

# DISTRIBUCIÓ DE LES FORMES VITALS DE RAUNKIAER A LA FLORA DEL N DE MARROC

Josep M. Montserrat Martí

GreB, Institut Botànic de Barcelona, CSIC-ICUB

*THE DISTRIBUTION OF RAUNKIAER LIFE FORMS IN THE FLORA OF N MOROCCO. We present here the results arising from comparing the biological spectra of each natural region established for the flora of N Morocco and hereby classify each region according to its life form composition. We compare these results with other taxonomic classifications based on the floristic affinities between the 20 regions recognized for the flora of N Morocco. These biological spectra are also compared with those of other regions from the Mediterranean Basin and the Canary Islands.*

## Introducció

En els darrers anys hem participat en els estudis dirigits pel professor Valdés sobre la flora del N del Marroc. La regió estudiada està limitada per l'estret de Gibraltar al nord, la frontera amb Algèria a l'est i el corredor de Taza al sud, fins al bosc de la Mamora, al costat de Rabat, a l'oest. Els estudis realitzats inclouen també el Jebel Tazzeqa, al sud de Taza, que geogràficament correspon a l'extrem septentrional de l'Atlas Mig, però florísticament és molt afí al Rif (fig. 1). El *Catalogue des plantes vasculaires du N du Maroc* publicat a finals del 2002 (Valdés et al., 2002) va recollir la part principal dels resultats obtinguts fins aleshores. Aquest va ser un projecte col·lectiu en el qual van participar 90 investigadors de nombrosos països.

Per a l'edició dels resultats es va organitzar una base de dades nomenclatural i una altra de corològica. Aquestes han servit per a construir el thesaurus nomenclatural d'un nou projecte Biogeo i la segona va permetre d'establir diverses classificacions corològiques i de formes vitals per a tots els tàxons. Sobre aquesta segona base de dades (3.113 × 20) es va realitzar una primera anàlisi clúster on es comparava la composició florística de les 20 comarques naturals en què es va dividir el territori. Aquella anàlisi posava de relleu una forta correspondència entre l'agrupació en set grups de les comarques naturals i les classificacions fitogeogràfiques utilitzades als catàlegs ja existents (Valdés et al., 2006a).

La flora del Marroc és la més rica del Magrib, amb nombroses espècies endèmiques (Fennane i Ibn Tattou, 1998). A més el N del Marroc concentra la principal representació d'elements corològics d'afinitat holàrtica al continent africà i un conjunt representatiu d'espècies magribines i endemismes marro-

quins (Valdés i Montserrat, 2003). Tota la flora del Magrib té una forta afinitat amb la Mediterrània i el seu conjunt s'inclou en el Regne Holàrtic. Les elevades muntanyes del N del Marroc acullen una presència testimonial, per bé que notable, d'elements corològics d'afinitat eurosiberiana, boreal i oròfita europea. Molts d'aquests elements holàrtics troben a les muntanyes del N del Marroc i del Gran Atlas el seu límit meridional absolut. Però els paisatges d'alta muntanya nord-africans, a l'igual que passa al sud d'Espanya, tenen una composició florística molt més afí als paisatges mediterranis que no pas als medioerepeus (Bolòs, 1989)

El coneixement assolit els darrers anys permet assajar noves anàlisis sobre el conjunt de la flora del N del Marroc. Nombroses novetats corològiques publicades recentment per diversos autors, dins del programa Biogeo, han permès incorporar al catàleg del N del Marroc 1.367 novetats (Molero i Montserrat, 2006c, b, a, d; Montserrat et al., 2006; Romo i Soriano, 2004, 2005; Talavera et al., 2004; Valdés et al., 2004a, b, 2005, 2006b).

Les formes vitals s'han utilitzat nombroses vegades per descriure el caràcter de la flora i la vegetació d'una determinada regió. Es van definir amb el propòsit d'aplicar mètodes estadístics a la classificació de la vegetació amb independència de la seva composició taxonòmica (Raunkiaer, 1934). Tal com ja va demostrar Raunkiaer existeix una forta correlació entre l'espectre biològic i les variacions associades al clima general (latitud) o local (altitud). Posteriorment, els estudis dels espectres biològics s'han utilitzat profusament en la caracterització de les comunitats vegetals, així com en la comparació de flors regionals i locals (Raunkiaer, 1934; Cain, 1950; Orshan, 1986). A més s'han demostrat nombroses correlacions



entre formes vitals i gradients ecològics o climàtics: tipus de sòl, clima, cobertura vegetal es relacionen amb les formes vitals al SE de França (Floret et al., 1990), plantes llenyoses i les herbàcies perennes estan relacionades a Palestina amb el gradient pluviomètric (Kadmon i Danin, 1999), etc. La distribució de les precipitacions i la de les formes vitals permeten establir els límits del Sàhara sahel·lià, amb precipitacions d'estiu i molta importància en el paisatge dels faneròfits, i del Sàhara mediterrani, amb precipitacions d'hivern i domini dels teròfits i els camèfits (Frankenberg, 1978).

Les divisions primàries establertes per a la classificació de les formes vitals han esdevingut la primera i més general divisió en tots els sistemes moderns de classificacions de tipus funcionals de les plantes vasculares (Semenova i Van Der Maarel, 2000), ja que les cinc categories bàsiques de les formes vitals coincideixen amb les formes de creixement utilitzades de manera general en ecologia terrestre.

En aquest treball ens preguntem: ¿Hi ha diferències en la distribució dels percentatges de formes vitals entre les distintes comarques naturals del Marroc? Permeten aquestes diferències establir una classificació independent de la realitzada a partir de la seva composició taxonòmica? És comparable l'espectre biològic de les comarques del N del Marroc amb el d'altres territoris propers?

## Materials i mètodes

### *Dades corològiques*

La seqüència de càlcul seguida per a les anàlisis ha estat la següent: A partir del fitxer del conjunt de la flora del nord del Marroc utilitzat per a una primera classificació (Valdés et al., 2006a) es van incorporar les novetats corològiques publicades recentment en el marc del projecte Biogeo (i esmentades més amunt). De la nova matriu s'han exclòs les espècies cultivades i, com a les anàlisis anteriors, no s'han considerat ni els híbrids ni les categories inferiors a la de subespècie. Ha resultat una matriu de 20 comarques per 3.161 tàxons.

