FLORA DEL PIRINEO ARAGONÉS. PATRONES ESPACIALES DE BIODIVERSIDAD Y SU RELEVANCIA PARA LA CONSERVACIÓN

M. B. GARCÍA¹ & D. GÓMEZ²

*1 Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC. Apdo. 1005; 50080 Zaragoza (Spain)
c.e.: mariab@ipe.csic.es*

2 Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC. Apdo. 64; 22700 Jaca (Spain)

ABSTRACT.— *A preliminary analysis of the distribution of vascular plants in the central Pyrenees is presented. The study area comprises two biogeographical regions (eurosiberian and mediterranean), and 3000 meters of altitudinal range (from 400 to 3400). A total of 2620 taxa have been recorded (103 endemics of the Pyrenees, 10 located exclusively in the study area) from 150000 records of presence/absence. They represent a third of the Iberian flora in just 3% of the spanish iberian territory. Of them, 6.5% are rare, and 7% are aliens. Grasslands, in particular those above the timberline, are the richest habitats in terms of number of species. Wetlands and tall herb fringe communities, as well as cliffs and screes, however, stand out when taking into account the extension of habitats. More than half of the plants can be found between 1000-1300 m.a.s.l., and only 17% in very well preserved habitats. These later ones shelter plants of highest interest from a taxonomic, biogeographic, and conservation point of view. Protected areas constitute 34% of the studied territory, and contain more than 90% of the flora, endemisms, and rare plants, as well as 80% of the localities of endangered species. Surprisingly, however, only 22% of "rare" plants are also catalogued as "endangered", suggesting that the Regional Catalogue of Endangered species should be reviewed.*

Key words: Habitat extension, Protected areas, rare plants, catalogued plants, altitude, species density.

RÉSUMÉ.— *On présente une analyse sur la distribution de la biodiversité des plantes vasculaires aux Pyrénées de l'Aragon. Le secteur d'étude est situé au centre de la cordillère, entre les régions biogéographiques euro-sibérienne et méditerranéenne, avec une différence altitudinale de 3.000 mètres (400-3.400 m). Les 2.620 taxons enregistrés (103 endémismes pyrénéens, 10 d'entre eux exclusifs de la zone*

d'étude) à partir de 150.000 données de présence/absence, supposent plus d'un tiers du total de la flore ibérique dans presque le 3% du territoire national péninsulaire. On peut considérer le 6.5% comme des plantes rares, tandis que 7% sont alóctones et se trouvent dans des milieux très altérés. Les pâturages, spécialement les supraforestières, se montrent comme les habitats avec la plus grande richesse spécifique. Cependant, si on prend en considération la disponibilité de surface, la plus grande densité de taxons se trouve dans les zones humides et les megaforbiae, ainsi que dans les rochers et éboulis rocheux. Plus de la moitié de la flore est représentée entre 1.000-1.300 m d'altitude, mais le 17 % est localisé uniquement dans des habitats très bien conservés. Ces derniers, toutefois, contiennent des plantes de valeur importante par leur degré de menace, singularité taxonomique ou par l'intérêt biogéographique des populations. Le 34% de la surface des Pyrénées aragonaises possède une certaine protection officielle et contient au moins un 90% de l'ensemble de la flore, des endémismes et de la flore rare, ainsi que un 80% de la flore cataloguée. Néanmoins il existe uniquement une coïncidence du 22% entre taxons catalogués et taxons rares, ce qui suggère la nécessité de re-évaluer le Catalogue Régional d'Espèces Menacées.

Mots clés: Disponibilité habitats, espaces protégés, espèces rares et cataloguées, altitude, densité d'espèces.

RESUMEN.— Se presenta un análisis de la distribución de la biodiversidad de plantas vasculares en el Pirineo aragonés. El área de estudio se sitúa en el centro de la cordillera, entre las regiones biogeográficas eurosiberiana y mediterránea, y muestra un desnivel altitudinal de 3.000 metros (400-3.400). Los 2.620 taxones registrados (103 endemismos pirenaicos, 10 de ellos exclusivos de la zona de estudio) a partir de unos 150.000 datos de presencia/ausencia, suponen más de un tercio de la flora total ibérica en apenas un 3% del territorio nacional peninsular. El 6,5% se pueden considerar plantas raras, mientras que el 7% son alóctonas y se sitúan en ambientes muy alterados. Los pastos, especialmente los supraforestales, se muestran como los hábitats con mayor riqueza específica. No obstante, si se tiene en cuenta la disponibilidad de superficie, destacan en densidad de taxones los humedales y megaforbios, así como roquedos y canchales. Más de la mitad de la flora se encuentra representada entre los 1.000-1.300 m de altitud, y tan solo el 17% se localiza en hábitats muy bien conservados. Estos últimos, sin embargo, contienen plantas de elevado valor por su grado de amenaza, singularidad taxonómica, o el interés biogeográfico de sus poblaciones. La superficie del Pirineo aragonés con alguna consideración oficial de protección supone el 34% y contiene al menos un 90% del conjunto de la flora, de los endemismos pirenaicos, y de la flora rara, así como un 80% de las localidades de flora catalogada. Sólo existe un solapamiento del 22% entre taxones catalogados y raros, lo que sugiere la necesidad de reevaluar el Catálogo Regional de Especies Amenazadas.

