



universidad
de león



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**ESTUDIO DE LOS ASPECTOS
BIOLÓGICOS, ECOLÓGICOS Y
COROLÓGICOS PRINCIPALES DE LA
FLORA DE LAS CUMBRES PIRENAICAS
POR ENCIMA DE LOS 3000 METROS DE
ALTITUD**

**STUDY OF THE MAIN BIOLOGICAL,
ECOLOGICAL AND CHOROLOGICAL
ASPECTS OF THE FLORA OF THE
PYRENEAN SUMMITS ABOVE 3000
METERS**

Víctor Ezquerro Rivas
Grado en Biología
Diciembre, 2020

ÍNDICE

- **1- Introducción.....1**
- **2- Objetivo.....4**
- **3- Material y métodos.....4**
- **4- Resultados y discusión: Desarrollo de las características de la flora por encima de los 3000 metros de altitud.....10**
 - 4.1- Variabilidad taxonómica.....11
 - 4.2- Corología.....13
 - 4.3- Formas biológicas.....14
 - 4.4- Distribución de sexos.....15
 - 4.5- Polinización.....16
 - 4.6- Dispersión de semillas.....18
 - 4.7- Hábitats.....19
 - 4.8- Preferencia edáfica.....22
 - 4.9- Distribución de la flora en altitud.....23
 - 4.10- Territorios administrativos y riqueza de esta flora25
 - 4.11- Vínculo de la flora con otras Cordilleras europeas.....26
- **5- Conclusiones.....28**
- **6- Bibliografía.....29**

- **Anexo 1: Listado de las plantas existentes por encima de los 3000 metros y altitud máxima que alcanzan en Los Pirineos.....32**

RESUMEN

Las cumbres del Pirineo que superan los 3000 m albergan una composición florística única que ha sido objeto de estudio desde hace varios siglos. Este trabajo pretende unificar la información disponible hasta ahora y mostrar las tendencias de esta flora en una serie de factores biológicos, ecológicos y corológicos. Los aspectos tratados son la taxonomía, corología, formas biológicas, distribución de sexos, polinización, dispersión de semillas, hábitats, preferencia edáfica, distribución altitudinal, territorios, así como ubicación y vínculo de la flora de las cumbres pirenaicas con las cumbres de otras cordilleras.

PALABRAS CLAVE

Cordillera, Cumbres, Flora, Pirineos, Plantas alpinas

ABSTRACT

The summits of the Pyrenees that exceed 3000 m contain a unique floristic composition that has been studied for several centuries. This work tries to unify the information available until now and tries to show the tendencies of this flora in a group of biological, ecological and chorological factors. The aspects discussed are taxonomy, chorology, biological forms, sex distribution, pollinization, dispersion of seeds, habitats, edaphic preference, altitudinal distribution, territories and location of these mountains and the linkage between the flora of the Pyrenean summits with the flora of others mountain chains.

KEY WORDS

Alpine plants, Flora, Mountain chain, Pyrenees, Summits

1- Introducción

Los Pirineos son una cordillera que delimita la península Ibérica respecto al continente europeo, distribuyéndose administrativamente entre tres países (España, Andorra y Francia). Esta cordillera posee 11 macizos que superan los 3000 metros de altitud, contabilizando 129 cumbres principales o “tresmiles” (Buyse, 1990). Estas montañas poseen una elevada diversidad geológica; desde calizas arrecifales devónicas y carboníferas, areniscas y lutitas paleozoicas hasta varios tipos de granitoides (comentario de A. Belmonte en Gómez *et al.*, 2020). Pese a que la superficie por encima de los 3000 metros es de apenas 15 km², la geodiversidad y la estratégica ubicación de Los Pirineos -entre los mundos templado y mediterráneo-, permiten la vida de, al menos, 186 taxones de plantas vasculares. El mundo que queda por encima de los 3000 metros es vertical y pedregoso, por lo que las plantas que viven aquí están extremadamente adaptadas.

Los once macizos que superan los 3000 metros se reparten a lo largo del Pirineo central, siete de ellos fronterizos (Balaitous-Infiernos, Vignemale, Monte Perdido, La Munia, Bachimala, Perdiguero-Gourgs Blancs y Pica d'Estats), tres de ellos enteramente en la vertiente sur española (Posets, Maladeta y Besiberri), y uno de ellos en la vertiente norte de la cadena, en territorio francés (Néouvielle).