Els tàxons d'aquesta matriu s'han classificat segons la forma vital de Raunkiaer, reduïda a sis classes: faneròfits, camèfits, teròfits, hemicriptòfits, geòfits (criptòfits) i hidròfits. Es van segregar els hidròfits per comprovar hipòtesis anteriors sobre les afinitats florístiques de les comarques més atlàntiques (Valdés et al., 2006a). A partir d'aquest fitxer s'han calculat els percentatges de cada forma vital per a cada comarca natural reconeguda al catàleg del N del Marroc i els quocients següents: teròfits per camèfits (Th/Ch); herbàcies peren-

nes (camèfits + geòfits) per anuals [(G+H)/Th] i faneròfits per camèfits (Ph/Ch). Hem escollit aquests quocients per poder comparar els nostres resultats amb els obtinguts per a Palestina, a l'altre extrem de la conca mediterrània (Danin i Orshan, 1990).

### *Dades ambientals*

Per tal de poder interpretar els resultats obtinguts de les anàlisis anteriors hem definit variables no escalars per classificar les 20 comarques naturals utilitzades al catàleg del N del Marroc (Valdés et al., 2002). Aquestes variables inclouen dades de clima, tipus de sòls predominants i altitud. La taula 1 mostra els valors assignats a les distintes categories reconegudes.

Les dades climàtiques s'han obtingut dels pocs treballs disponibles per a nosaltres, els quals, al seu torn, es basen en sèries climàtiques relativament esparses i no sempre comparables. Tanmateix les dades recollides per Emberger (Emberger i Maire, 1934), J. Debrach et al. (Sauvage, 1961b), Le Houérou (Le Houérou, 1995), la cartografia bioclimàtica de la Unesco (Emberger et al., 1962) i els intents de cartografiar climàticament el N del Marroc segons l'índex de Gams, corregit per l'altitud i la continentalitat (Michalet, 1991), permeten establir categories de variables climàtiques prou representatives als efectes de les anàlisis que ens proposem en aquest treball. Per tal d'afinar tant com sigui possible hem calculat els valors de l'índex pluviotèrmic d'Emberger,  $Q_p$ , (Daget, 1977a) i els índexs de continentalitat,  $K$ , (Gorczynski, 1922) i (Daget, 1977b) per a les 60 estacions meteorològiques del Marroc de les quals hem aconseguit prou dades. Dels valors resultants hem considerat la mitjana aritmètica de les dades de les estacions de cada comarca. El conjunt proporciona prou informació per tal d'assignar un valor discret ( $V_{clima}$ ) a cadascuna de les comarques naturals, tenint sempre en compte que els valors assignats només representen una estimació basada en poques estacions meteorològiques i que l'heterogeneïtat topogràfica de les regions de muntanya fa molt discutible l'assignació d'un valor únic per a comarques relativament grans. Per altra banda convé recordar que tots els índexs climàtics presenten greus deficiències i cap no serveix per a descriure el caràcter de la vegetació d'un territori concret (Bolòs, 1989).

Pel que fa als sòls hem establert només dues categories segons el predomini de sòls silícis o calcaris. Les altituds màximes defineixen la cinquena variable ( $V_{altitud}$ ), amb l'excepció de les regions de Tsoul i Guercif, que limiten amb la part septentrional dels altiplans amb estepes d'espert, esteses des del Marroc oriental fins a Tunísia.



## Les anàlisis

A partir de la matriu primària s'han repetit les anàlisis clúster utilitzades per a la primera classificació del N del Marroc (Valdés et al., 2006a) per tal de comprovar si les noves dades produïen canvis en l'agrupació de les comarques (fig. 2). Per a tots els càlculs s'ha utilitzat el programari informàtic Gingko (Bouxin, 2005; De Cáceres i Font, 2007; De Cáceres et al., 2007).

A partir de la taula 2 es va fer una anàlisi de components principals (PCA), que representa gràficament les distintes comarques naturals del N del Marroc segons les seves afinitats en l'espectre biològic. Des d'aquesta mateixa taula 2 se'n va construir una altra de distàncies, escollint la distància euclidiana, ja que les dades dels espectres biològics són percentuals. Sobre aquesta matriu de distàncies es va generar una nova classificació clúster, emprant el mòdul K-means, per tal de poder comparar els resultats amb els obtinguts amb el mateix mètode per a la classificació de les comarques utilitzant tota la flora (Valdés et al., 2006a).

La matriu amb les variables ambientals, combinada amb la dels percentatges de formes vitals (TB-07) i amb els valors dels quocients entre elles, han permès estudiar si existeixen correlacions significatives (taula 3). Per aquestes correlacions s'ha preferit la correlació d'Spearman, ja que permet la comparació entre variables contínues i variables nominals.

### Limitacions d'aquesta mena d'anàlisis

Entre moltes d'altres limitacions en la generalització de les dades de tipus climàtic o

pedològic, sovint basades en classificacions o dades poc homogènies, i l'òbvia limitació per la manca d'informació suficient sobre la distribució de les plantes, cal tenir present que el N del Marroc és un territori molt muntanyós. Les variacions orogràfiques ofereixen nombrosos refugis per a la conservació de plantes rares (Montserrat i Villar, 1972) i els estatges altitudinals inclosos dins de diverses comarques emprades per a la classificació de la flora nord-marroquí en dificulten la classificació bioclimàtica. A més, actualment, ens resulta pràcticament impossible parcel·lar el territori en comarques prou uniformes si no s'adopten unitats geogràfiques molt petites, per a les quals no tindriem possibilitat de conèixer la distribució de les plantes ni suficient informació ambiental. Com que les nostres dades només són qualitatives i es basen en matrius de presència/absència, els resultats d'aquestes anàlisis s'han de considerar amb precaució ja que la presència d'una sola localitat amb plantes rares o algunes citacions antigues mal adscrites geogràficament podrien ocasionar variacions considerables en els resultats, malgrat que la matriu primària consisteixi en milers de dades referides a una flora molt rica (3.161 tàxons inclosos en aquestes anàlisis).