Palabras clave: Disponibilidad de hábitats, espacios protegidos, especies raras y catalogadas, altitud, densidad de especies.

1. Introducción

La cordillera pirenaica, uno de los grandes macizos montañosos europeos, se extiende a lo largo de 400 km de longitud y 80 de anchura. En Aragón, donde se sitúan 180 km de la cadena, el Pirineo abarca una superficie de 13.225 km² (tomando como límite altitudinal inferior los 400 m), y alcanza su cota más alta en los 3404 m del Aneto. En este territorio pueden distinguirse de forma simplificada dos alineaciones montañosas paralelas: por un lado el Pirineo Axial con las Sierras Interiores, donde se encuentran los picos más elevados, y por otro las Sierras Exteriores (Sierras de Loarre, Javierre, Gabardiella, Guara, Olsón y Mongay), con la mayor parte de sus cotas situadas entre los 1.000 y 1.500 m, sobrepasando incluso los 2.000 en las cumbres más altas. Las características geográficas, geológicas, edáficas y climáticas han sido descritas numerosas veces y pueden consultarse en diferentes estudios e incluso en otros artículos de esta misma publicación. Basta simplemente recordar ahora la intrincada topografía y la variación de sustratos geológicos, suelos y climas sintetizada en VILLAR *et al.* (1997), lo que unido a los históricos cambios climáticos y geológicos, y a una intensa aunque heterogénea intervención humana, permite explicar la abundancia de ambientes y la notable diversidad biológica, en particular de flora vascular, en el ámbito del continente europeo. Por otra parte, hay que destacar la situación de la cordillera desde un punto de vista biogeográfico y climático, al localizarse entre la Región Eurosiberiana y la Mediterránea, lo que sin duda influye en que el Pirineo central constituya un “punto caliente” de diversidad en Europa. Además, cabe recordar que la Región Mediterránea, de la que el Pirineo constituye su límite nororiental en la Península Ibérica, es uno de los 25 “hot-spots” o áreas que, a nivel planetario, albergan una alta biodiversidad (COWLING *et al.* 1996, <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/mediterranean/>) y por lo tanto es un objetivo prioritario en la investigación y gestión de la conservación.

Los estudios botánicos detallados realizados durante décadas en distintos valles del Pirineo, junto a los recientes trabajos de recopilación florística del macizo montañoso en Aragón (VILLAR *et al.*, 1998, 2002) y del conjunto de esa región (GÓMEZ *et al.*, 2005), permiten abordar el análisis de la flora vascular para conocer sus patrones de distribución espacial, lo que a su vez resulta fundamental para elaborar medidas para su gestión con criterios científicos. En este trabajo exponemos algunos de esos patrones generales para el conjunto de la flora vascular inventariada, teniendo en cuenta la rareza de las especies, y su distribución en altitud y hábitats. Por último, evaluamos la idoneidad de los espacios protegidos existentes en relación con la conservación de la flora catalogada y rara del territorio.

2. Procedencia de los datos y métodos utilizados

El inventario de la flora pirenaica en Aragón se sustenta de forma primordial en los datos almacenados en el Herbario JACA. Incluye, además de pliegos de herbario (alrededor de 120.000), citas bibliográficas procedentes de numerosas publicaciones (22.000; http://www.ipe.csic.es/floragon/inf_bibliografia.php), y anotaciones de campo (8.000) realizadas en catálogos florísticos y estudios de vegetación inéditos. La mayor parte de esos 150.000 datos han sido obtenidos en las últimas cinco décadas. Como sucede en cualquier territorio, el conocimiento florístico es heterogéneo, por lo que se dispone tanto de zonas con alta densidad de datos (por ejemplo el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Cotiella, San Juan de la Peña, los Valles occidentales, Montes de Oroel y San Juan de la Peña, Peña Montañesa, Turbón, Cinca Medio, así como algunos montes del Alto Valle del Cinca y Esera), como otras con un grado de prospección todavía deficiente (algunas partes de Valle de Tena, del Sobrarbe y La Ribagorza). A pesar de que en los últimos cinco años se han realizado prospecciones dirigidas específicamente a zonas poco visitadas por su escaso interés botánico, es comprensible que todavía sea necesario dedicar nuevos esfuerzos debido a la extensa superficie y el todavía difícil acceso a amplias zonas de estas montañas. Existe, por tanto, un cierto sesgo en los datos disponibles, en parte por el distinto grado de accesibilidad en el terreno, y en parte por la tendencia en muchas prospecciones botánicas de una mayor recolección de las plantas más raras respecto a las más comunes. Con todo, consideramos suficiente y representativo el número de datos para los objetivos planteados en esta recapitulación de la flora.

Las cifras referentes al número de taxones en distintos hábitats, altitudes, y zonas protegidas, han sido obtenidas de la base de datos del Herbario JACA (<http://www.ipe.csic.es/floragon>), considerando su presencia en cuadrículas U.T.M. de 10 km de lado. Se han definido como "plantas raras" las que están presentes en un máximo de 3 cuadrículas, lo que supone el 2,2% del conjunto del territorio. Las comunes, por el contrario, son las que se encuentran en al menos la mitad del total de cuadrículas. Las plantas denominadas "catalogadas" son las que figuran en el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (ANÓNIMO, 1995).

