

## Aproximación a la checklist de los gipsófitos ibéricos

Juan Francisco Mota<sup>1</sup>, Pedro Sánchez Gómez<sup>2</sup>, María Encarnación Merlo Calvente<sup>1</sup>, Pilar Catalán Rodríguez<sup>3</sup>, Emilio Laguna Lumbreras<sup>4</sup>, Marcelino de la Cruz Rot<sup>5</sup>, Francisco Bruno Navarro Reyes<sup>6</sup>, Francisco Marchal Gallardo<sup>7</sup>, Carmen Bartolomé Esteban<sup>8</sup>, Juan Manuel Martínez Labarga<sup>9</sup>, Helios Sainz Ollero<sup>10</sup>, Francisco Valle Tendero<sup>11</sup>, Lluís Serra Laliga<sup>12</sup>, Fabián Martínez Hernández<sup>1</sup>, Juan Antonio Garrido Becerra<sup>1</sup> & Francisco Javier Pérez García<sup>1</sup>

1 Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería. Campus Universitario de La Cañada s/n., 04120 Almería, España.

2 Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, España.

3 Departamento de Agricultura y Economía Agraria, Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza, C/Carretera de Cuarte s/n, E-22071 Huesca, España.

4 Generalitat Valenciana, Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda. Centro para la Investigación y Experimentación Forestal. Avda. Comarques del País Valencià 114, 46930 Quart de Poblet, Valencia, España.

5 Departamento de Biología Vegetal, EUIT Agrícola, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, España.

6 Grupo de Sistemas y Recursos Forestales (Área de Recursos Naturales), IFAPA Centro Camino de Purchil (Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía), Camino de Purchil s/n, 18080 Granada, España.

7 Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Ciencias Experimentales, Edificio B-3, Universidad de Jaén, Paraje las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, España.

8 Departamento de Botánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Alcalá de Henares, 28871 Alcalá de Henares, Madrid, España.

9 Departamento de Producción Vegetal, Botánica y Protección Vegetal. EUIT Forestal, Universidad Politécnica de Madrid, Avenida Ramiro Maeztu s/n, 28040 Madrid, España.

10 Departamento de Biología (Botánica), Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, 28049 Madrid, España.

11 Departamento de Botánica, Universidad de Granada, 8071 Granada, España.

12 Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Territori i Habitatge, SS. TT. Delegación de Alicante. C/ Churruca nº 29, 03071 Alicante, España.

### Resumen

#### Correspondencia

J. F. Mota

E-mail: jmota@ual.es

**Recibido:** 2 julio 2009

**Aceptado:** 23 septiembre 2009

**Publicado on-line:** 30 septiembre 2009

La estrecha relación que existe entre determinados tipos de suelo y la flora que crece sobre ellos es conocida desde hace mucho tiempo. Los suelos de yeso son un claro exponente de este vínculo, de manera que determinadas especies vegetales crecen exclusivamente sobre ellos. Esta estrecha relación es conocida como gipsofilia y las especies vegetales en las que es patente son las denominadas gipsófitas. La flora ibérica es rica en gipsófitas, como ya puso de manifiesto Cavanilles en el siglo XVIII. Desde entonces hasta la actualidad, muchos botánicos han ido incrementando la lista de gipsófitas, pero sin que se pueda establecer un catálogo más o menos definitivo de las mismas. Sólo algunas publicaciones que se refieren a la flora de los yesos o a su vegetación, pueden servir a modo de referencia para esbozar un primer catálogo. Esta idea ha servido como base para elaborar un listado inicial de gipsófitas sobre el que se han ido incorporando nuevas especies a partir de datos dispersos en Floras. Sobre este listado se le ha pedido a 12 botánicos expertos en flora gipsófila que emitieran un juicio sobre el grado de preferencia de estas especies por el yeso. Así, se ha valorado el grado de gipsofilia de 140 especies mediante una escala del 1 al 5, de manera que este último valor expresara la preferencia absoluta por el yeso. Si atendemos a los valores de la mediana, unas 50 especies pueden considerarse gipsófitos o gipsófitos preferentes.

**Palabras clave:** gipsofilia, gipsófilo, yeso, flora, suelo.

## Abstract

### *Approximation to the Iberian gypsophytes checklist.*

The close relationship between some kinds of soils and the flora growing on them has been long known. Gypsum soils stand as a prominent example of this relationship, since some plants exclusively grow on gypsum outcrops. Nowadays this close relationship is known as gypsophily and the plant species exhibiting it are called gypsophytes. As Cavanilles already found out in the 18<sup>th</sup> century, the Iberian flora is rich in gypsophytes. From then on many botanists have considerably enlarged the list of gypsophytes. However we still lack a more or less conclusive catalogue of the Iberian gypsophytes. Only some publications dealing with the gypsum flora or vegetation may serve as references for the drafting of a preliminary catalogue. This idea has recently inspired a preliminary list of gypsophytes which has been later enlarged with the addition of new species recorded now and then in a number of specific Floras and other works of a general scope. On the basis of this list, 12 botanists adept at gypsum flora have been asked to rank the liking of these species for gypsum soils. The gypsophilous character of 140 species have been thus ranked on a scale ranging from 1 to 5 (with 5 representing an absolute liking for gypsum soils). According to the median values, some 50 species can be considered as either absolute or preferent gypsophytes.

**Key words:** gypsophily, gypsophile, gypsum, flora, soil.

## Introducción

La gipsofilia o restricción de algunas plantas al yeso es conocida al menos desde el siglo XVIII. Cavanilles (1795-1797) alude a la flora de yesos y menciona varias plantas exclusivas de los mismos como la “xara con escamas” (*Helianthemum squamatum*), el “ononide tridentata” (*Ononis tridentata*) y *Herniaria fruticosa*. También Boissier (1839-1845) y Willkomm (1852) se apercibieron de la peculiaridad de las regiones yesosas. En concreto, este último autor menciona más de 30 plantas “...in gypsaceis argillosisque salsuginosis hispaniae...”. Fuera de España el estudio de la influencia del yeso sobre la flora y la vegetación también tiene lugar en época temprana. Así se pueden citar los trabajos de Contejan (1881), Macchiati (1888, 1891, 1892) y Cockerell & García (1898), por remontarnos al siglo XIX. Aunque fue Reyes Prósper (1915) el primero en utilizar el término “yipsófila”, Johnston (1941) y Parsons (1976) lo afianzaron en el ámbito internacional (gypsophily). Para los vegetales restringidos a este tipo de sustrato se utiliza el sustantivo “gipsófitos” y, para describir su comportamiento, el adjetivo “gipsófilas” (la “g” puede ser sustitui-