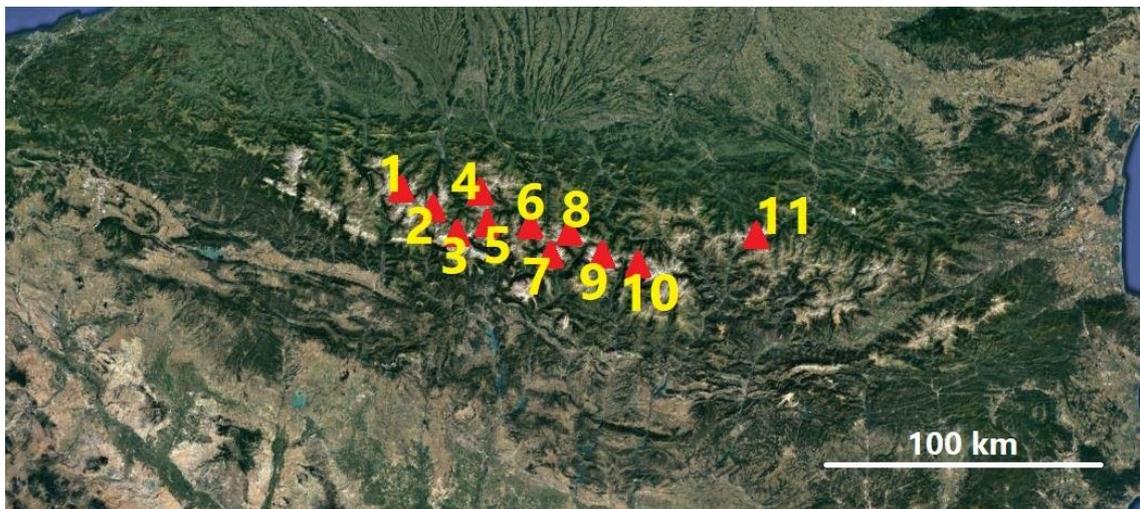


Figura 1: Mapa en el que se muestran los macizos pirenaicos que superan los 3000 metros de altitud: 1- Balaitous-Infiernos, 2-Vignemale, 3-Monte Perdido, 4-Néouvielle, 5-La Munia, 6-Bachimala, 7-Posets, 8-Perdiguero-Gourgs Blancs, 9-Maladeta, 10-Besiberri, 11-Pica d'Estats. (Mapa obtenido de Google Earth).

La flora que aquí vive es especial por muchos motivos, tanto biológicos como ecológicos. Los Pirineos, gracias a su historia biogeográfica y climática han recibido desde hace varios millones de años plantas mediante diferentes eventos migratorios. La cordillera aún conserva tesoros botánicos del Terciario, una vegetación tropical que se ha adaptado para sobrevivir hoy a miles de kilómetros de sus parientes más próximos. Posteriormente, tal vez el evento climático más significativo haya sido la glaciación acaecida en el Pleistoceno (Cuaternario), que sumió a la cordillera bajo inmensos glaciares, trayendo consigo una fauna y una flora que sobrevivían en aquellos espacios libres de hielo. Gracias a la altitud de estas montañas, Los Pirineos son una de las cordilleras europeas que poseen una altitud suficientemente alta como para compensar la baja latitud y poder conservar los últimos reductos de las tundras más meridionales de Europa (Gómez *et al.*, 2020). En estas tundras habita hoy una vegetación propia de zonas árticas que tiene en esta cordillera su límite de distribución meridional absoluto. En los últimos miles de años, plantas de zonas más cálidas han ido llegando a estas montañas y adaptándose a éstas, originando numerosos endemismos. Resultado de los diferentes avatares geológicos y climáticos, las cumbres pirenaicas albergan hoy un elenco de plantas único en el mundo (Gómez *et al.*, 2020)

Estas montañas han atraído a partir del siglo XVIII a numerosos exploradores botánicos que han ido documentando sus excursiones y las plantas que encontraban durante ellas. Solo por citar algunos ejemplos entre los botánicos pioneros más relevantes en la exploración alpina, destacan: Louis François Ramond de Carbonnières, quien ascendió varias de las montañas más altas de la cordillera dejando en sus escritos valiosas aportaciones sobre la flora alpina pirenaica (Ramond de Carbonnières, 1789). En cuanto a la descripción de especies alpinas destaca Augustin Pyramus De Candolle, siendo autor de numerosos endemismos pirenaicos (De Candolle, 1807). Refiriéndonos a la prospección estricta de las cumbres hay que mencionar a Joseph Vallot, quien visita montañas como el Pic du Balaitous, Monte Perdido o Vignemale en su *Flore Glaciale des Hautes-Pyrénées* (Vallot, 1885). Posteriormente, con la paulatina mayor accesibilidad de las montañas y el creciente interés científico, han sido muchos los botánicos que han estudiado las altas cumbres pirenaicas. En los últimos años, catálogos florísticos como *Les Plantes Pyrénéistes* (Nicol, 2015) o *Plantas Españolas a más de 3000 metros* (García, 2010) ofrecen listas con las plantas de estas cumbres, quedando actualmente incompletas (con 124 y 142 plantas, respectivamente). La reciente

publicación de la *Nouvelle Flore Illustrée des Pyrénées* (Saule, 2018), entre otras obras, ha resultado claves para la unificación taxonómica y la recopilación de datos botánicos de la cordillera. La creación de una base de datos pública e internacional que aúna citas de herbario de los diferentes departamentos y las provincias administrativas que abarcan los Pirineos (FLORAPYR) ha sido la base para la elaboración de Plantas de las cumbres del Pirineo (Gómez *et al.*, 2020). Para la elaboración de esta obra se han revisado y actualizado (con los conocimientos taxonómicos actuales) los diferentes listados históricos. Todas estas citas, obras y demás bibliografía han permitido la elaboración de listados completos de la flora de las cumbres pirenaicas que superan los 3000 metros.

El estudio de esta flora es un excelente indicador del cambio climático y de la antropización de las cumbres. Las exigentes condiciones ambientales han moldeado esta flora tan particular y relictiva ligada a estas altas montañas y rica en endemismos de extraordinario interés científico y belleza (Gómez *et al.*, 2020). En este trabajo se muestran algunas de las características ecológicas, biológicas y corológicas más relevantes de esta flora.