Para explorar la distribución de las plantas en los diferentes ambientes, cada taxon se ha vinculado a uno o varios de los 8 grandes hábitats que hemos considerado representativos del Pirineo, sintetizados a partir de los utilizados en la cartografía CORINE (2000) disponible para Aragón (bosques, matorrales, pastos, humedales, roquedos y canchales, medios acuáticos, megaforbios, medios ruderales y arvenses). Mediante un Sistema de

Información Geográfica (SIG) se ha calculado la superficie ocupada por cada uno de ellos. Hay que señalar la dificultad de vincular algunas de las unidades de la cartografía con las utilizadas habitualmente en los estudios de flora. Algunas de éstas últimas, con una clara identidad ecológica como son los megaforbios, no existen en esa cartografía. En otros casos, algunas comunidades naturales no se han podido separar de las de origen antrópico (por ejemplo los pinares de repoblación de los bosques aciculifolios).

La naturalidad de una comunidad o un hábitat indicaría el grado de independencia respecto a la influencia humana (MARGULES & USHER, 1981). Con este criterio hemos definido el grado de naturalidad de los hábitats considerados en cuatro niveles (desde los muy perturbados a los casi prístinos) siguiendo una escala basada en LOIDI (1994) que refleja la distancia de cada tipo de vegetación al que constituiría su mayor grado de evolución.

Finalmente, todos los espacios protegidos (Parque Nacional, Parque Natural, Paisaje Protegido, Monumento Natural, LICs y ZEPAs) fueron cartografiados mediante GIS con el objetivo de poder cuantificar la riqueza específica y la presencia de plantas raras o catalogadas en esos espacios.

3. Resultados y discusión

3.1. Generalidades de la flora pirenaica aragonesa

En el Pirineo aragonés se encuentran 2.620 taxones de plantas vasculares –incluyendo los rangos de especie y subespecie, cuando éstas son claramente delimitables–, lo que supone más de un tercio de la flora peninsular (CASTROVIEJO, 2002) en menos de un 3% de su superficie. Estas cifras ponen de relieve el valor biológico y ecológico del territorio analizado, así como la importancia de la región en la preservación de la biodiversidad. El número de taxones mencionado representa el 79% de la flora de Aragón, de la que un 22% se encuentra exclusivamente en el Pirineo.

Predominan las plantas eurosiberianas (25%) y tienen una presencia notable las mediterráneas (18%), mientras que las boreoalpinas representan el 4,5%. Los endemismos estrictos del Pirineo que se encuentran en Aragón son 103 (excluyendo los complejos géneros *Hieracium* y *Alchemilla*, y algunas plantas con estatus taxonómico todavía incierto). Las plantas raras constituyen el 6,5% del total de la flora pirenaica aragonesa (171 taxones), de las que 30 son conocidas exclusivamente de una localidad. En el otro extremo, las comunes suponen el 21% (550 taxones).

Las plantas más raras de la flora autóctona presentan distintos patrones de distribución. Algunas son plantas raras en toda su área (*Corallorhiza trifida*, *Epipogium aphyllum*). Otras corresponden a localidades que son límite de distribución (*Spiraea crenata*, *Inula langeana*, *Calamintha grandiflora*, *Callitriche hamulata*), o bien son poblaciones aisladas de plantas con área disjunta (por ejemplo *Aconitum burnati*, *Eleocharis mamillata*, *Hugueninia tanacetifolia*, *Juncus arcticus* y *Diphysastrum alpinum*) y por tanto tienen áreas de distribución más amplias. Sólo unas pocas son endemismos de área reducida, como *Androsace cylindrica* subsp. *willkommi*, *Buglossoides gastonii* o *Rumex aquitanicus*. Además, son también muy raras en el Pirineo: *Carex vesicaria*, *Erucastrum gallicum*, *Hesperis matronalis*, *Luzula glabrata* subsp. *desvauxii*, *Pedicularis schizocalix*, *Potentilla fruticosa*, *Pulsatilla rubra*, *Rorippa microphylla*, *Tilia cordata*, *Trifolium pallescens* y *Veronica cymbalaria*.

Entre las especies más comunes se encuentran las de amplia distribución, que suelen ocupar hábitats muy extendidos en el territorio, por ejemplo bastantes gramíneas y leguminosas de los pastos mesófilos como *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Brachypodium retusum*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*, junto a *Plantago lanceolata*, *Carex hallerana*, *Thymus vulgaris* o *Eryngium campestre*. También son muy abundantes algunas de distribución más restringida pero que presentan en la zona un carácter eurioico, como *Merendera montana*, *Genista scorpius*, *Buxus sempervirens* y *Echinopartum horridum*.