da por una “y” en ambos casos). A pesar de todo, los aspectos relacionados con este fenómeno geobotánico, no están completamente esclarecidos (Palacio et al. 2007) y hay varias hipótesis en juego (Parsons, 1976, Merlo et al. 1998). Las fronteras de la gipsofilia pueden llegar a ser tan difusas como para tener dificultades a la hora de establecer qué plantas son verdaderos gipsófitos (Drohan & Mekler 2009). Algo similar ocurre con la flora propia de otros sustratos especiales que causan fenómenos semejantes a los del yeso, como las serpentinas o las dolomías (Mota 2007). Así, Mota et al. (2008) siguieron una metodología basada en el criterio experto para establecer una checklist o lista patrón de la flora exclusiva de las dolomías béticas. Este tipo de catálogos pueden resultar de gran utilidad de cara a la conservación de estos y otros hábitats (Cerrillo et al. 2002, Martínez-Hernández et al. 2009). No hay que olvidar que la “vegetación gipsícola mediterránea” es un hábitat prioritario de la UE ampliamente representado en España (v.gr. Anónimo 1992, Laguna et al. 2003, Bartolomé et al. 2007) y casi exclusivo del mismo si exceptuamos algunas zonas de Italia en las que se presenta muy desdibujado (v.gr. Troia 2002). Además, muchas de las especies que lo integran

están amenazadas (v.gr. Sainz Ollero et al. 1996, Mota et al. 2003a) y protegidas por directivas, leyes internacionales, nacionales o autonómicas así como decretos (Devesa & Ortega 2004, Anónimo 2007, 2009). Se suma a todo ello que existe un conflicto entre la conservación y la explotación de yeso, pues no hay que olvidar que se trata de una roca industrial (Mota et al. 2003b, 2004a, 2004b) y que España es uno de los principales productores del mundo (USGS 2007). Las actividades agrícolas (Pueyo et al. 2008) y el desarrollo urbano también han afectado a los afloramientos de yeso. En no pocos casos se ha menospreciado el valor de estos biotopos con la ubicación de vertederos de residuos sólidos (representan el tipo de sustrato más impermeable en gran parte del territorio español) o con la instalación de otro tipo de infraestructuras. Además estos afloramientos de yeso o aljezares se encuentran distribuidos de forma disjunta y muestran una notable  $\beta$ -diversidad (Martínez-Hernández et al. 2009). Esta circunstancia supone una mayor dificultad a la hora de plantear su conservación que, ineludiblemente, requiere de una red de reservas (Cerrillo et al. 2002). Puesto

que la riqueza y rareza florísticas son argumentos que se han empleado en la selección de reservas (v.gr. Laguna 1998, Sánchez-Gómez et al. 2005) es indudable el interés de establecer un listado de las plantas exclusivas (o casi exclusivas) del yeso.

Así pues, el objetivo de este trabajo fue establecer una checklist o lista de referencia de los gipsófitos ibéricos. Para ello se utilizó, como punto de partida, una amplia lista de taxones elaborada a partir de las referencias bibliográficas sobre este tipo de flora. Esta lista preliminar, complementada con información adicional, se sometió a una exhaustiva revisión siguiendo los criterios metodológicos expuestos en Mota et al. (2008)

## Material y métodos

### Área de estudio

Los yesos españoles se extienden fundamentalmente por la mitad oriental de la Península Ibérica, desde los valles del Duero y del Ebro, en el norte, hasta el valle del Guadalquivir y otros territorios aledaños, en el sur (figura 1). Toda la mese-

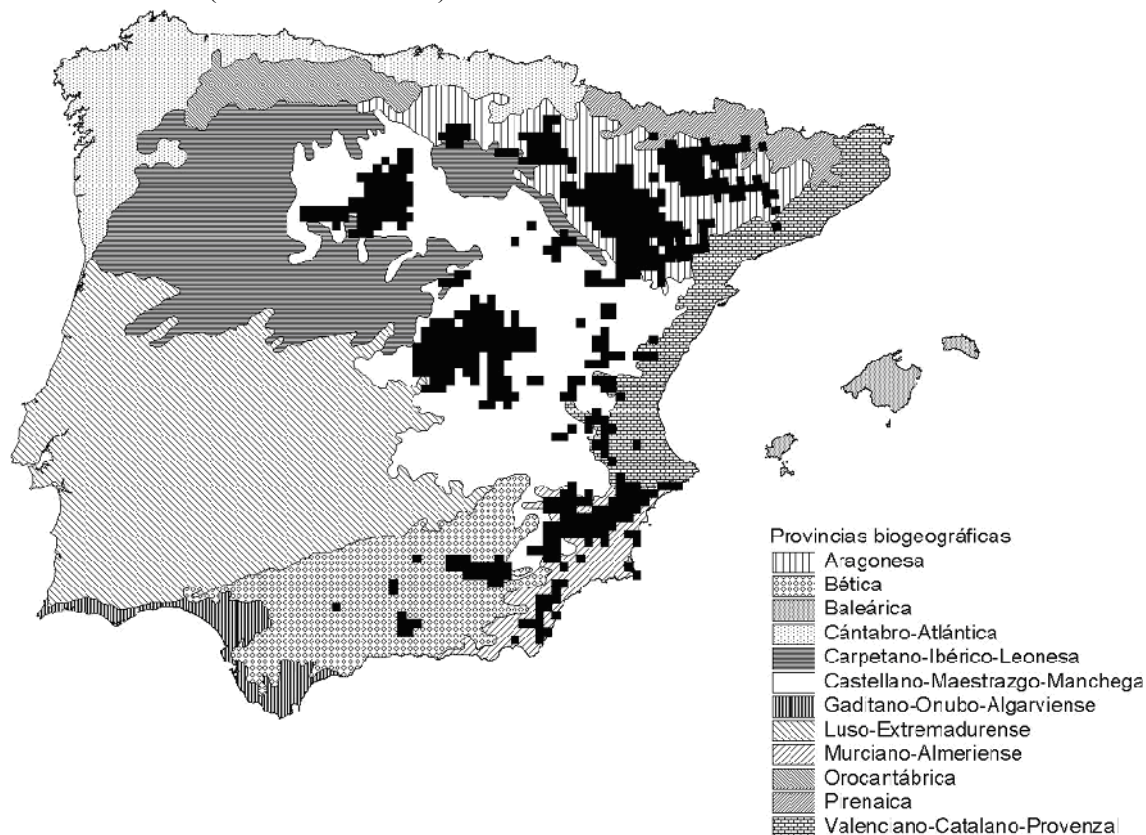


Figura 1. Distribución de la flora y vegetación gipsófilas (zonas en negro) solapada sobre las provincias biogeográficas propuestas por Rivas Martínez (1987)