Hay que considerar la dificultad de prospectar estos ambientes debido a lo poco accesible que resulta este terreno tan escarpado, además de que su prospección solo puede hacerse durante los pocos meses que las cumbres no están cubiertas de nieve y hielo. En el piso alpino hay muy poca superficie por donde se puede transitar, debido a la propia complejidad del terreno. Con toda probabilidad, las cumbres aún esconden interesantes poblaciones de plantas “raras” o no conocidas a la altitud que ahora se citan. Por todo esto, es más que probable que las 35 plantas que conocemos actualmente que alcanzan pero no superan los 3000 metros se encuentren también más arriba, ya que existe hábitat potencial no prospectado. Esto es aplicable al resto de las especies, puesto que el dato numérico aquí puesto es la altitud de la población más alta conocida, que, excepto en la cumbre del Aneto, seguramente no sea la más alta existente de la especie.

2- Objetivo:

La información que hay sobre la flora que supera los 3000 metros en Los Pirineos está actualmente descentralizada y en muchos lugares, desactualizada. El objetivo principal de este trabajo es recopilar, revisar y actualizar esa información, para así obtener un listado actualizado y completo de la flora. Paralelamente y aprovechando los múltiples recursos físicos y electrónicos, analizar en conjunto algunas de las características biológicas, ecológicas y corológicas de este grupo de plantas tan extremas.

3- Material y métodos:

Los datos de las especies provienen de recopilaciones obtenidas para la elaboración de Plantas de las cumbres del Pirineo (Gómez *et al.*, 2020). Para conocer la distribución de los taxones se han consultado algunas obras de referencia como Flora Iberica (Castroviejo *et al.*, 1986-2019) y Flora dels Països Catalans (Bolòs y Vigo, 1984-2001), así como datos procedentes de los herbarios MA (RJB-CSIC) y JACA (IPE-CSIC), además de portales digitales como Anthos (Anthos, 2020), GBIF (GBIF, 2020), Floragon (Floragon, 2020) y Florapyr (Florapyr, 2020). Para los caracteres ecológicos se ha seguido, de igual manera, Flora iberica (Castroviejo *et al.*, 1986-2019), Floragon (Floragon, 2020) y Flora indicativa (Landolt *et al.*, 2010), además de algunas anotaciones observadas en campo durante diferentes salidas botánicas. El establecimiento de la redonda cota de los 3000 metros se debe a que ya existen el Atlas de la Flora del Pirineo (Villar *et al.*, 1997-2001) que comprende desde los somontanos prepirenaicos hasta la alta montaña, y la obra recientemente publicada sobre la flora alpina de los Pirineos (Gómez *et al.*, 2020). Existen multitud de listados de picos y excursiones que superan esta emblemática cota, por lo que resulta atractiva para completar cualquiera de esas listas de cumbres. La actual prospección y conocimiento permite abarcar hoy, con gran acierto, esta particular flora. Resulta imprescindible la consulta del libro Alpine Plant Life (Korner, 1999) para la obtención de datos o información relacionada con la ecología de las plantas alpinas. Los mapas han sido obtenidos en Google Earth. La recopilación y ordenación de datos se ha hecho con Microsoft Excel. Las fotografías han sido tomadas en diferentes puntos de Los Pirineos a lo largo de varias jornadas de campo entre los años 2017 y 2020.

▪ 3.1- Variabilidad taxonómica:

Para la denominación de las especies se ha seguido Flora Iberica (Castroviejo *et al.*, 1986-2019) excepto en algunos casos en los que pese a que esta flora no acepta el taxón, se han observado particularidades en el material pirenaico no recogidas en dicha flora (Por ejemplo, *Poa nemoralis* var. *glauca*). Se ha citado desde antiguo *Gentiana schleicheri* Vacc. en diferentes listados, pero parece que Flora Iberica (Renobales, 2012), duda de su presencia en Los Pirineos. Aun así, y a falta de estudios más completos, se mantiene en este trabajo. Se han consultado otras floras de referencia para la unificación de nombres, y en los casos de discrepancia se han tomado los más ampliamente aceptados. Estas obras son La Nouvelle Flore Illustrée des Pyrenees (Saule, 2018), Flora gallica (Tison y De Foucault, 2014), Flora europaea (Tutin *et al.*, 1964-1980) y la web Plant List (The Plant List, 2020). En el caso de los pteridófitos, se han seguido las clasificaciones de Checklist of European Pteridophytes (Derrick *et al.*, 1987).

▪ 3.2- Corología:

Para facilitar el estudio de cualquier flora, es interesante establecer diferentes categorías corológicas. La cantidad de taxones que se incluyen en cada una de estas categorías permite hacerse una idea rápida de cómo es una determinada flora. Además, se pueden hallar patrones de distribución comunes entre plantas incluso muy alejadas filogenéticamente, resultado de la historia biogeográfica de un lugar concreto. Siguiendo los ocho grupos corológicos o corotipos propuestos en Plantas de las cumbres del Pirineo (Gómez *et al.*, 2020), se evalúan las plantas que superan los 3000 metros. Estos corotipos pueden definirse como:

- **Orófito alpino:** Plantas que se distribuyen a lo largo de las montañas del sur de Europa (Alpes, Cárpatos, Balcanes, Pirineos o Cordillera Cantábrica). No necesariamente tienen que estar en todas las cordilleras, sino que su hábitat y distribución estén en al menos alguna de estas cordilleras.
- **Boreoalpino:** Plantas cuya distribución es boreal, y que secundariamente encuentran nichos ecológicos apropiados en las cordilleras del sur de Europa (menos latitud compensada con mayor altitud).