## Resultats i discussió

La figura 1 mostra les 20 comarques naturals en què es va dividir el catàleg de la flora del N del Marroc per tal de representar la distribució de les espècies. Els colors representen l'agrupació de les 20 comarques en set

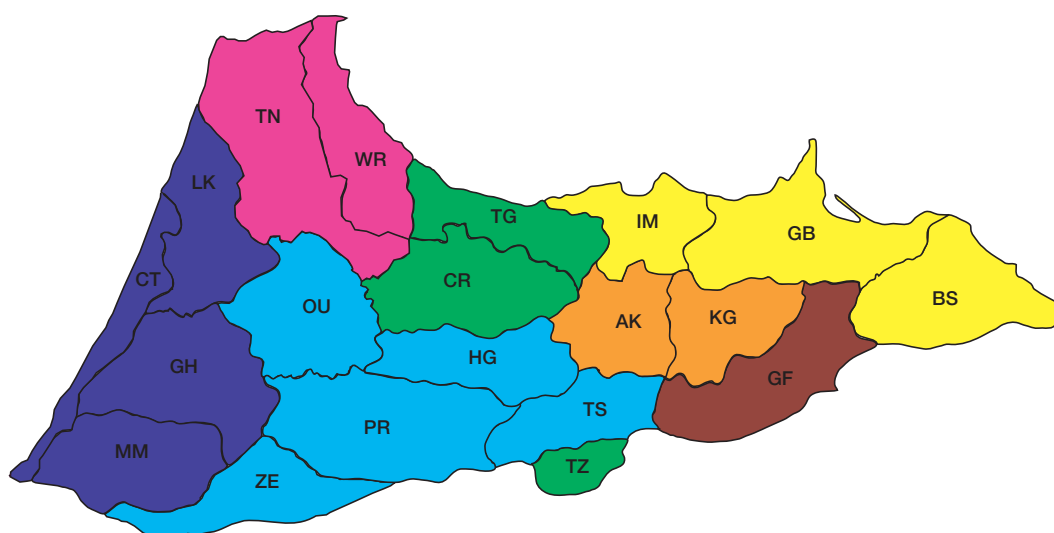


Figura 1. Classificació de les comarques naturals del N del Marroc en set grups segons les similituds en la seva composició florística. Grup 1: ZE, Zerhoun; PR, Pré-Rif; OU, Ouezzane; HG, Alt Ouerrha; TS, Tsoul. Grup 2: MM, Mamora; GH, Gharb; CT, Costa atlàntica; LK, Loukkos. Grup 3: BS, Beni Snassen; GB, Gareb; IM, Imzorène. Grup 4: GF, Guercif. Grup 5: WR, Rif Occidental; TN, Tanger. Grup 6: AK, Aknoul; KG, Kert Ganc. Grup 7: TG, Targuist; CR, Rif Central; TZ, Tazzeka (la numeració dels grups és aleatòria i depèn de la primera combinació de l'anàlisi K-means).





Figura 2. Classificació de les comarques naturals del N del Marroc en set grups segons les similituds en la seva composició florística, amb dades de distribució de l'any 2000 (Valdés et al., 2002).

grups. Aquests grups són el resultat d'una anàlisi clúster K-means, a partir d'una matriu de dissimilaritat basada en la distància de Bray-Curtis. Les anàlisis a partir de la nova matriu (3161 × 20) mostren que, en reunir les 20 comarques naturals en cinc grups, el resultat no varia de l'obtingut sobre el conjunt de la flora (Valdés et al., 2006a). En canvi, sí que s'observen algunes diferències en formar set grups (figs. 1 i 2). Les comarques mediterrànies s'escindeixen en dos grups. Un format per les dues interiors, Aknoul i Kert Ganc, amb muntanyes relativament elevades, i l'altre grup constituït per les tres comarques litorals: Gareb, Beni Snassen i Imzorène. Per altra banda les comarques muntanyoses més meridionals Tsoul, Pre-Rif, Alt Ouerrhà, Zerhoun i Ouezzane, situades a l'oest de l'estret de Taza i amb influència més o menys atenuada de l'oceà atlàntic, formen ara un únic grup. No hi ha diferències en l'agrupació de la resta de les comarques. Gràcies a la publicació de noves dades corològiques, especialment del sud del territori comprès en el catàleg, les noves anàlisis proporcionen, doncs, una agrupació més coherent i ajuden a precisar les agrupacions més mal definides per causa, precisament, de l'escassa informació disponible sobre la distribució de la flora d'algunes d'aquestes comarques.

Al Marroc l'estudi dels espectres biològics de Raunkiaer té una llarga tradició. Ja al 1924 es van utilitzar per a caracteritzar les comunitats vegetals (Braun-Blanquet i Maire, 1924). Emberger demostra que al Marroc existeix una forta correspondència entre l'espectre biològic i el que anomena "estatges bioclimàtics", per referir-se als diversos bioclims del país magribí (Bolòs, 1989). Efectivament, el Marroc és el país nord-africà amb la flora més rica i amb més contrastos climàtics i ambien-

tals, contrastos que expliquen les fortes diferències en l'espectre biològic dels seus paisatges. Així, les plantes anuals varien del 48% als territoris àrids o el 4% a les regions d'alta muntanya (Emberger, 1939). Posteriorment, Sauvage (Sauvage, 1961b), sense indicar de manera explícita percentatges concrets, modifica considerablement les dades d'Emberger en els gràfics on compara la disminució dels teròfits, o l'augment dels hemicriptòfits i els camèfits, en relació a l'altitud o al clima, però cap dels dos autors es refereix a un catàleg complet per a cada categoria reconeguda, ni publiquen la llista d'espècies sobre la qual fonamenten els seus càlculs. En cap cas podem, doncs, comparar aquests percentatges amb els nostres resultats perquè, altrament, les nostres dades estan agrupades per comarques naturals que sovint contenen diversos bioclims i més d'un estatge altitudinal de vegetació.

L'àrea de distribució de *Quercus suber* al nord del Marroc coincideix, aproximadament, amb l'extensió de les nostres comarques de Mamora, Gharb, Loukkos i Ouezzane. En l'àmbit geogràfic marroquí de les suredes, els teròfits i els geòfits disminueixen amb l'augment de les precipitacions. En canvi, la proporció de plantes llenyoses (camèfits i faneròfits) augmenta positivament (Sauvage, 1961b) (Sauvage, 1961a).

La vegetació d'alta muntanya té un percentatge molt alt d'hemicriptòfits i augmenten els camèfits als països propers a la conca mediterrània. Aquestes observacions són avui acceptades de manera general i s'han comprovat nombroses vegades a d'altres territoris com els Pirineus (Illa et al., 2006), les muntanyes andaluses (Cueto et al., 1991), les illes Canàries (Shmida i Werger, 1992), o Palestina (Danin i Orshan, 1990).