Figure 1. Iberian distribution of gypsum flora and vegetation (black pattern) overlapped on the biogeographic provinces proposed by Rivas Martínez et al. (1987)

ta ibérica está salpicada de estos afloramientos que se extienden también hacia el levante en zonas litorales y prelitorales de Valencia, Murcia y Andalucía. En conjunto ocupan aproximadamente el 7% del territorio español (Riba & Macau 1962) aunque no siempre se trata de afloramientos de yesos puros ya que abundan también las zonas margo-yesíferas en contacto con saladares (Suárez et al. 1991). La superficie de estos yacimientos es muy variable y si bien hay importantes masas de yeso más o menos continuas, también existen pequeños afloramientos que salpican todo el territorio mencionado. Una de las características más importantes de estos yesares o aljezares es su carácter discontinuo lo que ha motivado que algunos autores consideren interesante su estudio desde una perspectiva biogeográfica como si se tratasen de islas edáficas (Merlo et al. 1998).

Las características geológicas de los yesos ibéricos son variables, dependiendo de la época a la que se remonte su génesis. Los principales yacimientos se formaron en dos periodos geológicos distintos, unos durante el Triásico superior y otros, varios millones de años más tarde durante el Terciario. En los sulfatos Triásicos no se conserva el yeso original (primario), sino fases diagenéticas de anhidrita y yeso secundario (Ortí et al. 1996). Durante el Terciario, las corrientes fluviales recogieron sales y sulfato cálcico de los materiales del Triásico Superior, el Keuper (Meléndez 2004). En el Terciario pueden separarse los yesos que se formaron durante el Neógeno de aquellos que se depositaron en el Paleógeno. Los depósitos terciarios se formaron en cuencas sedimentarias, de extensión variable, rodeadas de montañas. Como ya se ha dicho, en las cuatro grandes cuencas españolas jalonadas por los relieves alpinos, las del Duero, Ebro, Tajo y Guadalquivir, se concentran buena parte de los afloramientos yesíferos (Meléndez 2004), aunque también son abundantes en otras cuencas ibéricas menores (v.gr. cuenca de Murcia, cuenca de Mula, cuenca de Sorbas, cuenca de Guadix-Baza). A diferencia de las otras tres grandes cuencas, la del Guadalquivir se mantuvo comunicada con el océano Atlántico y el mar Mediterráneo hasta finales del Mioceno. El resto de las cuencas tuvo una historia parecida, de manera que su carácter endorreico dio lugar a ambientes palustres. La extensión de estas depresiones fluctuó en función del clima y de los periodos de aridez durante las fases evaporíticas en las que se

acumularon los yesos (Meléndez 2004).

## Método

Siguiendo la metodología empleada por Mota et al. (2008) para elaborar la checklist de plantas vasculares exclusivas de las dolomías béticas, se hizo un primer catálogo de gipsófitos basado en referencias bibliográficas. Así se consideró, en primer lugar, la seminal investigación de Willkomm (1852) sobre las estepas españolas. En esta obra se alude a 32 especies como "...in gypsaceis argillosisque salsuginosis hispaniae...". Unos años más tarde, de Buén (1883) mencionó también una docena de especies que crecen en el yeso, si bien la mayoría recogidas ya por Willkomm. Huguet del Villar (1929) incorporó nuevos gipsófitos y subgipsófitos, en especial entre la flora de los pastizales perennes, vivaces y anuales. Algo más tarde, los estudios fitosociológicos impulsaron el conocimiento de la flora y vegetación de yesos en nuestro país. Fueron trabajos pioneros los de Bellot & Rivas Goday (1942), Rivas Goday (1942) y Bellot (1952). Sería largo relatar el listado de contribuciones que sobre la vegetación gipsófila se han publicado en España hasta la actualidad, pero la mayor parte vienen recogidas en Garrido-Becerra et al. (2004). Así, las especies características de unidades de vegetación exclusivas de los yesos, como la alianza Sedo-Ctenoposion o los matorrales del orden Gypsophiletalia (Rivas Martínez et al. 2002a, 2002b) se integraron en el catálogo provisional de gipsófitos. Alusiones a la presencia sobre yeso de cualquier taxón en floras generales (Castroviejo 1986-2009) o regionales (v.gr. Bolós & Vigo 1984-2002, Mateo 1992, Mateo & Crespo 2009, Laguna et al. 2003, Sánchez-Gómez & Guerra 2007, Serra 2007) así como en monografías, (v.gr. Benedí González 1991) también fueron contempladas en el listado inicial. Completado este primer paso se pidió a 12 expertos en la flora de yesos ibérica que valoraran el grado de gipsofilia de cada especie, utilizando una escala comprendida entre 1 y 5 (Tabla 1), de manera que este último valor reflejara la exclusividad absoluta por el yeso, mientras que el valor mínimo se aplicaba a plantas que rehuyen el yeso o, a lo sumo, pueden encontrarse accidentalmente sobre el mismo.