- **Endemismo Pirenaico:** Plantas cuya distribución mundial queda comprendida dentro del área de los Pirineos.
- **Endemismo Pirenaico-Cantábrico:** Plantas cuya distribución mundial queda comprendida en el eje Pirenaico-Cantábrico.
- **Endemismo Ibérico:** Plantas que se distribuyen en la Península Ibérica, tanto en zonas montañosas como fuera de ellas. En esta categoría se incluyen plantas que exceden la península Ibérica pero únicamente en el Pirineo francés, como por ejemplo el orófito *Papaver lapeyrouisianum* Gutermann.
- **Eurosiberiano:** Plantas cuya distribución es generalmente amplia dentro del reino holártico, no necesariamente ligadas a las montañas.
- **Mediterráneo:** Plantas generalmente termófilas, cuya distribución general es la Península Ibérica y otras áreas mediterráneas del sur de Europa, circundando el mar homónimo.
- **Amplia distribución:** Plantas que se distribuyen a lo largo de todo el mundo, aunque no necesariamente tengan que estar en todos los continentes. Debido a su amplitud ecológica, algunas plantas cosmopolitas son capaces de colonizar estas montañas.

▪ **3.3- Formas biológicas:**

De acuerdo al sistema de clasificación de los vegetales en función de la disposición de las yemas vegetativas durante el periodo desfavorable (Raunkiaer, 1934), podemos evaluar el conjunto de estas plantas. En esta flora, el periodo desfavorable es el invierno. Esta clasificación en base a las formas biológicas o biotipos es fundamental para entender las estrategias vitales de las plantas. Conociendo dichos biotipos podemos saber de inmediato qué patrones de vida, tasas de crecimiento y longevidad priman en un lugar determinado. Las categorías y datos son los propuestos por Gómez *et al.*, (2020), acordes con numerosas obras como por ejemplo Flora indicativa (Landolt *et al.*, 2010):

- **Terófito:** Plantas anuales que producen semillas todos los años.
- **Geófito:** Plantas cuyas yemas vegetativas quedan durante el invierno dentro del suelo, muriendo la parte aérea. Son plantas con estructuras subterráneas de reserva bien desarrolladas, como tubérculos o rizomas.
- **Hemicriptófito:** Plantas cuyas yemas vegetativas quedan durante el invierno a ras del suelo, muriendo la parte aérea.
- **Caméfito:** Plantas cuyas yemas vegetativas quedan durante el invierno a menos de 25 cm de altura. Los pulvínulos, comunes en la alta montaña, quedan incluidos en esta categoría.
- **Nanofanerófito:** Plantas leñosas cuyas yemas de reemplazo se sitúan a más de 25 cm de altura, pero sin llegar al porte arbustivo o arbóreo.

- **3.4- Distribución de sexos:**

La distribución de sexos en las plantas está ligada a su biología. Se han seguido las categorías propuestas en *Plantas de las Cumbres del Pirineo* (Gómez *et al.*, 2020):

- **Hermafroditas:** Plantas cuyas flores tienen estambres y carpelos.
- **Monoicas:** Taxones que poseen flores masculinas y femeninas en un mismo individuo.
- **Ginomonóicas:** Un mismo individuo tiene flores hermafroditas y femeninas.
- **Andromonoicas:** Taxones cuyas flores hermafroditas y masculinas se sitúan en un mismo individuo.
- **Dioicas:** Taxones en los que cada individuo tiene flores únicamente femeninas o masculinas.
- **Ginodioicas:** Algunos individuos tienen flores hermafroditas y otras femeninas.
- **Androdioicas:** Algunos individuos tienen flores hermafroditas y otras masculinas.

- **3.5- Polinización:**

Se presentan las siguientes categorías en función del agente transportador del polen (en el caso de los pteridófitos, esporas):

- **Entomogamia:** Polen transportado por insectos.
- **Anemogamia:** Polen transportado por el viento.
- **Autogamia:** Polen transportado directamente de la parte masculina a la femenina de la flor, generalmente por contacto.
- **Hidrogamia:** Polen o esporas transportados por el agua.

▪ 3.6- Dispersión de semillas:

Al igual que en la dispersión del polen, las plantas utilizan los mismos agentes para llevar a cabo la dispersión de semillas. Siguiendo la propuesta de Gómez *et al.*, (2020) se establecen los mismos cuatro agentes de dispersión

- **Zoocoria:** Semillas transportadas por animales.
- **Anemocoria:** Semillas transportadas por el viento.
- **Autocoria:** Semillas transportadas directamente de la parte masculina a la femenina de la flor, generalmente por contacto.
- **Hidrocoria:** Semillas transportadas por el agua.

▪ 3.7- Hábitats:

Se toman, al igual que para las categorías anteriores, los hábitats propuestos por Gómez *et al.*, (2020). Estos hábitats son los pastos, roquedos, pedrizas, ventisqueros, humedales, matorrales y majadas.

▪ 3.8- Preferencia edáfica:

Hay que tener en cuenta que es muy difícil medir la acidez del suelo y la presencia de bases en campo, más incluso cuando ésta puede variar en cuestión de centímetros. Por ello, se habla de tendencias de la flora a un sustrato específico, no una exclusividad a un determinado sustrato. Se sigue la información contenida en Plantas de las Cumbres del Pirineo (Gómez *et al.*, 2020).