Taula 1. Valors ambientals emprats per realitzar les matrius de correlació amb els espectres biològics per al N de Marroc. P: precipitació màxima per comarca natural (mm/any); K: Valors mitjans per comarca natural de l'índex de continentalitat de Gorczynski, calculat segons la modificació de Daget – els valors de Costa Atlàntica i del Tsoul s'han extrapolat. V\_clima: valor discret que pretén agrupar els dos anteriors per a la realització de les anàlisis. Rang: rang altitudinal de cada comarca. V\_altitud: classificació discreta de les 20 comarques segons el seu rang altitudinal. Q<sub>2</sub>: índex pluviotèrmic d'Emberger. Sòls: 1, sòls calcaris predominants; 2, sòls silicis predominants. N. tàxons: número d'espècies i subespècies seleccionades de cada comarca per a la realització dels càlculs.

Comarca	P	K	V_clima	Rang	V_altitud	Q <sub>2</sub>	sòls	n. tàxons
Aknoul	< 900	53,73	6	400-2000	6	56	1	705
Beni Snassen	< 600	52,19	4	0-1532	3	50	1	999
Rif Central	< 1700	55,59	9	400-2448	6	180	2	1042
Costa Atlàntica	< 600	36,00	5	0-10	1	79	2	784
Gareb	< 450	40,79	3	0-931	3	45	1	1292
Guercif	< 240	63,16	1	300-1109	5	20	1	652
Gharb	< 600	58,67	5	10-200	1	68	2	430
Alt Ouerrha	< 900	55,03	6	200-1827	4	90	2	524
Imzorène	< 400	48,31	3	0-1613	2	40	2	836
Kert Ganc	< 400	60,81	3	300-1839	4	37	1	798
Loukkos	< 750	47,87	5	0-300	1	92	2	707
Mamora	< 600	50,50	5	0-50	1	76	2	535
Ouezzane	< 1300	54,95	7	200-867	2	120	2	579
Pre-Rif	< 600	58,34	5	200-902	2	64	1	593
Targuist	< 500	42,42	4	0-1000	4	50	1	1025
Tanger	< 1300	40,85	8	0-1681	4	150	2	1325
Tsoul	< 300	58,00	2	300-800	5	120	1	474
Tazzeke	< 1500	74,81	8	300-1980	4	50	2	920
Rif Occidental	< 1300	40,92	8	0-2170	6	120	1	1735
Zerhoun	< 600	53,27	5	50-1118	2	68	1	768

Els intents anteriors d'utilitzar l'espectre biològic o els percentatges de diferents tipus biològics o de llurs combinacions per a la caracterització de les divisions geomorfològiques prèviament establertes, els trobem en les publicacions d'A. Danin i els seus col·laboradors, referides a Palestina. La comparació amb les nostres dades té interès per tractar-se de dos territoris amb flora mediterrània però situats als dos extrems de la Mediterrània. A Palestina s'han observat correlacions positives entre els espectres biològics i diverses variables ambientals (Danin i Orshan, 1990; Kadmon i Danin, 1999; Keshet et al., 1990).

Si bé les nostres dades no contradiuen les tendències i les correlacions entre l'espectre biològic de la flora i determinades variables ambientals demostrades per Palestina no poden extrapolar-se al Marroc per dos motius principals: els gradients climàtics al N del Marroc no són tan amples ni tan extrems ni tan ben coneguts com a Palestina i el N del Marroc és un país molt més muntanyós.

La taula 2 mostra la distribució de les formes vitals al N del Marroc. Els percentatges d'algunes formes biològiques resulten sorprenents, però la simple comparació respecte del valor mitjà pel conjunt del territori explica els resultats de les anàlisis realitzades. El conjunt de les comarques de la gran planura occidental mostren entre si moltes afinitats. Tenen proporcions d'annuals molt elevades, resultat que està en sintonia amb la gran riquesa d'espècies arvenses d'aquest territori, de

forta tradició agrícola. El cas extrem del Gharb (60,7% de teròfits) es deu segurament a un mostreig encara insuficient, ja que és la comarca amb menor número d'espècies (taula 1). Tradicionalment es considera que els teròfits augmenten amb l'aridesa (Danin i Orshan, 1990). També pel Marroc les dades d'Emberger i de Sauvage apunten en el mateix sentit. Les nostres, en canvi, contradiuen parcialment aquesta afirmació ja que les espècies anuals atenyen el seu percentatge màxim a les contrades atlàntiques de baixa altitud i forta presència humana. Encara que a Palestina l'augment en la proporció d'annuals s'atribueix a l'augment de l'aridesa (Keshet et al., 1990), les seves dades també mostren valors màxims de teròfits per a les unitats geomorfològiques de terra baixa properes al litoral, amb forta pertorbació agrícola.

Per altra banda les comarques d'afinitat més mediterrània, amb un clima molt més sec (taula 1), mostren una proporció lleugerament inferior de teròfits, però totes tenen percentatges inferiors a la mitjana del N del Marroc (50,4%). L'única excepció és la comarca natural més àrida de Guercif (55,8 %) on, a més de molts teròfits arvenses, penetren per la vall del Moulouya diverses anuals d'afinitat Saharo-Aràbiga, absents a la resta del territori, com *Lappula spinocarpos*, *Arnebia decumbens* o *Lasiopogon muscoides*. Caldria considerar doncs la possibilitat que no fossin les mateixes espècies les que contribuïssin als diferents percentatges de teròfits entre la regió més



Taula 2. Distribució dels espectres biològics expressats en percentatges de formes vitals a les 20 comarques naturals del Marroc (TB-07); indiquem també la mitjana per al conjunt de la flora del N del Marroc així com els valors dels tres quocients emprats (per a més detalls vegeu el text).

Comarca	Th/Ch	G+H/Th	Ph/Ch	Ch	Ph	G	H	Hy	Th
N Marroc	3,74	0,53	0,54	13,5	7,2	7,4	19,3	2,2	50,4
Aknoul	2,30	0,52	0,44	20,1	8,9	4,3	19,9	0,6	46,2
Beni Snassen	2,65	0,46	0,43	18,7	8,0	7,3	15,3	1,1	49,5
Rif Central	2,70	0,96	0,54	14,2	7,7	7,8	29,1	3,0	38,3
Costa Atlàntica	7,15	0,52	0,62	7,7	4,7	9,7	18,5	4,7	54,7
Gareb	2,99	0,53	0,38	16,6	6,3	8,6	17,6	1,2	49,7
Guercif	3,37	0,35	0,43	16,6	7,1	4,4	15,2	0,9	55,8
Gharb	10,88	0,39	1,08	5,6	6,0	6,5	17,0	4,2	60,7
Alt Ouerrha	5,43	0,44	0,74	10,3	7,6	5,9	18,5	1,7	55,9
Imzorène	2,40	0,54	0,43	19,4	8,3	7,2	17,7	1,1	46,4
Kert Ganc	2,20	0,52	0,35	21,1	7,4	5,8	18,5	0,9	46,4
Loukkos	5,77	0,58	0,85	8,8	7,5	9,3	19,8	4,0	50,6
Mamora	6,95	0,54	0,8	7,7	6,2	10,8	17,8	4,3	53,3
Ouezzane	5,81	0,41	0,77	9,8	7,6	6,6	17,1	1,7	57,2
Pre-Rif	5,66	0,41	0,38	10,3	3,9	7,4	16,7	3,5	58,2
Targuist	2,57	0,62	0,59	17,2	10,0	7,0	20,2	1,5	44,1
Tanger	3,88	0,75	0,64	11,5	7,4	10,1	23,2	3,4	44,5
Tsoul	5,07	0,38	0,69	11,4	7,8	4,0	17,9	1,1	57,8
Tazzeka	2,77	0,71	0,47	16,0	7,5	8,0	23,5	0,8	44,2
Rif Occidental	2,39	0,78	0,47	17,1	8,0	8,9	23,0	2,0	40,9
Zerhoun	5,52	0,52	0,65	9,8	6,4	7,9	20,1	2,0	53,9