El grupo de expertos aludidos se identifica con el de coautores de este artículo, con la excepción de los investigadores de la Universidad de Alme-

5	Aquellos taxones estrictamente gipsófitos, es decir, especies que no viven fuera del yeso (salvo de manera ocasional).	Gipsófito estricto
4	Especies con clara preferencia por los yesos y que muy raramente se encuentran fuera de este sustrato.	Gipsófito preferente
3	Especies que viven preferentemente sobre el yeso, aunque pueden hacerlo también sobre otro tipo de sustratos si bien el espectro de suelos sobre los que pueden vivir es reducido. Son taxones que muestran predilección por el yeso o sustratos muy relacionados (v.gr. margas yesíferas, margas, ...).	Subgipsófito Gipsoclino
2	Especies que aunque puedan ser frecuentes y abundantes en los yesos, son capaces de vivir sin aparentes problemas sobre otros tipos de sustratos.	Gipsóvago Gipsóade
1	Especies que viven sobre otros sustratos de manera preferente o indiferente a la naturaleza del mismo ya que son capaces de vivir sobre cualquier tipo de suelo. Se incluyen también especies que rehuyen los suelos yesíferos y cuya presencia allí sólo puede calificarse de accidental.	Accidentales

Tabla 1. Escala empleada para valorar el grado de gipsofilia de los diferentes taxones.

Table 1. Scale ranking for the gypsophilous character of taxa.

ría. En este último caso, y dado que durante años vienen trabajando juntos recorriendo los aljezares ibéricos, se emitió una opinión conjunta que pesó en los análisis como la de un único experto. Se adoptó este procedimiento por entender que no se podían tratar como valoraciones independientes las de un grupo de investigadores con casi idéntica experiencia de campo en los últimos años y que continuamente han intercambiado opiniones sobre la flora de yesos. Como consecuencia de las diferentes perspectivas sobre la flora gipsófila en función de la perspectiva y experiencia previas de cada uno de los expertos (v.gr. Suárez et al. 1991, Merlo et al. 1997, Aizpuru Oyarbide & Catalán 2000, Costa et al. 2000, Domínguez et al. 2001, 2005, Escudero et al. 2005, Serra 2007, De la Cruz et al. 2008, Marchal et al. 2008 y otras referencias citadas en el texto), aparecieron nuevas candidatas a formar parte del listado. Sin embargo, la valoración de estos taxones no se ha llevado a cabo en esta primera aproximación salvo que los taxa fuesen propuestos al mismo tiempo por varios expertos. No obstante, se hará un comentario sobre algunas de estas especies, provisionalmente fuera del listado.

La nomenclatura botánica sigue los volúmenes publicados de *Flora iberica* (Castroviejo 1986-2009) o, en su defecto, la recogida en Rivas Martínez et al. (2002b).

## Resultados

La lista inicial incluyó 140 taxones. De ellos, 5 no fueron valorados por ninguno de los expertos y

coinciden en casi todos los casos con especies o subespecies de dudoso valor taxonómico. El resto de las especies recibió unas 5 valoraciones como media o, lo que es lo mismo, cinco expertos opinaron sobre su grado de gipsofilia. Sólo 4 taxones (*Lepidium subulatum* L., *Helianthemum squamatum* (L.) Dum. Cours., *Herniaria fruticosa* L. y *Ononis tridentata* subsp. *tridentata* L.) fueron valorados por todos los expertos y se encuentran entre los que tienen un mayor grado de gipsofilia con valores para la mediana de 5. Sólo *Lepidium subulatum* fue valorado por los 12 expertos como un gipsófito estricto (valor 5). Otros 7 taxones fueron valorados por tres o más expertos como gipsófitos estrictos (*Ononis tridentata* subsp. *angustifolia*, *Ononis tridentata* L. var. *edentula* Webb in Bourg., *Ononis tridentata* subsp. *crassifolia* (León Dufour ex Boiss.) Nyman, *Centaurea hyssoifolia* Vahl., *Teucrium libanitis* Schreb, *Teucrium turredanum* Losa & Rivas Goday y *Helianthemum alypoides* Losa & Rivas Goday). La media y la mediana para los 140 taxones fueron 3,02 y 3, respectivamente. En total 69 taxones de los 140 obtuvieron valores iguales o por encima de la mediana mientras que en el caso de la media no llegaron a 60. En la tabla 1 se recogen los 69 taxones con valores de 3 o superiores, lo que representa casi el 50% de las especies inicialmente consideradas.

## Discusión y conclusiones

De acuerdo con la escala planteada, las especies con valores por encima de 3 (valor de la mediana)