▪ **3.9- Distribución de la flora en altitud:**

El rango de altitudes que comprende este trabajo va desde los 3000 metros hasta los 3404 de la cumbre del Pico Aneto (máxima altitud de la cordillera). Las cifras que se manejan en este trabajo provienen del libro *Plantas de las cumbres del Pirineo* (Gómez *et. al.*, 2020), cotejadas con los servidores online antes mencionados.

▪ **3.10- Territorios administrativos y riqueza de esta flora:**

El conjunto de los Pirineos abarca once regiones administrativas: cuatro comunidades autónomas en España, seis departamentos en Francia y Andorra. Los datos provienen de diversas fuentes (todas ellas antes mencionadas), principalmente la obra de Gómez *et al.*, (2020) y el servidor en línea Florapyr (Florapyr, 2020).

▪ **3.11- Vínculo de la flora con otras Cordilleras europeas:**

La flora del techo de los Pirineos, como se ha avanzado en el apartado de corología, tiene orígenes diferentes. Por un lado, existen taxones que llegaron desde el norte con las glaciaciones y son comunes a otras regiones del planeta con historia geológica semejante, como los Alpes, Cárpatos o Escandinavia (Alpes Escandinavos). Otro gran evento de llegada de flora o grupo son las plantas mediterráneas, que paulatinamente han ido conquistando las cumbres desde la cuenca mediterránea. A estos dos grupos hay que sumarle el componente endémico, ya sea a nivel pirenaico, pirenaico-cantábrico o ibérico. Las plantas han ido migrando durante los periodos glaciares e interglaciares, colonizando nuevas cordilleras y extinguiéndose de otras. Una manera rápida de intuir con gran acierto estas migraciones es conocer la distribución actual de las especies. Para la obtención de estos datos, se siguen obras como *Flora Iberica* (Castroviejo *et al.*, 1986-2019) y la flora de Groenlandia (Holt y Johansson, 2013). Además, se ha consultado el servidor online GBIF (GBIF, 2020).

4- Resultados y discusión: Desarrollo de las características de la flora por encima de los 3000 metros de altitud:

A continuación se irán desarrollando una serie de características biológicas, ecológicas y corológicas del conjunto de la flora pirenaica que se encuentra por encima de los 3000 metros sobre el nivel del mar. Para desarrollar los siguientes apartados, es necesario comenzar mencionando brevemente algunos caracteres climáticos del medio con los que han de lidiar estas plantas. La isoterma de 0°C queda situada entre los 2700 m (Del Barrio *et al.*, 1990) y los 2975 m según datos no publicados de I. López y recogidos en Plantas de las cumbres del Pirineo (Gómez *et al.*, 2020). La temperatura desciende al aumentar la altitud, a un ritmo teóricamente constante de 0,6°C por cada 100 metros de desnivel (Rivas-Martínez *et al.*, 1991). Con un cálculo sencillo, se halla que, teóricamente, las temperaturas medias anuales por encima de esta cota oscilan aproximadamente entre los 0°C y los -1,8°C. Los organismos que aquí habitan poseen mecanismos para evitar las continuas heladas. Algunas plantas, como las que viven en zonas de neveros, quedan tapadas por la nieve durante todo el invierno, por lo que ésta las protege y aísla del exterior. Hay que señalar que en pleno verano y al sol, las rocas pueden calentarse hasta los 50°C a 2500 m (Gómez *et al.*, 2020), por lo que los vegetales han de soportar estas enormes oscilaciones térmicas. Queda por evaluar la precipitación de estas zonas, ya que actualmente no hay ninguna estación meteorológica a tanta altitud. La estación pirenaica situada a mayor altitud está en el Pic du Midi de Bigorre, a 2877 m. Puesto que la precipitación que cae en las cumbres desciende por filtración y escorrentía rápidamente, dominan en las zonas más verticales las posiciones edafoxerófilas. Esto significa que las plantas han de captar el agua cuando ésta está disponible, siendo habituales en esta flora adaptaciones comunes con la flora de algunos desiertos, puesto que el periodo favorable para el crecimiento y reproducción son muy breves en ambos medios.

- **4.1- Variabilidad taxonómica:**

Para abordar la diversidad de las cumbres se van a mostrar qué familias, géneros, especies y subespecies están presentes en esta flora. Actualmente se reconocen 186 taxones pertenecientes a 182 especies, cuatro de ellas con dos subespecies en esta flora: *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Erigeron uniflorus* L., *Festuca gautieri* (Hack.) K. Richt. y *Saxifraga pubescens* Pourr.. Esta diversidad se engloba en 32 familias botánicas, siendo las más ampliamente representadas las gramíneas (*Poaceae*) y las compuestas (*Compositae*), al igual que en la mayoría de floras. Esta flora de las cumbres pirenaicas tan adaptada al frío cuenta con géneros sobrerrepresentados respecto a la mayoría de floras (como *Saxifraga* L., *Carex* L., *Draba* L., etc.). Estos géneros tan nutridos en especies aquí también prosperan en otros lugares fríos del planeta, como por ejemplo en Groenlandia (Holt y Johansson, 2013). Las 182 especies reconocidas se reparten en 87 géneros, 48 de ellos monoespecíficos en esta flora. Los géneros con mayor número de taxones son *Saxifraga* L. (14 taxones), seguido de *Festuca* L. (9 taxones), y de *Carex* L. y *Poa* L. (7 taxones).