3.2. Distribución de la diversidad vegetal por hábitats

La conservación de la flora está estrechamente relacionada con la de sus hábitats, y resulta por ello necesario conocer la ubicación de las plantas en los distintos ambientes del territorio (Tabla 1). Destacan en riqueza específica los pastos, donde se encuentran 1.235 taxones, frente a 487 y 452 en matorrales y bosques respectivamente. Dentro de los pastos, los supraforestales (que incluyen los del piso alpino y subalpino) son los de mayor riqueza florística con 880 taxones, frente a las 305 de los mediterráneos. En el caso de los matorrales, por el contrario, son más ricos los mediterráneos (345) que los de alta montaña (173). Los bosques caducifolios contienen más variedad de plantas (268) que los aciculifolios (201) y los esclerófilos (161). Finalmente cabe destacar los ambientes más intervenidos por el hombre, ricos en vegetación arvense y ruderal, con 709 taxones.

Si consideramos la superficie ocupada por los hábitats analizados y calculamos la densidad florística en número de especies por km² (Tabla 1), sobrepasa la de los humedales, en los que incluimos la vegetación riparia y los pas-

Tabla 1. Taxones presentes en el Pirineo aragonés según los tipos de hábitats CORINE considerados y la superficie que ocupan. En negrita se señalan los dos valores más altos.

Table 1- Plants occurring at different CORINE habitats of the Central Pyrenees, as percentage and density per Km2. In bold, the two highest scores.

Hábitat	Superficie (Km ²)	Taxones (%)	Taxones/km ²
Bosques	4067	452 (17)	0,11
Matorrales	3421	487 (19)	0,14
Pastos	1026	1235 (47)	1,2
Humedales	30	319 (12)	10,6
Roquedos y canchales	192	387 (15)	2,01
Ambientes acuáticos	98	65 (3)	0,66
Megaforbios	—	223 (8,5)	—
Ambientes ruderales	3900	709 (27)	0,18

tos higrófilos que se desarrollan en suelos temporalmente inundados. Estos ambientes, que ocupan una pequeña superficie (0,2% del total), reúnen en general condiciones ambientales muy favorables no solo para la riqueza específica (clima, fertilidad y humedad edáfica) sino también por su elevada producción y cobertura. En el otro extremo destacan los roquedos y canchales que se caracterizan por el estrés ambiental (escasez de suelo y agua, inestabilidad de sustrato en algunos casos, grandes oscilaciones térmicas...). La elevada densidad de especies en este último caso es todavía más reseñable si consideramos que se les suele considerar como “zonas sin vegetación” en mapas de usos y aprovechamientos. Además, encontramos una densidad notablemente mayor en los pastos respecto a las comunidades arbustivas y forestales, aunque hay que matizar que en esta última se incluyen las repoblaciones forestales. Por último, merece la pena destacar las 223 plantas que hemos asignado a las comunidades de megaforbios, cuya superficie no es estimable a partir del mapa CORINE por no estar cartografiada como tal, pero que no supone más del 10% de la que ocupan los bosques a los que van asociadas, lo que resulta en una densidad de especies muy relevante.

El 60% de la flora del Pirineo aragonés (1.552 taxones) vive exclusivamente en un tipo de hábitat (Figura 1). Los ambientes ruderales y arvenses, junto a los roquedos y canchales, son los que presentan mayor proporción de especies exclusivas (60 y 55% respectivamente) mientras que los matorrales aparecen como las comunidades más “abiertas” por la mayor presencia de plantas eurioicas y sólo un 17% de exclusivas. La mayor proporción de las 171 plantas raras del Pirineo aragonés aparece en los pastos y matorrales (Tabla 2), seguidas de los bosques, sustratos pedregosos y humedales. Las plantas acuáticas raras suponen únicamente un 7% del total.

Tabla 2. Taxones raros presentes en el Pirineo aragonés (localizados como máximo en 3 cuadrículas UTM de 10x10 km), según los tipos de hábitats CORINE considerados.

Table 2. Rare plants in the Central Pyrenees (in a maximum of 2 UTM squares of 10*10 km), as percentage and density per km², according to CORINE habitats.

Hábitat	Taxones raros	% Taxones raros del Pirineo	Taxones raros/km ²
Bosques	28	16,4	0,007
Matorrales	33	19,3	0,01
Pastos	49	28,6	0,05
Humedales	28	16,4	0,93
Roquedos y canchales	28	16,4	0,14
Ambientes acuáticos	12	7,0	0,12
Megaforbios	18	10,5	—
Ambientes ruderales	20	11,7	0,005

Figura 1. Número de taxones del Pirineo aragonés presentes de forma exclusiva en cada uno de los hábitats CORINE considerados.

Figure 1. Number of plants of the Central Pyrenees occurring exclusively at each CORINE habitat considered.

3.3. Distribución de las plantas en relación con la naturalidad de sus hábitats

La Figura 2 muestra la distribución del conjunto de la flora en las cuatro categorías de naturalidad utilizadas. El 33% de los taxones vive en los hábitats más alterados (comunidades ruderales, pastos degradados, cultivos abandonados) mientras que sólo el 17% se encuentra en ambientes muy bien conservados (bosques que podrían considerarse “maduros” y comunidades

mas o menos permanentes con nulo o muy escaso grado de alteración, tales como roquedos, canchales de alta montaña, ventisqueros, etc.). El 50% restante aparece en los ambientes con un nivel intermedio de alteración (pastos en ambiente forestal, matorrales en suelos erosionados) y con un grado de conservación alto (bosques moderadamente explotados y comunidades arbustivas en franca regeneración hacia etapas forestales).