Taxón	MEDIANA	MEDIA	NOMIN	MAX	MIN	WI	EM	RM
<i>Lepidium subulatum</i> L.	5	5,00	12	5	5	SÍ	SÍ	SÍ
<i>Helianthemum squamatum</i> (L.) Dum. Cours.	5	4,83	12	5	4	SÍ	SÍ	SÍ
<i>Herniaria fruticosa</i> L.	5	4,50	12	5	3	SÍ	SÍ	SÍ
<i>Ononis tridentata</i> L. subsp. <i>tridentata</i>	5	4,50	12	5	3	SÍ	SÍ	SÍ
<i>Gypsophila struthium</i> L. subsp. <i>struthium</i>	5	4,64	11	5	2		SÍ	SÍ
<i>Campanula fastigiata</i> Léon Dufour ex A. DC.	5	4,55	11	5	2		SÍ	SÍ
<i>Teucrium pumilum</i> L.	5	4,63	8	5	2		SÍ	SÍ
<i>Gypsophila struthium</i> L. subsp. <i>hispanica</i> (Willk.) G. López	5	4,50	8	5	2	SÍ	SI	SÍ
<i>Thymus lacaitae</i> Pau	5	4,57	7	5	4		SÍ	SÍ
<i>Ononis tridentata</i> L. subsp. <i>angustifolia</i> (Lange) Devesa & G. López var. <i>angustifolia</i>	5	4,43	7	5	2			
<i>Ononis tridentata</i> L. var. <i>edentula</i> Webb in Bourg.	5	5,00	6	5	5			
<i>Centaurea hyssopifolia</i> Vahl	5	5,00	5	5	5	SÍ	SÍ	SÍ
<i>Teucrium libanitis</i> Schreb.	5	5,00	5	5	5		SÍ	SÍ
<i>Teucrium lepicephalum</i> Pau	5	4,80	5	5	4		SÍ	SÍ
<i>Brassica repanda</i> (Willd.) DC. subsp. <i>gypsicola</i> Gómez Campo	5	4,40	5	5	2			
<i>Chaenorhinum exile</i> (Coss. & Kralik) Lange	5	4,40	5	5	2			SÍ
<i>Gypsophila bermejoi</i> G. López	5	4,20	5	5	2			
<i>Helianthemum marifolium</i> (L.) Mill. subsp. <i>conquense</i> Borja & Rivas Goday ex G. López	5	4,20	5	5	3		SÍ	SÍ
<i>Helianthemum alypoides</i> Losa & Rivas Goday	5	5,00	4	5	5		SÍ	SÍ
<i>Ononis tridentata</i> L. subsp. <i>crassifolia</i> (Léon Dufour ex Boiss.) Nyman	5	5,00	4	5	5		SÍ	SÍ
<i>Teucrium turredanum</i> Losa & Rivas Goday	5	5,00	4	5	5		SÍ	SÍ
<i>Coris hispanica</i> Lange	5	4,75	4	5	4		SÍ	SÍ
<i>Teucrium balthazaris</i> Sennen	5	4,75	4	5	4		SÍ	SÍ
<i>Chaenorhinum reyesii</i> (C. Vicioso & Pau in Pau) Benedí	5	5,00	3	5	5			SÍ
<i>Senecio auricula</i> Bourg. ex Coss. subsp. <i>castellanus</i> Ascaso & Pedrol	5	4,33	3	5	3			
<i>Senecio auricula</i> Bourg. ex Coss. subsp. <i>sicoricus</i> (O. Bolòs & Vigo) Ascaso & Pedrol	5	4,33	3	5	3			
<i>Limonium minus</i> (Boiss.) Erben	5	4,00	3	5	2			
<i>Astragalus oxyglottis</i> M. Bieb.	5	5,00	2	5	5			
<i>Hedysarum boveanum</i> Bunge ex Basiner subsp. <i>palentinum</i> Valdés	5	5,00	2	5	5			SÍ
<i>Limonium lobeticum</i> Erben	5	5,00	2	5	5			
<i>Reseda stricta</i> Pers. subsp. <i>funkii</i> (Willk.) Losa & Rivas Goday	5	5,00	2	5	5			SÍ
<i>Ctenopsis gypsophila</i> (Hack.) Paunero	4,5	4,00	4	5	2		SÍ	SÍ
<i>Limonium mansanetianum</i> M.B. Crespo & Lledó	4,5	4,50	2	5	4			
<i>Moricandia moricandioides</i> (Boiss.) Heywood subsp. <i>cavanillesiana</i> (Font Quer & A. Bolòs) Greuter & Burdet	4,5	4,50	2	5	4			
<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>gypsicola</i> G. Mateo & V.J. Arán	4,5	4,50	2	5	4			SÍ

Tabla 2. Checklist de los gipsófitos ibéricos. Las columnas con abreviaturas RM (Rivas Martínez et al. 2002b), EM (Merlo et al. 1998), WI (Willkomm 1852), indican si los taxones de la tabla habían sido referidos como gipsófitos o no en la correspondiente obra.

Table 2. Checklist of Iberian gypsophytes. Last three abbreviations meaning: Referred or not as gypsophytes by RM (Rivas Martínez et al. 2002b), EM (Merlo et al. 1998), WI (Willkomm 1852).

Taxón	MEDIANA	MEDIA	NOMIN	MAX	MIN	WI	EM	RM
<i>Launaea pumila</i> (Cav.) Kuntze	4	3,64	11	5	2	SÍ	SÍ	SÍ
<i>Reseda suffruticosa</i> Loefl. ex Koelp. in Loefl.	4	3,90	10	5	2		SÍ	
<i>Reseda stricta</i> Pers. subsp. <i>stricta</i>	4	4,11	9	5	2			
<i>Koeleria vallesiana</i> (Honck.) Gaudin subsp. <i>castellana</i> (Boiss. & Reut.) Domin	4	3,86	7	5	2		SÍ	SÍ
<i>Lepidium cardamines</i> L.	4	3,86	7	5	2			
<i>Vella pseudocytisus</i> L. subsp. <i>pseudocytisus</i>	4	3,29	7	4	2			SÍ
<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaertn. subsp. <i>pectinatum</i> (M.Bieb.) Tzvelev	4	3,20	5	4	2		SÍ	
<i>Santolina viscosa</i> Lag.	4	3,67	3	5	2		SÍ	SÍ
<i>Chaenorhinum grandiflorum</i> (Coss.) Willk. subsp. <i>grandiflorum</i>	4	4,00	2	5	3		SÍ	SÍ
<i>Limonium cofrentanum</i> Erben	4	4,00	2	5	3			
<i>Senecio auricula</i> Bourg. ex Coss. subsp. <i>auricula</i>	3,5	3,30	10	5	1			
<i>Ferula loscosii</i> (Lange) Willk.	3,5	3,38	8	5	2			
<i>Vella pseudocytisus</i> L. subsp. <i>pau</i> Gómez Campo	3,5	3,50	4	5	2		SÍ	
<i>Limonium thiniense</i> Erben	3,5	3,00	4	4	1			
<i>Euphorbia minuta</i> Loscos & J. Pardo subsp. <i>molei</i> P. Monts. & Ferrández	3,5	3,50	2	4	3			SÍ
<i>Limonium aragonense</i> (Debeaux) Font Quer	3,5	3,50	2	4	3		SÍ	
<i>Frankenia thymifolia</i> Desf.	3	3,36	11	5	2	SÍ	SÍ	
<i>Jurinea pinnata</i> (Lag.) DC.	3	3,22	9	5	2	SÍ	SÍ	SÍ
<i>Gypsophila tomentosa</i> L.	3	3,00	9	5	2	SÍ		
<i>Ziziphora hispanica</i> L.	3	2,67	9	4	1	SÍ		
<i>Reseda barrelieri</i> Bertol. ex Müll. Arg. var. <i>barrelieri</i>	3	3,14	7	5	2			
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.) Gueldenst.	3	3,40	5	5	2			
<i>Limonium supinum</i> (Girard) Pignatti	3	3,25	4	5	2		SÍ	
<i>Thymus loscosii</i> Willk. in Willk. & Lange	3	3,00	4	4	2			
<i>Nepeta beltranii</i> Pau	3	2,75	4	4	1			
<i>Boleum asperum</i> (Pers.) Desv.	3	3,33	3	5	2			SÍ
<i>Arenaria cavanillesiana</i> (Font Quer & Rivas Goday) Nieto Fel.	3	3,33	3	4	3		SI	SÍ
<i>Fumaria faurei</i> (Pugsley) Lidén	3	2,67	3	4	1			
<i>Moricandia moricandioides</i> (Boiss.) Heywood subsp. <i>giennensis</i> Valdés Berm.	3	3,00	2	4	2			
<i>Sideritis fruticulosa</i> Pourr.	3	3,00	2	4	2			
<i>Arenaria favargerii</i> (Nieto Fel.) G. López & Nieto Fel.	3	3,00	1	3	3			
<i>Limonium subglabrum</i> Erben	3	3,00	1	3	3			
<i>Limonium viciosoi</i> (Pau) Erben	3	3,00	1	3	3			
<i>Reseda barrelieri</i> Bertol. ex Müll. Arg. var. <i>sessiliflora</i> (Pau) Valdés Berm.	3	3,00	1	3	3			