àrida del N del Marroc i les que mostren els percentatges més elevats d'annuals.

Al conjunt de la flora de les Canàries, es donen proporcions de teròfits semblants (superiors al 50%) a les illes més orientals, que també són les més àrides. En canvi, quan s'estudien aïlladament els elements corològics típicament canaris la proporció de teròfits disminueix. Els elevats valors de les espècies anuals en el conjunt de la flora de l'arxipèlag podrien estar relacionats amb la presència d'un gran grup d'annuals d'ample distribució mediterrània que arriben a les Canàries (Shmida i Werger, 1992). Una situació paral·lela explicaria també al Marroc la diferent distribució d'aquest grup de plantes.

L'espectre biològic de les comarques més muntanyoses del N del Marroc recorda molt la d'algunes muntanyes d'Andalusia. Així les Sierras de María y Orce (Almeria-Granada) presenten, per al conjunt de la seva flora (1200 taxons), un percentatge similar al Rif Central o a l'Occidental (Cueto et al., 1991). Sembla, però, que amb la latitud disminueix el percentatge d'hemicriptòfits i augmenta el d'annuals. Així, al Tazzeka, cim més septentrional de l'Atles Mitjà, la proporció d'annuals és del 44%, mentre que a les muntanyes andaluses ateny el màxim del 38% a la Sierra de Tejeda-Almijara (Nieto Caldera in (Cueto et al., 1991).

Al N del Marroc s'observen diferències notables en la proporció de camèfits a les comarques més muntanyoses i a les d'afinitat més mediterrània, respecte de les comarques més atlàntiques. Aquestes diferències s'accentuen considerablement en comparar els quocients de teròfits respecte dels camèfits.

En combinar les proporcions relativament menors d'annuals a les contrades mediterrànies o de muntanya, amb la important presència de camèfits, l'índex que en resulta segrega fortament les comarques més atlàntiques, tant les més litorals com les situades més a l'interior (fig. 2) de les més de muntanya o les mediterrànies. Els estudis realitzats sobre els espectres biològics de les flors endèmiques de les Canàries (Shmida i Werger, 1992) o al S de la península Ibèrica (Freitag, 1971; Melendo et al., 2003; Giménez et al., 2004) mostren que el tipus biològic dominant és el dels camèfits, a molta distància dels altres. També a les muntanyes del N del Marroc el tipus dominant entre les espècies endèmiques o les de distribució exclusivament magribina és el constituït pels camèfits. Els camèfits són doncs el tipus biològic dominant en zones mediterrànies microtèrmiques (Bolòs, 1989), tant al sud de la península Ibèrica com al Nord d'Àfrica. Els teròfits d'hivern i els camèfits són també els dos tipus biològics més importants en l'espectre biològic del Sàhara septentrional, amb precipitacions d'hivern i marcada influència dels elements de distribució holàrtica, en la seva composició florística (Frankenberg, 1978).

Els hemicriptòfits assoleixen el seu màxim en el territori estudiat a les regions que comprenen les muntanyes més elevades i dominen els sòls silicis, com és el cas del Rif Central o del Tazzeka. Igualment altres regions d'elevades muntanyes com el Rif Occidental mostren un percentatge més elevat que les altres comarques, per bé que el domini de sòls calcaris pot influir en la menor extensió



de les pastures. La proporció d'hemicriptòfits en els espectres biològics d'algunes serralades de la península Ibèrica augmenta molt ràpidament vers al nord (Cueto et al., 1991), augment versemblantment relacionat amb les precipitacions que faciliten la presència més gran dels elements oròfits sudeuropeus i eurosiberians.

Les comarques litorals atlàntiques del Marroc, semblantment a les de la costa atlàntica andalusa, presenten una proporció d'espècies hidròfiles significativament més elevada que la resta, per la presència de grans rius de cabal regular i extenses maresmes. Actualment però moltes d'aquestes espècies són extintes per la forta reducció de les zones humides del litoral (Emberger, 1939).

#### *Correlacions entre variables ambientals i la distribució de formes biològiques*

A partir d'una matriu en què es combinen les dades de la taula 2 amb algunes variables de la taula 1 (K, V\_clima, V\_altitud, Q<sub>2</sub>, sòls), es va calcular la correlació d'Spearman per veure si les variables ambientals eren independents o no de l'espectre biològic de cada comarca o de la combinació d'alguns valors de les formes vitals.

El resultat mostra que existeixen correlacions positives i significatives entre el quocient d'Emberger i la distribució dels higròfits o de la fracció Ph/Ch; entre aquesta darrera fracció i el tipus de sòl. Els faneròfits augmenten amb l'altitud i els hemicriptòfits augmenten amb l'increment de les precipitacions anuals. En conseqüència, ambdós grups augmenten a les regions de muntanya.

La utilització de les fraccions entre distintes formes vitals aporta informació addicional. Així, tant els faneròfits com els camèfits mostren una tendència significativa a augmentar amb l'altitud, però la seva fracció mostra únicament relació positiva amb el quocient d'Emberger i amb el tipus de sòls. Aquesta observació està en consonància amb les observacions fetes a Palestina (Danin i Orshan, 1990) (Keshet et al., 1990), on s'ha demostrat que la relació Ph/Ch té una correlació positiva amb l'augment de les precipitacions i amb l'augmentat quocient pluviotèrmic.