Figura 2. Frecuencia de táxones autóctonos, alóctonos y raros según el grado de naturalidad de los ambientes donde viven (Pirineo aragonés).

Figure 2. Frequency of natives, aliens, and rare plants, at places with different levels of disturbance.

La frecuencia de plantas raras aumenta con el grado de naturalidad de los hábitats (Figura 2), ya que casi dos tercios de la flora rara se encuentra en las dos clases de ambientes con mejor grado de conservación, mientras que apenas un 15% está en los lugares muy alterados. En este último grupo se encuentran algunas plantas segetales que fueron muy abundantes e incluso invasivas hasta hace pocas décadas, actualmente en franco declive por la expansión de los herbicidas (por ej.: *Vaccaria hispanica*, *Ceratocephala falcata*).

En los hábitats con un mayor grado de naturalidad (bosques maduros, roquedos, canchales y humedales de alta montaña, pastos alpinos) encontramos, además de las plantas más raras, bastantes endemismos (por ej. *Borderea chouardii*, *Thalictrum macrocarpum*, *Androsace cylindrica*), plantas de amplia distribución pero que encuentran su límite de distribución en estas montañas (por ej. *Saxifraga cotyledon* o *Lathyrus vernus*), y algunas que presentan aquí poblaciones aisladas y distantes de su principal área de distribución (*Drosera rotundifolia*, *Aconitum burnatii*).

Como cabía esperar, prácticamente la totalidad de las plantas alóctonas viven en los ambientes que presentan un bajo grado de naturalidad (Figura 2). El carácter invasivo de estos taxones no se ha constatado en ningún caso para la zona de estudio. Cabe reseñar el caso de *Fibigia clypeata* y *Bunias orientalis*, con presencia datada hace varias décadas en poblaciones únicas muy alejadas de sus áreas naturales y cuyas poblaciones han permanecido estables en ambientes ruderalizados aislados (San Juan de la Peña y Valle de Bielsa).

3.4. Distribución de la flora vascular en el gradiente altitudinal

Como ya se ha señalado, el marcado gradiente altitudinal del Pirineo resulta un factor decisivo a la hora de explicar la riqueza florística. La mayor variedad de taxones se encuentra entre los 1.000 y 1.300 m.s.n.m., donde se localizan el 56% del total (más de 1.500 taxones; Figura 3). La distribución altitudinal de los taxones raros sigue un patrón muy similar al del resto de la flora pirenaica, con la característica de que la forma de la curva está ligeramente desplazada hacia mayor altitud. Es decir, por debajo de 1.300 m hay proporcionalmente menos taxones raros, mientras que su frecuencia aumenta a partir de dicha altitud. Estos resultados coinciden con los encontrados en un estudio de una zona mediterránea que incluía parte del Macizo Central francés (LAVERGE *et al.*, 2005), donde se encontró que las especies raras tendían a encontrarse en las zonas de mayor altitud.

Figura 3. Frecuencia de taxones de distintos tipos a lo largo del gradiente altitudinal del Pirineo aragonés (400 – 3400 m.s.n.m.). El eje Y a la izda. Corresponde a autóctonos y alóctonos, mientras que el grupo de “raros” tiene su escala en el eje de la drcha.

Figure 3. Frequency of natives, aliens (left axis) and rare (right axis) taxa along the altitudinal gradient.

La forma de la curva de especies con la altitud es común en las montañas tanto de Europa como de otros continentes (RAHBK 1995; GRYTNES & VETAAS, 2002; OOMMEN & SHANKER, 2005). Una de las explicaciones más invocadas actualmente para explicar el patrón de “riqueza máxima a niveles intermedios de altitud”, aunque no exenta de críticas, se basa en el efecto de intersección de los rangos altitudinales en que se encuentran la mayor parte de las especies presentes en las montañas (“mid domain effect”). Dicho de otro modo, en esta zona se produciría la mayor confluencia de plantas de distintos rangos altitudinales y procedencias corológicas. No hay que olvidar, sin embargo, que es en esta media altitud donde mayor variedad de ambientes cabe encontrar (bosques caducifolios y perennifolios, pastos, cultivos, áreas antropizadas próximas a las poblaciones humanas...), y por tanto donde encontrarían cobijo una mayor variedad de plantas asociadas de forma específica a dichos ambientes.

3.5. Flora autóctona y alóctona

La presencia de flora alóctona puede considerarse un sencillo indicador de la intervención humana, y por tanto del grado de naturalidad y del estado de conservación del territorio. Además, una de las grandes preocupaciones a nivel de conservación es la entrada de especies alóctonas invasivas que pueden tener efectos devastadores como se ha señalado ya en numerosas ocasiones (GUREVITCH & PADILLA, 2004). En el Pirineo de Aragón encontramos ahora 164 plantas alóctonas, el 7% del total de la flora del territorio, cifra inferior a las de la vecina Depresión del Ebro (11,1%), a la de la Península Ibérica (15%) o a la de otros países del entorno europeo, donde todavía se encuentran proporciones mayores (VIGO *et al.*, 2007).