En la siguiente tabla (Tabla 1) se listan las familias comprendidas en esta obra ordenadas por número de taxones (la mayoría a nivel específico), acompañadas de los géneros con su número de taxones, ordenados alfabéticamente.

FAMILIA	Nº TAXONES	GÉNERO	Nº TAXONES	FAMILIA	Nº TAXONES	GÉNERO	Nº TAXONES				
GRAMINEAE	22	<i>Agrostis</i>	2	RANUNCULACEAE	7	<i>Pulsatilla</i>	2				
		<i>Festuca</i>	9			<i>Ranunculus</i>	4				
		<i>Helictotrichon</i>	1			<i>Thalictrum</i>	1				
		COMPOSITAE	20	<i>Oreochloa</i>	1	CRASSULACEAE	6	<i>Mucizonia</i>	1		
				<i>Poa</i>	7			<i>Rhodiola</i>	1		
				<i>Trisetum</i>	2			<i>Sedum</i>	2		
<i>Antennaria</i>	1			<i>Sempervivum</i>	2						
CARYOPHYLLACEAE	17			<i>Artemisia</i>	2	FABACEAE	5	<i>Astragalus</i>	1		
				<i>Aster</i>	1			<i>Medicago</i>	1		
				<i>Carduus</i>	1			<i>Oxytropis</i>	2		
				SAXIFRAGACEAE	14	<i>Crepis</i>	1	JUNCEAE	6	<i>Trifolium</i>	1
						<i>Doronicum</i>	1			<i>Juncus</i>	2
						<i>Erigeron</i>	3	GENTIANACEAE	5	<i>Luzula</i>	4
						<i>Gnaphalium</i>	2			<i>Comastoma</i>	1
						BRASSICACEAE	12	<i>Hieracium</i>	1	PRIMULACEAE	5
		<i>Leontopodium</i>	1					<i>Androsace</i>	3		
		<i>Leucanthemopsis</i>	1					CAMPANULACEAE	4	<i>Primula</i>	2
		<i>Scorzonerooides</i>	2							<i>Campanula</i>	3
		CYPERACEAE	8					<i>Senecio</i>	1	WOODSIACEAE	4
<i>Taraxacum</i>	2							<i>Athyrium</i>	1		
<i>Arenaria</i>	4					ERICACEAE	3	<i>Cystopteris</i>	3		
<i>Cerastium</i>	3							<i>Loiseleuria</i>	1		
<i>Minuartia</i>	5			<i>Rhododendron</i>	1						
POLYGONACEAE	3	<i>Paronychia</i>	1	RUBIACEAE	3	<i>Vaccinium</i>	1				
		<i>Sagina</i>	1			<i>Galium</i>	3				
		<i>Silene</i>	3			SALICACEAE	3	<i>Salix</i>	3		
		<i>Saxifraga</i>	14	DRYOPTERIDACEAE	2			<i>Dryopteris</i>	1		
		<i>Cardamine</i>	2					<i>Polystichum</i>	1		
		SCROPHULARIACEAE	9	<i>Coincya</i>	1	LABIATAE	2	<i>Thymus</i>	2		
<i>Draba</i>	5			ONAGRACEAE	2			<i>Epilobium</i>	2		
<i>Iberis</i>	1					PAPAVERACEAE	2	<i>Papaver</i>	2		
<i>Murbeckiella</i>	1							PLUMBAGINACEAE	2	<i>Armeria</i>	2
<i>Petrocallis</i>	1			ASPLENIACEAE	1	<i>Asplenium</i>	1				
<i>Pritzelago</i>	1	BORAGINACEAE	1			<i>Myosotis</i>	1				
<i>Alchemilla</i>	5			CHENOPODIACEAE	1	<i>Chenopodium</i>	1				
<i>Dryas</i>	1	CUPRESSACEAE	1			<i>Juniperus</i>	1				
<i>Potentilla</i>	5			OPHIOGLOSSACEAE	1	<i>Botrychium</i>	1				
<i>Sibbaldia</i>	1	PTERIDACEAE	1			<i>Cryptogramma</i>	1				
<i>Euphrasia</i>	2			VALERIANACEAE	1	<i>Valeriana</i>	1				
<i>Linaria</i>	1	VIOLACEAE	1			<i>Viola</i>	1				
<i>Pedicularis</i>	1										
<i>Veronica</i>	5										
<i>Carex</i>	7										
<i>Kobresia</i>	1										

- **4.2- Corología:**

Se exponen aquí los resultados obtenidos sobre la corología de los taxones comprendidos en esta obra, de acuerdo a la metodología explicada en el apartado correspondiente:

Tabla 2: Tabla que muestra el número de taxones (y su porcentaje) de cada grupo corológico (corotipo) presentes en esta flora.