Tabla 2 (Continúa). Checklist de los gipsófitos ibéricos. Las columnas con abreviaturas RM (Rivas Martínez et al. 2002b), EM (Merlo et al. 1998), WI (Willkomm 1852), indican si los taxones de la tabla habían sido referidos como gipsófitos o no en la correspondiente obra.

Table 2 (Continue). Checklist of Iberian gypsophytes. Last three abbreviations meaning: Referred or not as gypsophytes by RM (Rivas Martínez et al. 2002b), EM (Merlo et al. 1998), WI (Willkomm 1852).

pueden ser consideradas como gipsófitos. Teniendo en cuenta que la valoración ha empleado una escala cuantitativa, pero discontinua, la mediana es más apropiada que la media para fijar un umbral a partir del cual una especie pueda considerarse una gipsófita. La tabla 2 recoge todos los taxones con valores superiores o iguales a la mediana. De las especies allí incluidas, 51 tienen valores de la mediana iguales o superiores a 3,5 y lo mismo ocurre casi en todos los casos para la media. Este puede ser un buen criterio para calificar a una especie como gipsófita, es decir, con valores superiores de la mediana por encima del valor general, en este caso 3.

De los 42 taxones que Rivas Martínez et al. (2002b) consideran característicos de los pastos anuales (*Sedo-Ctenopson gypsophylae* Rivas Goday & Rivas Martínez ex Izco 1974) o de los matrales (*Gypsophiletalia* Bellot & Rivas Goday in Rivas Goday et al. 1957) sobre yeso, 32 están incluidos en la tabla 2. Ahora bien, si aplicamos el criterio restrictivo de la mediana  $> 3$  entonces serían sólo 29 los considerados gipsófitos. Si realizamos la misma comparación con el listado ofrecido por Merlo et al. (1998), de los 41 taxa considerados como gipsófitos, 26 aparecen en la tabla 2; sin embargo, 4 de ellos tienen valores de la mediana de 3. En el caso de Willkomm (1852) la comparación es más difícil de hacer. Interpretando que de las plantas que este autor catalogó sólo pueden ser consideradas como gipsófitos aquellas a las que refirió como propias de terrenos con yesos y arcillas al tiempo que salsuginosos, entonces sólo un tercio de las especies mencionadas por el citado autor están contempladas en la tabla 2.

Algunas plantas que han sido consideradas como gipsófitas por otros autores, no están incluidas en la tabla 2 por presentar valores de la mediana inferiores a 3. Por citar algunos ejemplos, ya mencionados incluso por Willkomm (1852), cabe mencionar a *Iberis saxatilis* L. subsp. *cinerea* (Poir.) Font Quer, *Sedum gipsicola* Boiss. & Reut., *Centaurium quadrifolium* (L.) G. López & C.E. Jarvis o *Launaea fragilis* (Asso) Pau. Otras especies han quedado fuera por ser de descripción relativamente reciente, como *Limonium mateoi* Erben & Arán o *Phelipanche georgii-reuteri* Car-lón et al. o por requerir, en nuestra opinión, una revisión taxonómica previa, como es el caso de *Trisetum loeflingianum* (L.) C. Presl.

Si se examina con detalle la tabla 2, poniendo

atención en aquellos taxones que no han sido previamente contemplados como gipsófitos por Willkomm (1852), Merlo et al. (1998) o Rivas Martínez et al. (2002b), es notorio que muchos podrían ser incluidos en las categorías halo-tióforos o halo-gipsófitos empleadas por Duvigneud & Denaeyer-De Smet (1968), Denaeyer-De Smet (1970) y Merlo et al. (2001). Es el caso de varias especies del género *Limonium*, *Krascheninnikovia ceratoides* o *Senecio auricula* s.l. Futuros intentos de evaluar el grado de gipsofilia en plantas tal vez deban tener muy en cuenta esta circunstancia a la hora de establecer la categoría aquí denominada "subgipsófitos". La separación entre flora halófila y gipsófila, aunque planteada y comprendida desde hace mucho tiempo atrás (v.gr. Huguet del Villar 1929) no siempre es fácil de establecer. En muchos territorios, el modelo cresta-ladera-valle conduce a un estrecho contacto entre ambos tipos de vegetación (v.gr. Rivas Martínez & Costa 1970, Guerrero-Campo et al. 1999) y dificulta la separación categórica de gipsófitos y halófitos.

## Agradecimientos

Para la realización de este trabajo, los investigadores de la Universidad de Almería han contado con la financiación, a través de un Proyecto de Excelencia (RNM 3217), de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía.

## Referencias

- Aizpuru Oyarbide I & Catalán P. 2000. Aportación al conocimiento de la flora y vegetación de los yesos de Navarra. En Congreso de Botánica en homenaje a Francisco Loscos (Actas). Alcañiz 1986. Teruel: Inst. Estudios Turolenses, Excma. Diput. Prov. de Teruel, pp. 653-663
- Anónimo. 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres.
- Anónimo. 2007. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Anónimo. 2009. Decreto 70/2009, de 22 de mayo, del Consell, por el que se crea y regula el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas y se regulan medidas adicionales de conservación.
- Bartolomé C, Álvarez J, Vaquero J, Costa M, Casermeiro MA, Giraldo J & Zamora J. 2005. Los tipos de hábitat de interés comunitario de España: guía básica. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente.