Unas 70 (43%) de las plantas introducidas son naturalizadas en el sentido definido por Thellung (1912): “especies que han alcanzado el territorio en tiempos históricos y que habitan y se multiplican de manera natural, sin la ayuda del hombre”, aunque no siempre resulta sencillo aplicar la definición y de ahí el carácter aproximado de la cifra. El resto de las plantas alóctonas pertenecen a otras categorías tales como asilvestradas, adventicias, cultivadas, etc. (SANZ ELORZA, 2006).

La altitud constituye una barrera para la colonización de estas plantas como se pone de manifiesto si comparamos la presencia de especies autóctonas y alóctonas en el gradiente altitudinal (Figura 3). Mientras que la riqueza de taxones se incrementa para las primeras entre los 400-1.200 m, la de alóctonas supone algo más de un 4% entre los 400 y 800 m, disminuyendo de manera continua a partir de esa altura, al igual que ha sido observado en los

Alpes (BECKER *et al.*, 2005). Apenas 20 especies alóctonas sobrepasan los 1.600 m y solo una (*Thlaspi arvense*) se ha citado, probablemente como adventicia, a 2.000 m. Además, hay que reseñar que ninguna de las especies introducidas puede calificarse todavía como invasora si consideramos como tal el que su expansión suponga una amenaza para otras especies. Unas pocas plantas alóctonas aparecen como muy raras, e incluso sus localidades son las únicas conocidas en la Península Ibérica. En estos casos su rareza no parece debida a una introducción reciente, pues se conocen como naturalizadas desde hace décadas (por ej. *Fibigia clypea*, *Bunias orientalis* y *Armoracia rusticana*).

3.6. Conservación de la biodiversidad: especies y espacios protegidos

3.6.1. Flora catalogada

En el Pirineo aragonés se localizan 75 (59%) de las 127 plantas contenidas en el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. Nueve de ellas son endemismos estrictos del sector aragonés: *Androsace cylindrica* subsp. *cylindrica*, *A. cylindrica* subsp. *willkommii*, *Aquilegia pyrenaica* subsp. *guarensis*, *Borderea chouardii*, *Petrocoptis crassifolia*, *P. guarensis*, *P. montserratii*, *P. pseudoviscosa* y *Pinguicula longifolia*.

Otras 6 plantas catalogadas encuentran en el Pirineo de Aragón sus únicas poblaciones ibéricas, aunque están presentes de forma más o menos abundante en otras zonas del continente: *Androsace helvetica* (presente también en Los Alpes), *A. pyrenaica* (también en Pirineo francés), *Carex bicolor*, *Carex ferruginea* subsp. *tenax*, *Hippophae rhamnoides* y *Saxifraga cotyledon* (estas cuatro últimas ampliamente distribuidas en Europa). Además, algunos endemismos estrictos del Pirineo de Aragón y área reducida están catalogados como de "interés especial": *Petrocoptis guarensis* (presente en 2 cuadrículas), *P. crassifolia* (6 cuadrículas), *Androsace cylindrica* subsp. *cylindrica* (7 cuadrículas), *Pinguicula longifolia* (13 cuadrículas) y *Veronica aragonensis* (18 cuadrículas). Por último, dos taxones singulares por su origen terciario, pero abundantes en el Pirineo, también están catalogados como "de interés especial": *Borderea pyrenaica* (en 16 cuadrículas) y *Ramonda myconii* (en más de 50 cuadrículas). Ambos alcanzan el Pirineo francés, y el segundo también el de Navarra, y no son por tanto endemismos estrictamente del Pirineo de Aragón. Por último, dos especies catalogadas *Aconitum variegatum* subsp. *pyrenaicum* y *Notobartsia spicata* no se conocen actualmente del Pirineo español sino del francés, mientras que *Nepeta latifolia* subsp. *oscensis* está pendiente de confirmación taxonómica.

Los ambientes donde predominan estas plantas son los roquedos y canchales (37,5% del total), seguido por matorrales, bosques y pastos (14,7%, 13,6% y 11,4% respectivamente). Entre la vegetación ruderal-arvense y acuática, sólo se localizan el 2,2% y 3,4% respectivamente de plantas catalogadas (Tabla 3).

Tabla 3. Número de taxones catalogados, según distintos tipos de categorías y hábitats CORINE, en el Pirineo aragonés.

Table 3. Number of endangered plants present at different CORINE habitats.

<i>Hábitat</i>	<i>En peligro extinción</i>	<i>Vulnerables</i>	<i>Sensibles alteración del hábitat</i>	<i>Interés especial</i>	<i>Total catalogadas</i>
Bosques	3	2	1	6	12
Matorral	1	4	2	7	13
Pastos	0	1	0	9	10
Humedales	0	1	2	4	7
Roquedos y canchales	1	15	1	16	33
Ambientes acuáticos	0	1	0	2	3
Megaforbios	0	6	1	1	8
Ambientesn ruderales	0	1	0	1	2

3.6.2. *Espacios protegidos*

Los espacios protegidos ocupan el 34% de la superficie del Pirineo de Aragón. En ellos está presente más del 90% de la flora inventariada, resultado coincidente con un reciente análisis de la flora ibérica y los LIC (Lugares de Interés comunitario; ARAÚJO *et al.*, 2007). Es evidente, por tanto, el importante papel de estos espacios en la conservación de la biodiversidad vegetal, y la necesidad de asegurar su adecuada gestión para mantener dicho papel en el futuro.