Corotipo	Nº de taxones	% respecto al total
Orófito alpino	89	47,85
Boreoalpino	45	24,19
Endemismo Pirenaico	21	11,29
Endemismo Pirenaico-Cantábrico	7	3,76
Endemismo Ibérico	4	2,15
Eurosiberiano	3	1,61
Mediterráneo	9	4,84
Amplia distribución	8	4,30

Como es de esperar en una flora de alta montaña del sur de Europa, destacan los orófitos alpinos, plantas muy adaptadas a estas condiciones extremas de ausencia de suelos, elevada insolación, corto periodo vegetativo o bajas temperaturas. Por la misma razón, estas cumbres cuentan con un gran componente Boreoalpino. Ambas categorías suman casi las tres cuartas partes de las plantas de los territorios pirenaicos por encima de los 3000 metros de altitud. Destaca también el componente endémico, ya que debido al aislamiento de estas montañas del resto del arco alpino y de la Europa boreal tras las glaciaciones cuaternarias, se han originado especies nuevas bien adaptadas a las particulares condiciones ambientales de la cordillera pirenaica. De acuerdo con el triángulo de estrategias vitales de las plantas (Grime, 2001), estas plantas estarían en el ápice del triángulo de "tolerancia al estrés". Por otro lado, los endemismos ibéricos, eurosiberianos, mediterráneos y de amplia distribución pierden relevancia, acorde a sus nichos ecológicos, en general, más amplios (eurioicos) y no tan bien adaptados a estas condiciones ambientales. Estas últimas categorías, cuyas estrategias vitales son predominantemente competitivas y ruderales (Grime, 2001), tienen muy poca representación, al menos actualmente, en las cumbres pirenaicas.

- **4.3- Formas biológicas:**

Tabla 3: Tabla que muestra el número de taxones (y su porcentaje) de cada forma biológica presentes en esta flora.

Forma biológica	Nº de taxones	% respecto al total
Hemicriptófito	112	60,22
Caméfito	52	27,96
Geófito	14	7,53
Terófito	5	2,69
Nanofanerófito	3	1,61

Las plantas de montaña tienden a tener longevidades muy elevadas, por lo que las plantas anuales (terófitas) son muy escasas, desarrollándose en pequeños reductos de suelo, poco frecuente en este ambiente. Dominan sobre el resto los hemicriptófitos, ya que las dos familias con mayor número de especies lo son (gramíneas y la gran mayoría de compuestas). La siguiente categoría son los caméfitos, puesto que las plantas con crecimiento pulvinular se incluyen en esta categoría (por ejemplo, *Saxifraga* L. o *Androsace* L.). El crecimiento en pulvínulos es una estrategia adoptada por familias muy diferentes en las tundras árticas y altas montañas en todo el mundo. Este crecimiento favorece la formación de un microclima en su interior que mantiene la humedad y amortigua los cambios térmicos del exterior, además de retener la propia materia orgánica muerta de la planta, muy escasa en estos ambientes (Gómez *et al.*, 2020). La proporción de caméfitos aumenta con la altitud, siendo las plantas que crecen en los sitios más expuestos. Una característica destacable de estos pulvínulos es su longevidad, ya que pueden superar los 300 años como en el caso de *Silene acaulis* (L.) Hacq. (Morris y Doak, 1998). Algunos hemicriptófitos aprovechan estas plantas pulvinulares para crecer a su amparo, obteniendo las ventajas ecológicas de éstas, en un proceso denominado facilitación (Gómez *et al.*, 2020). Si se atiende a las categorías clásicas de la clasificación de Raunkiaer, se observa que en la alta montaña faltan hidrófitos y macrofanerófitos. Los primeros faltan por ausencia de hábitat, ya que es un mundo dominado por roquedos y pedrizas. Los macrofanerófitos no prosperan por la brevedad del periodo vegetativo y por su desproporcionado porte, incompatible con la severidad de las restrictivas condiciones ambientales.



Figura 2: Grupo de caméfitos pulviniformes (muy longevos) colonizando una repisa de roquedo en el Pirineo central: *Saxifraga pubescens* Pourr. subsp. *iratiana* (F.W. Schultz) Engl. & Irmsch, *Saxifraga bryoides* L., *Silene acaulis* (L.) Hacq., y *Minuartia sedoides* (L.) Hiern.

- **4.4- Distribución de sexos:**

A continuación se muestra en la Tabla 4 la distribución de sexos en la flora de las cumbres pirenaicas, tanto en número de taxones como en su porcentaje equivalente:

Distribución de sexos	Nº de taxones	% respecto al total
Hermafrodita	148	79,57
Monoica	17	9,14
Androdioica	1	0,54
Dioica	5	2,69
Ginodioica	3	1,61
Andromonoica	1	0,54
Ginomonoica	11	5,91

La mayoría de plantas (aproximadamente un 80%) en esta flora son hermafroditas, porcentaje similar a otras floras. El hermafroditismo facilita la autogamia, por lo que puede ser ventajoso en los casos de que la polinización resulte difícil, ya sea por el medio o por la ausencia de polinizadores.