- Bellot F. 1952. Propuesta de un nuevo orden para el círculo de vegetación mediterráneo: *Gypsophiletalia* ord. nov. prov. incluíble en la clase *Ononido-Rosmarinetea* Br.- Bl. *Trabajos Jardín Botánico*, Santiago de Compostela 5: 3-14.
- Bellot F & Rivas Goday S. 1942. Acerca de las regiones naturales de la provincial de Madrid. *Rev. Univ. Madrid (Farmacia)* 2: 57-81.
- Benedi González C. 1991. Taxonomía de *Chaenorhinum rubrifolium* aggr. (Scrophulariaceae) en el área mediterránea occidental. *Collectanea Botanica* 20: 35-77.
- Boissier PÉ. 1839-1845. *Voyage botanique dans le midi de l'Espagne*, 2 vols. Paris.
- Bolòs O & Vigo J. 1984-2001. *Flora dels Països Catalans*. 4 vols. Barcelona: Ed. Barcino.
- Castroviejo S et al. (ed.) 1986-2008. *Flora Iberica*, vols. I-VIII, X, XIII-XV, XVIII, XXI. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- Cavanilles AJ. 1795-1797. *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia*. Madrid.
- Cerrillo MI, Dana E, Castro H, Rodríguez-Tamayo ML & Mota JF. 2002. Selección de áreas prioritarias para la conservación de flora gipsícola en el sureste de la Península Ibérica. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 395-408.
- Cockerell TD & García F. 1898. Preliminary Note on the Growth of Plants in Gypsum. *Science* 8(187): 119-121
- Contejan C. 1881. *Géographie botanique: Influence du terrain sur la végétation*. Paris: Librairie J. B. Baillere et fils.
- Costa Tenorio M, Morla Juaristi C & Sainz Ollero H. 2000. Fitoecología y corología de *Krascheninnikovia ceratoides* en el valle del Ebro. En *Congreso de Botánica en homenaje a Francisco Loscos (Actas)*. Alcañiz 1986. Teruel: Inst. Estudios Turcolenses, Excma. Dip. Prov. de Teruel, pp. 497-511
- De Buen O. 1883. Apuntes geográfico-botánicos sobre la zona central de la Península Ibérica. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 12: 421-440.
- De la Cruz M, Romao RL, Escudero A & Maestre F. 2008. Where do seedlings go? A spatio-temporal analysis of seedling mortality in a semi-arid gypso-phyte. *Ecography* 31: 720-730.
- Denaeyer-De Smet S. 1970. Note on the chemical composition of salts secreted by various gypsohalophytic species of Spain. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique* 103: 273-278.
- Devesa JA & Ortega A. 2004. Especies vegetales protegidas en España: plantas vasculares (Península Ibérica y Baleares). Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente.
- Domínguez F, Franco Múgica F, Galicia D, Moreno Saiz JC, Orueta D, Sainz Ollero H & Blasco J. 2001. *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst. (Chenopodiaceae) en Aragón (España): algunos resultados de su plan de conservación. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)* 96(3-4): 15-26.
- Domínguez F, Moreno Saiz JC & Sainz Ollero H. 2005. Biological properties of the endemic and threatened shrub in Iberia *Vella pseudocytisus* subsp. *pau* Gómez Campo (Cruciferae) and implications for its conservation. *Journal for Nature Conservation* 13: 17-30.
- Drohan PJ & Merkle DJ. 2009. How do we find a true gypsophile? *Geoderma* 150 (1-2): 96-105.
- Duvigneaud P & Denaeyer-De Smet S. 1968. Essai de classification chimique (elements mineraux) des plantes gypsicolas du Bassin de l'Ebre. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique* 101: 279-291.
- Escudero A, Romao R, De la Cruz M & Maestre FT. 2005. Spatial pattern and neighbor effects on *Helianthemum squamatum* seedlings in a semiarid Mediterranean gypsum community. *Journal of Vegetation Science* 16: 383-390.
- Garrido Becerra JA, Martínez-Hernández F & Mota JF. 2004. Biogeografía y conservación en las comunidades vegetales en yeso de la Península Ibérica (Orden *Gypsophiletalia* Bellot & Rivas Goday in Rivas Goday & al. 1957). En *Biología de la Conservación, reflexiones, propuestas y estudios desde el S.E. Ibérico* (Peñas de Giles J & Gutierrez L, eds.), pp. 219-234.
- Guerrero-Campo J, Alberto F, Hodgson J, García-Ruiz JM & Montserrat-Martí G. 1999. Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. I. Interactions with topographic factors and soil erosion. *Journal of Arid Environments* 41: 401-410.
- Huguet del Villar E. 1929. *Geobotánica*. Barcelona: Labor.
- Johnston IM. 1941. Gypsophily among Mexican desert plants. *Journal of the Arnold Arboretum* 22: 145-170.
- Laguna E, Crespo MB, Mateo G, López Udías S, Fabregat C, Serra L, Herrero-Borgoñón JJ, Carretero JL, Aguilera A & Figuerola R. 1998. Flora endémica, rara o amenazada de la Comunidad Valenciana. València: Generalitat Valenciana, Conselleria de Medi Ambient.
- Laguna E, Deltoro V, Fos S, Pérez Rovira P, Ballester G, Olivares A, Serra L & Pérez Botella J. 2003. Hábitats prioritarios de la Comunidad Valenciana. València: Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge.
- Macchiati L. 1888. Contribuzione alla flora del gesso. *Nuevo Giornale Botanico Italiano* 20: 418-422.
- Macchiati L. 1891. Seconda contribuzione alla flora del gesso. *Nuevo Giornale Botanico Italiano* 23: 171-175.
- Macchiati L. 1892. Contribuzione alla flora del gesso. *Nuevo Giornale Botanico Italiano* 24: 120-122.
- Marchal FM, Lendínez ML, Salazar C & Torres JA. 2008. Aportaciones al conocimiento de la vegetación gipsícola en el occidente de la provincia de Granada (sur de España). *Lazaroa* 29: 95-100.
- Martínez-Hernández F, Medina-Cazorla JM, Mendoza A, Pérez-García FJ, Sánchez-Gómez P, Garrido-Becerra JA, Gil de Carrasco C & Mota JF. 2009. Preliminary essay on the chorology of the Iberian gypsico-