Los 103 taxones endémicos del Pirineo se distribuyen en 118 cuadrículas de 10 x 10km, de las que el 93 % se encuentran dentro de espacios naturales con algún grado de protección (Figura 4a). Destacan como zonas de mayor abundancia de endemismos el extremo noroccidental (entre la Mesa de los Tres Reyes y el Macizo de Los Aspes), el P.N. de Ordesa y Monte Perdido, Punta Suelza, Poset, Cotiella, Sierra de Chía y la parte meridional del Valle de Benasque, entre El Gallinero y La Sierra de Llauset.

Las plantas raras aparecen en 83 cuadrículas, de las que el 89% se encuentran en zonas protegidas (Figura 4b). En este apartado destacan ambos extremos del Pirineo aragonés, con la mayor proporción en el entorno del Macizo

de La Maladeta, y en Los Valles Occidentales la franja comprendida en Los Alanos y Mesa de los Tres Reyes.

Figura 4. Frecuencia, en término de número de citas, de taxones endémicos (mapa superior), raros (intermedio) y catalogados (mapa inferior) en el Pirineo aragonés, y su solapamiento con los Espacios Protegidos (fondo coloreado).

Figure 4. Frequency, in terms of number of records, of endemic (upper map), rare (intermediate map), and endangered (lower map) in the Central Pyrenees. The coloured background represent protected areas.

Por último, las plantas catalogadas aparecen en 103 cuadrículas de las que un 80% se sitúan en espacios protegidos. La mayor densidad de estas plantas se sitúa en el Pirineo central (P.N. de Ordesa Monte-Perdido, Cotiella, Sierra de Chía, Sierra Ferrera y Turbón), con otro núcleo más pequeño en Collarada-Canal de Ip (Figura 4c). A partir de un análisis exploratorio para comprobar en qué medida las especies consideradas muy raras coinciden con las catalogadas, encontramos que sólo el 22.2% (38) cumplen esta condición, lo que significa que la gran mayoría de los taxones con presencia muy restringida en el Pirineo aragonés carece de una consideración oficial por su rareza, y por tanto deberían ser objeto de evaluación en las próximas revisiones del Catálogo regional de Especies amenazadas.

Conclusiones

El análisis de la flora del Pirineo aragonés permite reafirmar la importancia de la cordillera en cuanto a la diversidad y singularidad de flora vascular en el ámbito regional, ya que contiene un 80% de la flora de Aragón, alberga de forma exclusiva una cuarta parte de su flora, y aproximadamente el 75 % del conjunto de los endemismos pirenaicos (VILLAR *et al.*, 1997-2001, GÓMEZ *et al.*, 2005).

El gradiente altitudinal y la heterogénea intervención humana han generado un mosaico de variados ambientes propicios para muy distintas formas de vida. Los máximos de riqueza de táxones aparecen en alturas medias (1.000-1.300 metros), especialmente en pastos y ambientes fuertemente antropizados con vegetación ruderal y arvense, probablemente debido a la amplia extensión espacial que ocupan. Se diferencian, no obstante, en que los primeros contienen abundantes plantas raras, y los segundos albergan especies de más amplia distribución y muy exclusivas de dichos ambientes. Zonas húmedas y roquedos destacan por la densidad de taxones y los últimos también por la abundancia en flora exclusiva y catalogada. Merece también la pena destacar el importante papel de los megaforbios a pesar de su pequeña superficie. En los ambientes más "naturales", encontramos una baja proporción de la biodiversidad vegetal (17%), aunque su valor taxonómico y biogeográfico es muy alto, ya que albergan abundantes taxones raros y endémicos, así como poblaciones aisladas o en límite de área.

La práctica totalidad de plantas alóctonas se sitúa en altitudes bajas y ambientes muy degradados, mientras que las plantas raras aparecen de forma más notable cuanto mayor es la naturalidad de los ambientes. Esta escasa y localizada presencia de plantas alóctonas podría relacionarse con un

grado aceptable de conservación del territorio, unido al freno que supone el rigor ambiental de la alta montaña para la colonización por plantas de otros territorios.

También ha aparecido un bajo grado de solapamiento entre las especies catalogadas como amenazadas y las especies de muy escasa presencia en el territorio, quizás por el hecho de que la mayor parte de los catálogos oficiales se han basado en el grado de endemidad de los taxones presentes en cada región. Desde la publicación en 1994 del Catálogo de plantas amenazadas en Aragón se han realizado numerosos estudios específicos tanto para la flora en su conjunto como para la amenazada, lo que da pie a la revisión de dicho catálogo. De igual forma, el gran avance en la informatización de los datos corológicos y los SIG permite ya una fácil conexión entre áreas protegidas y biodiversidad, detectando de forma precisa las zonas de mayor interés florístico. De esta forma hemos podido constatar que más del 90% de la flora, y un 80% de la flora catalogada, se encuentra representada dentro de espacios protegidos del Pirineo aragonés.