La fracció Th/Ch, en canvi, es relaciona negativament amb l'altitud ( $p < 0,01$ ). Els teròfits, considerats independentment, també disminueixen ( $p < 0,05$ ), però els camèfits augmenten ( $p < 0,01$ ). La proporció de plantes herbàcies perennes (G+H), respecte dels teròfits, mostra una lleugera tendència positiva amb l'augment de les precipitacions. En canvi els geòfits semblen disminuir amb la continentalitat, la qual cosa podria tenir relació amb els nombrosos geòfits que habiten les contrades litorals.

Taula 3. Matriu de similaritat a partir de la correlació d'Spearman matriu (comb15.txt) (En negreta es mostren els valors de significació més elevada,  $p < 0,01$ ; en cursiva,  $p < 0,05$ ).

	K	V_clima	V_altitud	Q <sub>2</sub>	Sòls
Th/Ch	-0,023	0,084	<b>-0,719</b>	0,385	0,486
G+H/Th	-0,466	<i>0,504</i>	0,201	0,254	0,259
Ph/Ch	-0,098	0,328	-0,383	<b>0,638</b>	<b>0,579</b>
Ch	0,043	-0,228	<b>0,653</b>	<i>-0,511</i>	<b>-0,528</b>
Ph	-0,102	0,065	<b>0,576</b>	0,019	-0,175
G	<b>-0,617</b>	0,379	-0,412	0,321	0,382
H	-0,205	<b>0,624</b>	0,409	0,425	0,187
Hy	-0,399	0,309	<b>-0,605</b>	<b>0,574</b>	0,474
Th	0,294	-0,338	<i>-0,513</i>	0,022	0,043

Aquesta anàlisi de correlacions mostra que les herbàcies perennes (G+H) tendeixen a igualar als teròfits (Th) a les comarques més elevades (Rif Central, 0,96). S'observen valors menors però més alts que a la resta a les altres comarques muntanyoses. Aquesta distribució explica la correlació positiva d'aquest quocient amb el clima. Els hemicriptòfits tenen molt pes a l'hora d'explicar aquesta relació.

#### *Anàlisi clúster a partir de les formes vitals*

La representació geogràfica dels resultats d'una nova anàlisi clúster K-means, basada en una matriu de distàncies euclidianes, generada a partir de la distribució per comarques dels percentatges de formes vitals (fig. 3), mostra la relació existent entre les contrades de muntanya, les més atlàntiques o les mediterrànies tal com passava amb la classificació clúster amb tota la flora (fig. 1), a partir, però, d'una matriu de dades molt distinta.

La diferència més significativa d'aquesta segona anàlisi és que la Jebala (Tanger i Rif Occidental) s'agrupa amb el Tazzeka. És a dir formen un sol clúster les comarques de muntanya, llevat del Rif Central, que se segrega del conjunt. Les comarques mediterrànies s'agrupen de manera distinta. Les més muntanyoses (Aknoul, Targuist, Kert Ganc i Imzorène) amb un elevat percentatge de camèfits, se separen de les dues més orientals (Gareb i Beni Snassen). Les comarques més atlàntiques segueixen juntes amb variacions menors, com la del Zerhoun i el Gharb que canvien de grup. Però el més significatiu és que, ultra modificacions en les adscripcions al clúster (fig. 3), les comarques naturals s'agrupen de manera equivalent a la que resulta de classificar-les per la seva composició taxonòmica (fig. 1).

#### *Anàlisi de components principals (PCA)*

Per comprovar quins valors de l'espectre biològic contribuïen més a aquesta agrupació



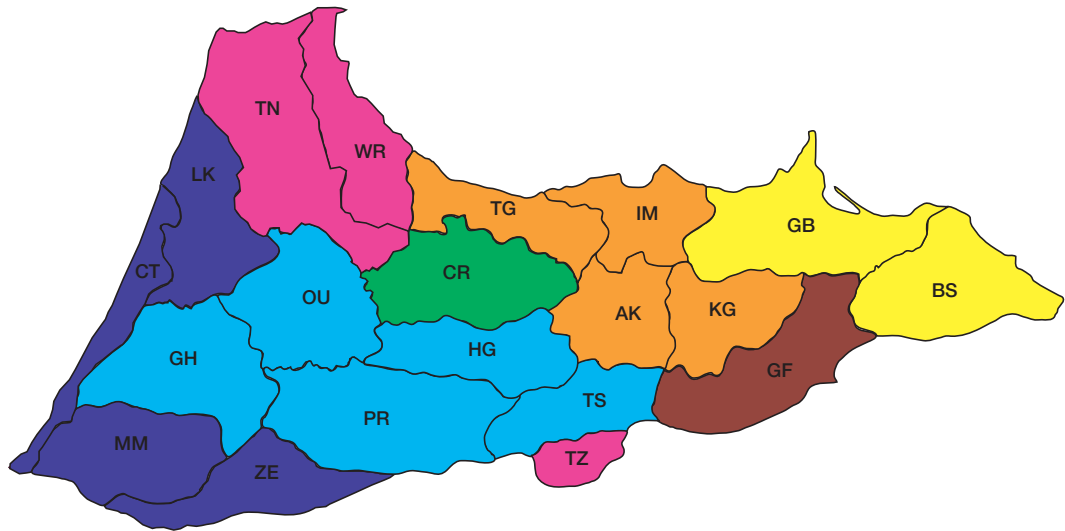


Figura 3. Set grups de comarques naturals del N del Marroc segons l'anàlisi clúster de l'espectre de formes biològiques (vegeu el text per a l'explicació d'aquesta figura).

es va fer una anàlisi de components principals (PCA).

Les variables que tenen més importància en la distribució de les comarques naturals segons els dos eixos principals generats per aquesta anàlisi són les freqüències relatives dels teròfits, camèfits i hemicriptòfits. Els dos primers eixos expliquen el 93,13% de la variança acumulada total i només el primer eix ja n'explica el 71,37%. El segon n'explica el 22,53%. En el primer eix prenen valors negatius les proporcions més baixes de teròfits i valors positius les més altes. Els camèfits, en canvi, determinen els valors positius dels dos eixos.