- lous flora: rarity and richness of the gypsum outcrops. *Acta Botanica Gallica* 156: 9-18.
- Mateo G. 1992. Claves para la flora de la provincia de Teruel. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses.
- Mateo G & Crespo MB. 2009. Manual para la determinación de la flora valenciana. 2ª ed. Alicante: Librería Compás.
- Meléndez I. 2004. Geología de España. Madrid: Editorial Rueda.
- Merlo ME, Cabello J, Márquez M, Alemán MM. 1997. On the germination of plants on gypseous soils in relation to the medium calcium content. En *Island High Mountain Veg. Biodiv. Bioclimate Conserv. Serie Informes* 40. Tenerife: Servicio de Publicaciones, Universidad de La Laguna, pp. 195-206.
- Merlo ME, Mota JF, Cabello J & Alemán MM. 1998. La gipsofilia en plantas: un apasionante edafismo. *Investigación y Gestión* 3: 103-112.
- Merlo ME, Rodríguez-Tamayo ML, Jiménez ML, Mota JF. 2001. Recapitulación sobre el comportamiento biogeográfico de algunos gipsófitos y halófitos ibéricos. *Monografías de Flora y Vegetación Béticas* 12: 77-95.
- Mota JF. 2007. Vegetación de escarpes, gleras y rocas. En G. Blanca & F. Valle (eds.) *Proyecto Andalucía. Tomo XXIV, Botánica V*. Sevilla: Publicaciones Comunitarias, pp. 139-162
- Mota JF, Cueto M & Merlo ME (eds.). 2003a. Flora amenazada de la provincia de Almería: una perspectiva desde la Biología de la Conservación. *Monografías Ciencia y Tecnología* 21. Almería: Universidad de Almería.
- Mota JF, Medina-Cazorla JM, Bruno F, Pérez-García FJ, Pérez-Latorre A, Sánchez-Gómez P, Torres JA, Benavente A, Blanca G, Gil de Carrasco C, Lorite J & Merlo ME. 2008. Dolomite flora of the Baetic Ranges glades (South Spain). *Flora* 203: 359-375.
- Mota JF, Sola AJ, Dana ED & Jiménez-Sánchez ML. 2003b. Plant succession in abandoned gypsum quarries in SE Spain. *Phytocoenologia* 33: 13-28.
- Mota JF, Sola AJ, Jiménez-Sánchez ML, Pérez-García FJ & Merlo ME. 2004a. Gypsicolous flora, conservation and restoration of quarries in the southeast of the Iberian Peninsula. *Biodiversity and Conservation* 13: 1797-1808.
- Mota JF, Sola AJ, Jiménez-Sánchez ML, Pérez-García FJ & Merlo ME. 2004b. Gypsophilous flora and quarries: some remarks on the preservation and restoration of gypsum outcrops. *Ecología Mediterránea* 30: 107-109.
- Ortí F, García-Veigas J, Rosell L, Jurado MJ, Utrilla R. 1996. Formaciones salinas de las cuencas triásicas en la Península Ibérica: caracterización petrológica y geoquímica. *Cuadernos de Geología Ibérica* 20: 13-35.
- Palacio S, Escudero A, Montserrat-Martí G, Maestro M, Milla R & Albert MJ. 2007. Plants Living on Gypsum: Beyond the Specialist Model. *Annals of Botany*. 99:333-343.
- Parsons RF. 1976. Gypsophily in plants-a review. *The American Midland Naturalist* 96:1-20.
- Pueyo Y, Alados CL, Barrantes O, Komac B, Rietkerk M. 2008. Differences in gypsum plant communities associated with habitat fragmentation and livestock grazing. *Ecological Applications* 18: 954-964.
- Reyes Prósper E. 1915. Las estepas de España y su vegetación. Madrid.
- Riba O & Macau F. 1962. Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España. I Coloquio Internacional sobre Obras Públicas en los terrenos Yesíferos. Madrid: Servicio Geológico de Obras Públicas.
- Rivas Goday S. 1942. Observaciones edafo-ecológicas en la flora de la provincia de Madrid. *Anales del Instituto Español de Edafología y Fisiología Vegetal* 1: 273-294.
- Rivas-Martínez S (1987) Memoria del mapa de series de vegetación de España. Serie técnica ICONA. Madrid.
- Rivas-Martínez S & Costa M. 1970. Comunidades gipsícolas del centro de España. *Anales del Instituto Botánico A. J. Cavanilles* 27: 193-224.
- Rivas-Martínez S, Díaz TE, Fernández-González F, Izco J, Loidi J, Lousã M & Penas A. 2002a. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotánica* 15(1): 1-432.
- Rivas-Martínez S, Díaz TE, Fernández-González F, Izco J, Loidi J, Lousã M & Penas A. 2002b. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotánica* 15(2): 433-922.
- Sainz Ollero H, Franco Múgica F & Arias Torçal J. 1996. Estrategias para la conservación de la flora amenazada de Aragón. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie: Conservación. Diputación General de Aragón.
- Sánchez-Gómez P & Guerra J (eds.). 2007. Nueva flora de Murcia. Plantas vasculares. 2 ed. Murcia: DM.
- Sánchez-Gómez P, Guerra J, Rodríguez E, Vera JB, López JA & Fernández S. 2005. Lugares de interés botánico de la Región de Murcia. Murcia: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Dirección General del Medio Natural, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- Serra L. 2007. Estudio crítico de la flora vascular de la provincia de Alicante: aspectos nomenclaturales, biogeográficos y de conservación. *Ruizia* 19: 7-1414.
- Suárez F, Sainz Ollero H, Santos T & González Bernáldez F. 1991. Las estepas ibéricas. Unidades temáticas ambientales. MOPT.
- Troia A. 2002. La flora gipsicola. Aspetti biologici ed ecologici delle piante che vivono sul gesso. Palermo: Assessorato Territorio e Ambiente Regione Siciliana & Club Alpino Italiano.
- USGS (United States Geological Survey). 2007. 2006 Mineral Year Book. Gypsum.
- Willkomm M. 1852. Die strand-und steppengebiete der iberischen halbinsel und deren vegetation. Leipzig.