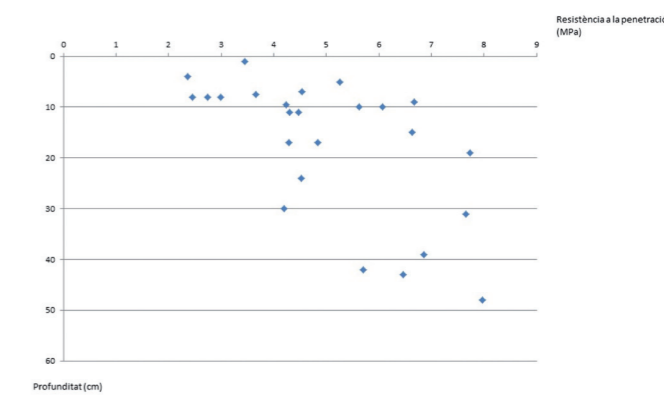


Fig. 2: Variació de la resistència a la penetració amb la profunditat dins el sòl.

Els matollars de romani no presenten estrat arbòria, i els estrats arbustiu i herbaci tenen valors d'FCC inferiors als de les altres comunitats, menors del 40% i del 20%, respectivament. Les espècies dominants són ara *R. officinalis*, *Globularia alypum*, *T. vulgaris*, amb presència també de *Q. coccifera*, *J. oxycedrus*, *Rhamnus lycioides*, i *B. retusum*.

De les espècies descrites en dues o més parcel·les, *Q. ilex*, *A. unedo*, *R. alaternus*, *Lonicera implexa*, *Teucrium chamaedrys* i *Thymelaea hirsuta*, només apareixen en obagues, mentre que *J. phoenicea* i *E. multiflora* només ho fan en obagues o plataformes. Espècies com *G. alypum* i *L. spartum*, en canvi, no s'han descrit en obagues, *Genista scorpius* en obagues abancalades, *Olea europea* i *Bupleurum frutescens* en plataformes, i *R. lycioides* i *Coronilla minima* ni en plataformes ni en obagues abancalades.

² En línia: http://www.igc.cat/web/ca/mapageol_geotreballs_gt4.html (consulta: 12 de febrer de 2014).

Els dos primers eixos de l'anàlisi canònica de correspondències expliquen un 41% de la variabilitat, un 27% i un 14% respectivament. El primer eix queda definit, per un costat, per les condicions de sequera (dèficit hídric acumulat anual, orientació sud) i, per l'altre, pel gruix de l'horitzó A i l'altitud (fig. 3). En aquest gradient, *Lygeum spartum*, especialment, i *Globularia alypum* i *Rhamnus lycioides* hi ocupen el primer extrem i *Thymelaea hirsuta*, *Teucrium chamaedrys* i *Quercus ilex* hi ocupen l'altre extrem. El segon eix separa, fonamentalment, d'una banda, la unitat d'obagues abancalades i, de l'altra, els mol-lisòls i unitats de plataformes amb *Olea europea* i *Bupleurum fruticosens* com a espècies relacionades amb el primer extrem i *Lygeum spartum* i *Juniperus phoenicea* amb el segon (fig. 3).

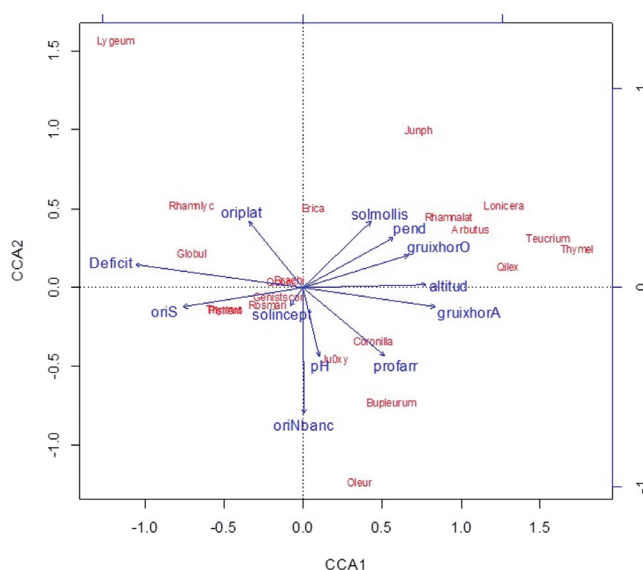


Fig. 3: Representació de les variables ambientals i de les espècies vegetals principals en els dos primers eixos (CCA1 i CCA2) de l'anàlisi canònica de correspondència.

CONCLUSIONS

Els sòls forestals de Torrebesses són, principalment, mol-lisòls amb una minsa fondària arrelable, caràcter carbonàtic i diferents graus de degradació per erosió de l'horitzó A. Les comunitats vegetals que s'hi desenvolupen mostren una baixa coberta arbòria, dominada generalment per *Pinus halepensis*.

La distribució de les espècies vegetals es relaciona, principalment, amb la intensitat del dèficit hídric que pateixen en un extrem i amb el grau de conservació de l'horitzó A en l'altre, de manera que les espècies més relacionades amb aquestes condicions són *Lygeum spartum* en el primer cas i *Thymelaea hirsuta* i *Teucrium chamaedrys* en el segon.

“La distribució de les espècies vegetals es relaciona, principalment, amb la intensitat del dèficit hídric (...)”

BIBLIOGRAFIA

- ASCASO ET AL. (2011): E. Ascaso, E. C. Herrero, M. Vicens (coords.), *Geotrell IV. Mapa de sòls. Sarroca de Lleida 416-1-1 (63-31). 1:25.000*, Barcelona, Institut Geològic de Catalunya. En línia http://www.igc.cat/web/gcontent/pdf/mapes/igc_GT4_416q11_63x31_v1g.pdf (consulta: 12 de febrer de 2014).
- CBDSA (1981): CBDSA [Comisión del Banco de Datos de Suelos y Aguas], SINEDARES.
- GRACIA (1991): C. Gracia, *ECOSIM. Simulación y análisis de problemas en Ecología. Versión 39.01/A*, Barcelona, Universitat de Barcelona.
- NEH (1997): NEH [National Engineering Handbook], *Irrigation guide. Part 652*, Washington, NRCS, USDA.
- OLARIETA ET AL. (2012): J. R. Olarieta, R. Rodríguez-Ochoa, E. Ascaso, «Soil gypsum and increased penetration resistance restrict early growth of *Quercus ilex* plantations», *Arid Land Research and Management*, 26, p. 250–260.
- PASCUAL ET AL. (2012): S. Pascual, J. R. Olarieta, R. Rodríguez-Ochoa, «Development of *Quercus ilex* plantations is related to soil phosphorus availability on shallow calcareous soils», *New Forests*, 43 (5–6), p. 805–814.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009): R Development Core Team, *A Language and environment for statistical computing*, Vienna, R Foundation for Statistical Computing. En línia: <http://www.R-project.org> (consulta: 12 de febrer de 2014).
- Sss (1999): SSS [Soil Survey Staff], *Soil Taxonomy*, Washington, NRCS, USDA.