La figura 4 mostra la distribució de les distintes comarques segons els eixos resultants d'aquesta anàlisi. Sobre aquesta distribució s'hi ha superposat el resultat de la classificació de les comarques a partir de l'anàlisi clúster del conjunt de la flora (fig. 1) i es posen de manifest les fortes coincidències de les dues classificacions. Les comarques mediterrànies, amb elevats valors del percentatge de camèfits i baixa relació de Th/Ch, se situen totes per sobre de la diagonal imaginària, amb valors negatius pels dos eixos, mentre que les atlàntiques es col·loquen a l'altra banda, amb valors positius. Els grups que es formen amb l'anàlisi clúster de presència/absència de tàxons es dispersen poc en la representació de la PCA basada en proporcions de formes vitals, amb l'excepció de les comarques amb bioclims mesòfils o de muntanya que, en mostrar uns percentatges menys contrastats entre els distintes tipus biològics, es distancien entre ells i se situen al gràfic a l'extrem inferior, amb valors positius del primer eix i negatius del segon. La comarca muntanyosa del Tazeka (TZ) tendeix a agrupar-se amb les muntanyoses del Rif occidental.

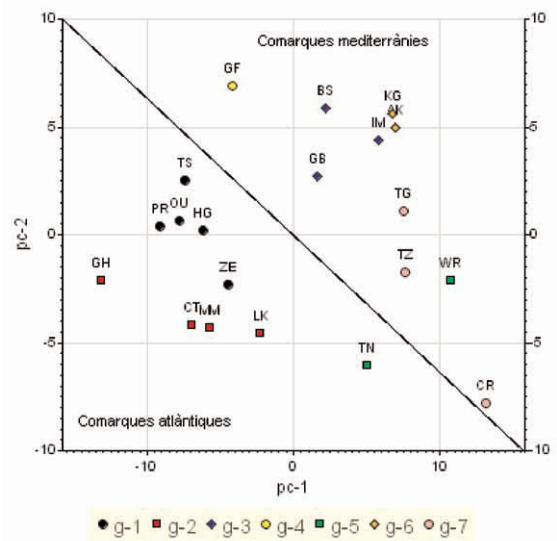


Figura 4. Representació gràfica de l'anàlisi de components principals de les comarques naturals del N del Marroc d'acord amb el seu espectre biològic. Se superposa la classificació taxonòmica basada en la composició florística de les comarques representada a la figura 1.

## Conclusions

Els percentatges de formes vitals varien notablement entre les distintes comarques naturals del N del Marroc. Aquestes diferències fan possible establir classificacions el resultat de les quals mostra solucions d'agregació de les distintes comarques molt semblants a les que s'obtenen d'emprar taules florístiques de presència/absència. Aquesta classificació independent de les realitzades amb criteris només taxonòmics ve a confirmar que la delimitació geogràfica de les distintes





comarques emprades per expressar la distribució de les plantes de la flora del N del Marroc (Valdés et al., 2002) és coherent amb els grans trets geomorfològics del N del Marroc.

Respecte d'altres territoris propers, al Marroc augmenta la proporció de teròfits a totes les comarques en comparació amb d'altres situacions semblants arreu de la Mediterrània, amb la possible excepció de les contrades marítimes emprades en la delimitació geomorfològica d'Israel. Aquest increment de teròfits podria explicar-se per un augment de l'antropització del país, amb elevada densitat d'explotació ramadera extensiva i molta agricultura de muntanya. L'abundància de teròfits al NW del Marroc cal atribuir-la doncs a dos factors diferents: l'aridesa estival, pròpia del clima mediterrani, però molt més accentuada vers al sud, i a la perllongada pertorbació antròpica de la vegetació de la terra baixa Mediterrània, pertorbació que selecciona aquesta forma de creixement enfront de qual-sevol altra.

La distribució dels camèfits és molt significativa i aporta molta informació a l'hora d'establir les distintes classificacions entre les comarques naturals del N del Marroc.

### Agraïments

Xavier Font i M. De Cáceres van aconsellar-me i van instruir-me en el maneig del programa Ginkgo. El meu germà Gabriel Montserrat va fer-me valuosos suggeriments i va discutir diversos aspectes d'aquest treball. Benito Valdés va llegir el text durant una campanya al Marroc i va aportar molts comentaris. Samuel Pyke ha revisat el resum en anglès. Frederic Fillat va facilitar-me dades i fonts bibliogràfiques sobre distribució bioclimàtica. A tots ells, moltes gràcies.

La realització d'aquest treball ha comptat amb el suport del projecte CGL2006-13102 del Programa Nacional de Recursos Naturales del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Agraeixo especialment a la Secció de Ciències Naturals del Museu de Mataró, l'oportunitat de dedicar aquest treball al meu pare, Pere Montserrat Recoder, amb motiu de l'homenatge organitzat pel Museu, l'octubre de 2006, a Mataró, la seva ciutat natal.

### Bibliografia

- BOLÓS, O. de (1989). Bioclimatologia i geografia botànica. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 48(9): 423-444.
- BOUXIN, G. (2005). Ginkgo, a multivariate analysis package. *Journal of Vegetation Science*, 16: 355-359.
- BRAUN-BLANQUET, J. i MAIRE, R. (1924). Études sur la végétation et la flore Marocaines. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*, 8(1): 164-239.
- CAIN, S.A. (1950). Life-forms and phytoclimate. *The Botanical Review*, 16(1): 1-32.
- CUETO, M., BLANCA, G. i GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L. (1991). Análisis florístico de las Sierras de María y Orce (Provincias de Almería y Granada, España). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 48(2): 201-211.
- DAGET, P. (1977a). Le bioclimat Méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(2): 87-103.
- DAGET, P. (1977b). Le bioclimat Méditerranéen: caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio*, 34(1): 1-20.
- DANIN, A. i ORSHAN, G. (1990). The distribution of Raunkiaer life forms in Israel in relation to the environment. *Journal of Vegetation Science*, 1(1): 41-48.
- DE CÁCERES, M. i FONT, X. (2007). *Ginkgo. 1.4*. Universitat de Barcelona, Barcelona. [<http://biodiver.bio.ub.es/vegana/>].
- DE CÁCERES, M., OLIVA, F. FONT, X. i VIVES, S. (2007). GINKGO, a program for non-standard multivariate fuzzy analysis. *Advances in Fuzzy Sets and Systems*, 2: 41-56.
- EMBERGER, L. (1939). Aperçu général sur la végétation du Maroc. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich*, 14: 40-157.
- EMBERGER, L., GAUSSEN, H., KASSAS, PHILIPPIS, D. i BAGNOULS (1962). *Carte bioclimatique de la région Méditerranéenne*. E. 1:5000.000. UNESCO-FAO - Institut Géographique National, Paris.
- EMBERGER, L. i MAIRE, R. (1934). Tableau phytogéographique du Maroc. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*, 38: 1-187.
- FENNANE, M. i IBN TATTOU, M. (1998). Catalogue des plantes vasculaires rares, menacées ou endémiques du Maroc. *Bocconea*, 8: 5-243.
- FLORET, C., GALAN, M.J., LEFLOC'H, E., ORSHAN, G. i ROMANE, F. (1990). Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for studying vegetation? *Journal of Vegetation Science*, 1: 71-80.
- FRANKENBERG, P. (1978). Lebensformen un Florenelemente im Nordafrikanischen Trockenraum. *Vegetatio*, 37: 91-100.
- FREITAG, H. (1971). Die natürliche Vegetation des südostspanisches Trockengebeites. *Botanische Jahrbucher*, 91: 147-308.
- GIMÉNEZ, E., MELENDO, M., VALLE, F., GÓMEZ-MERCADO, F. i CANO, E. (2004). Endemic flora biodiversity in the south of the Iberian Peninsula: altitudinal distribution, life forms and dispersal mode. *Biodiversity and Conservation*, 13(14): 2641-2660.
- GORCZYNSKI, L. (1922). The calculation of the degree of continentality. *Monthly Weather*