Con este artículo hemos pretendido dar una visión general de cuántas plantas hay en cada ambiente según tipo de hábitat, naturalidad, altitud, y protección legal del área, así como cuántas de ellas son alóctonas, endémicas, raras o catalogadas. Todo ello según la información recogida durante las últimas décadas, y almacenada principalmente en el herbario JACA. El intenso y rápido cambio en los usos del suelo, no obstante, está provocando una modificación intensa de vegetación y flora, por lo que dicha información debe de ser actualizada en lo posible. Se puede ya constatar que muchas plantas de amplia distribución ven reducida su presencia por el uso de herbicidas, que la matorralización posterior al abandono de pastos y cultivos implica la desaparición del hábitat para muchas especies asociadas a las perturbaciones generadas con dichos usos, y que el avance de los bosques supondrá una pérdida de diversidad, en términos de número de especies. Es necesario, por tanto, un siguiente paso para detectar esos cambios, revisitando lugares bien prospectados o poblaciones antiguas bien georeferenciadas. Esta información, objetiva y dinámica, permitirá evaluar la dirección, intensidad, los ambientes y las plantas implicadas en la evolución temporal de la flora, lo que es básico para prevenir cambios drásticos e irreversibles en la biodiversidad.

Agradecimientos

Los resultados mostrados en este artículo están basados en la labor continua, profesional y generosa, realizada por los compañeros botánicos del IPE, así como la de muchos colaboradores particulares o de otras Instituciones

que han aportado datos florísticos durante décadas. Olatz Fernández y Paz Errea nos ayudaron con la información corológica y de SIG respectivamente. Javier Puente y Ramón Antor revisaron el manuscrito aportando interesantes precisiones. La recopilación de la información se ha visto facilitada con subvenciones del Ministerio (programa GBIF), del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, y un proyecto de investigación de la DGA (PM018/2006).

Referencias

- ANÓNIMO (1995). *Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón*. Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Decreto 49/95.
- ARAÚJO, M.B.; LOBO, J. & MORENO, J.C. (2007). The effectiveness of Iberian protected areas in conserving terrestrial biodiversity. *Conservation Biology* 21:1423-1432
- BECKER, T.; DIETZ, H.; BILLETER, R.; BUSCHMANN, H. & EDWARDS, P. J. (2005). Altitudinal distribution of alien plant species in the Swiss Alps. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7: 173-183.
- Biodiversity hotspot Center for Applied Biodiversity Science. <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/mediterranean/>.
- CASTROVIEJO, S. (2002). Riqueza florística de la Península Ibérica e Islas Baleares. El proyecto "Flora Ibérica". En *La Diversidad Biológica en España*. F.D. Pineda, J.M. de Miguel, M.A. Casado y J. Montalvo (editores).
- COWLING, R. M.; RUNDEL, P. W.; LAMONT, B. B.; ARROYO, M. K. & ARIANOUTSOU, M. (1996). Plant diversity in mediterranean-climate regions *Trends in Ecology and Evolution* 11: 362-366.
- GÓMEZ D.; MATEO, G.; MERCADAL, N.; MONTSERRAT, P. & SESÉ J.A. (2005). *Atlas de la Flora de Aragón*. Instituto Pirenaico de Ecología. Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Publicación digital. <http://www.ipe.csic.es/floragon>
- GUREVITCH, J. & PADILLA, D. K. (2004). Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution* 19:470-474.
- GRYTNES, J. A. & VETAAS, O. R. (2002). Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Naturalist* 159:294-304.
- HAWKINS, B. A.; FELIZOLA, J. A. & WEIS, A. (2005). The mid-domain effect and diversity gradients: is there anything to learn? *American Naturalist* 166: E140-E143.

- LAVERGNE, S.; THUILLER, W.; MOLINA, J. & DEBUSSCHE, M. (2005). Environmental and human factors influencing rare plant local occurrence, extinction and persistence: a 115-year study in the Mediterranean region. *Journal of Biogeography* 32:799-811.
- LOIDI, J. (1994). Phytosociology applied to nature conservation and land management. En Song, Y., Dierschke, H. & Wang, X. (eds.). *Applied Vegetation Ecology*. Proceed. 35th Symposium IAVS in Shanghai. East China Normal Univ. Press.
- MARGULES, C. & USHER, M.B. (1981). Criteria used in assesing wildlife conservation potencial: a review. *Biological Conservation* 21: 79-109.
- MÉDAIL, F. & VERLAQUE, R. (1997). Ecological characteristics and rarity of endemic plants from Southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. *Biological Conservation* 80: 269-281.
- OOMMEN, M. A. & SHANKER, K. (2005). Elevational species richness patterns emerge from multiple local mechanisms in Himalayan woody plants. *Ecology* 86: 3039-3047.
- RAHBK, C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18: 200-205.
- VIGO, J.; MASALLES, R.M. & NINOT, J.M. (2007). A propòsit de les plantes naturalitzades. *L'Altavara* 15 :73-81.
- VILLAR, L.; SESÉ, J. A. & FERRÁNDEZ, J. V. (1997-2001). *Atlas de la Flora del Pirineo Aragónés*, 2 vols. Instituto de Estudios Altoaragoneses-Consejo de Protección de la Naturaleza. Huesca y Zaragoza.