- Review, July: 370.
- ILLA, E., CARRILLO, E. i NINOT, J.M. (2006). Patterns of plant traits in Pyrenean alpine vegetation. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 201(7): 528-546.
- KADMON, R. i DANIN, A. (1999). Distribution of plant species in Israel in relation to spatial variation in rainfall. *Journal of Vegetation Science*, 10(3): 421-432.
- KESHET, M., DANIN, A. i ORSHAN, G. (1990). Distribution of ecomorphological types along environmental gradients in Israel. 1 : Renewal bud location and leaf attributes. *Ecologia mediterranea*, 16: 151-161.
- LE HOUÉROU, H.-N. (1995). *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertisation*. 396 pp. Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches ; n. 10. CIHEAM-IAMM, Montpellier.
- MELENDO, M., GIMÉNEZ, E., CANO, E., GÓMEZ-MERCADO, F. i VALLE, F. (2003). The endemic flora in the south of the Iberian Peninsula : taxonomic composition, biological spectrum, pollination, reproductive model and dispersal. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 198: 260-276.
- MICHALET, R. (1991). Nouvelle synthèse bioclimatique des milieux méditerranéens. Application au Maroc septentrional (A new bioclimatic synthesis of Mediterranean environments. Application to northern Morocco). *Revue d'écologie alpine*, 1: 59-80, 3 Pl.
- MOLERO, J. i MONTSERRAT, J.M. (2006a). 112. Aportaciones a la flora vascular de las comarcas orientales del Norte de Marruecos. *Lagascalia*, 26: 155-177.
- MOLERO, J. i MONTSERRAT, J.M. (2006b). Novedades corológicas y taxonómicas selectas para el catálogo de la flora vascular del norte de Marruecos. *Lagascalia*, 26: 83-110.
- MOLERO, J. i MONTSERRAT, J.M. (2006c). Quenopodiáceas nuevas o raras para la flora de Marruecos. *Lagascalia*, 26: 7-24.
- MOLERO, J. i MONTSERRAT, J.M. (2006d). *Some new neophytes for the North East of Morocco*. "Invasive Plants in the Mediterranean Type Regions of the World", Méze (France), Council of Europe Publishing.
- MONTSERRAT, J.M., FENNANE, M. i BENNIG, O. (2006). 110. Novedades florísticas para las comarcas de Zerhoun, Mamora y Tanger (N de Marruecos). *Lagascalia*, 26: 149-153.
- MONTSERRAT, P. i VILLAR, L. (1972). El endemismo ibérico, aspectos ecológicos y fitotopográficos. *Boletim da Sociedade Brotariana*, Série 2, 46: 503-527.
- ORSHAN, G. (1986). Plant form as describing vegetation and expressing adaptation. *Annali di Botanica*, 44: 7-38.
- RAUNKIAER, C. (1934). *The life form of plants and statistical plant geography*. 632 pp. Clarendon Press, Oxford.
- ROMO, A. i SORIANO, I. (2004). Additions to the vascular flora of N Morocco. *Lagascalia*, 24: 92-105.
- ROMO, A. i SORIANO, I. (2005). Adiciones a la flora vascular del N de Marruecos (II). *Lagascalia*, 25: 218-234.
- SAUVAGE, C. (1961a). Flore des subéaies marocaines. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, série Botanique*, 22: 1-252.
- SAUVAGE, C. (1961b). Recherches géobotaniques sur les subéaies marocaines. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, série Botanique*, 21: 1-462.
- SEMENOVA, G.V. i VAN DER MAAREL, E. (2000). Plant functional types - A strategic perspective. *Journal of Vegetation Science*, 11: 917-922.
- SHMIDA, A. i WERGER, M.J.A. (1992). Growth form diversity on the Canary Islands. *Plant Ecology*, 102(2): 183-199.
- TALAVERA, S., GARCÍA-CASTAÑO, J.L., ORTIZ, M.A., TERRAB, A., DE VEGA, C. i SALGUIERO, F.J. (2004). Algunos taxones interesantes del parque natural de Tazzeka (Marruecos). *Lagascalia*, 24: 106-111.
- VALDÉS, B. i MONTSERRAT, J.M. (2003). Botanical diversity and endemism in Northern Morocco. *Phytologia Balcanica*, 9(3): 479-485.
- VALDÉS, B., MONTSERRAT, J.M., DíEZ, M.J. i PINA, F.J. (2004a). Novedades florísticas para la comarca de Guercif (N de Marruecos). *Lagascalia*, 24: 121-133.
- VALDÉS, B., MONTSERRAT, J.M., DíEZ, M.J. i PINA, F.J. (2004b). Novedades florísticas para la comarca de Tsoul (N de Marruecos). *Lagascalia*, 25: 132-158.
- VALDÉS, B., MONTSERRAT, J.M. i FONT, X. (2006a). A Phytogeographical analysis of Northern Moroccan flora based on natural areas floristic composition. *Willdenowia*, 35.
- VALDÉS, B., REJDALI, M., KADMIRI, A.A.E., JURY, S.L. i MONTSERRAT, J.M. (2002). *Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc incluant des clés d'identification*. 1007 pp. Biblioteca de Ciencias. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- VALDÉS, B., SANTA-BÁRBARA, C. i PINA, F.J. (2005). Novedades corológicas para la comarca de Ouezanne (N de Marruecos). *Lagascalia*, 25: 234-239.
- VALDÉS, B., SANTA-BÁRBARA, C. i PINA, F.J. (2006b). Nuevas citas para la flora vascular del N de Marruecos. *Lagascalia*, 26: 240-247.