- **4.5- Polinización:**

De acuerdo a las categorías explicadas en el apartado 3.5 sobre tipos de polinización, se exponen en la siguiente tabla (Tabla 5) los resultados obtenidos, mostrando el número de taxones y su porcentaje:

Tipo de polinización	Nº de taxones	% respecto al total
Entomogamia	126	67,74
Anemogamia	46	24,73
Hidrogamia	9	4,84
Autogamia	5	2,69

Una de los principales atractivos de la flora alpina son sus coloridas flores. En torno al 70% de las plantas alpinas (entomógamas más autógamias) presentan en muchos casos flores muy grandes y vistosas en relación al tamaño de la planta. Esto se debe a que deben hacerse muy visibles ante los escasos polinizadores durante el breve verano alpino (Gómez *et al.*, 2020). A este grupo pertenecen todas las plantas con flores petaloides, estructuras desarrolladas para la atracción de los insectos. En estos ambientes tan extremos, los grupos de insectos polinizadores frecuentes a menor altitud, como mariposas y coleópteros, pierden relevancia aunque no desaparecen. Los polinizadores más habituales y efectivos son los dípteros y los abejorros (género *Bombus* Latreille) (Korner, 1999). Otro gran grupo son las plantas anemógamas, quienes aprovechan los fuertes vientos de la alta montaña para dispersar su polen. En esta categoría dominan plantas con flores poco vistosas, principalmente no petaloides como las gramíneas y las cárices (Orden Poales), además de algunos sauces enanos. Las plantas hidrógamias son básicamente las pteridófitas, que necesitan el agua para dispersar sus esporas. La autogamia es un mecanismo secundario de polinización, ya que no hay intercambio genético con otros individuos y a largo plazo puede resultar

perjudicial para la especie. Puede venir bien en aquellas flores que por diferentes causas no consigan haber sido polinizadas por aire o insectos un determinado año, ya que es preferible formar semillas casi idénticas a la planta madre a no producir semillas. Seguramente la mayoría de plantas tengan la autogamia como estrategia secundaria, ya que de lo contrario no tendría sentido que hubiesen invertido recursos en formar estructuras destinadas a la atracción de los insectos, por ejemplo los pétalos. Cabe destacar que en ocasiones es difícil asignar una única categoría a cada taxón, ya que en función del lugar o la situación podrían incluirse en más de una. Estas categorías no dejan de ser artificios humanos, por lo que deben tomarse como una simplificación de la realidad.



Figura 3: Fotografía de la Mariposa *Aglais urticae* L. libando y polinizando un ejemplar de *Silene acaulis* (L.) Hacq. en el Macizo de La Munia.

- **4.6- Dispersión de semillas:**

Pese a que obras como Flora Iberica (Castroviejo *et al.*, 1986-2019) o Flora indicativa (Landolt *et al.*, 2010) sí que atribuyen estas categorías para la mayoría de las plantas, es sensato no dar cifras hasta un estudio más minucioso. Actualmente el conocimiento de algunos parámetros ecológicos de cada una de las especies de esta flora dista mucho de estar completo. Únicamente se ha estudiado a conciencia este parámetro en unas pocas especies alpinas. En el ámbito pirenaico no se ha estudiado la dispersión de semillas expresamente por encima de los 3000 metros. En esta cordillera se han estudiado en profundidad solamente unas pocas especies, pero ninguna de ellas llega a los 3000 metros (aunque no se quedan lejos de este límite) por ejemplo *Borderea pyrenaica* Bubani & Bordère ex Miégev. (García y Antor, 1995) o *Androsace cylindrica* DC. (Tejero, 2020, com. personal). Si actualmente se hiciese un análisis de este parámetro ecológico habría que incluir a muchas especies en la categoría de “Autocoria”, ya que no se sabe si la semilla, una vez en el suelo, es dispersada por hormigas, pájaros u otros animales. La autocoria sería una categoría en la que se incluirían de manera genérica todos aquellos taxones en los que no se sabe realmente qué agente predomina en la dispersión de sus semillas. Únicamente plantas con estructuras claramente identificables en las semillas o frutos podrían atribuirse a una categoría específica, como por ejemplo los vilanos de las semillas de las compuestas, los vilanos de *Dryas octopetala* L. y las semillas algodonosas de los sauces enanos (*Salix* spp.), que irían directamente a la categoría de anemócoras. Seguramente el caso más claro de zoocoria de esta flora sea *Vaccinium uliginosum* L., ya que posee frutos carnosos dulces comestibles por diferentes grupos de animales. Es frecuente encontrar, durante la época de presencia de frutos de arándano (finales de verano), excrementos de perdiz nival (*Lagopus muta* L.) de color morado debido a la gran cantidad de arándanos ingeridos por estas aves. Cabe esperar que los pteridófitos, que necesitan el agua para dispersar sus esporas, estuvieran incluidos también en la categoría de hidrócoras.



Figura 4: Izquierda: Fotografía de un excremento morado de Perdiz nival (*Lagopus muta* L.) debido a la ingesta de arándanos (*Vaccinium spp.*). Derecha: Fotografía de los aquenios de *Dryas octopetala* L., que una vez maduros son transportados por el viento.

- **4.7- Hábitats:**

La flora alpina crece en aquellos lugares que microclimáticamente son propicios para ellas, salpicando grietas de roquedos y aquellos lugares de las pedrizas donde el suelo no está demasiado profundo bajo la capa de clastos móviles, siendo lo más habitual que no haya grandes coberturas. De acuerdo a la teoría de Grime (Grime, 2001) ya mencionada anteriormente, las plantas que aquí se hallan son tolerantes al estrés y no competitivas, por lo que el hecho de que haya gran cantidad de suelo desnudo no sorprende.

Tabla 6, en la que se muestra el número de taxones (y su porcentaje) presentes en cada tipo de hábitat de esta flora (Como una misma planta puede estar en más de un hábitat, ni el número de plantas suman 186 ni los porcentajes suman 100).

Hábitat	Nº de taxones	% respecto al total
Pastos	97	52,15
Roquedos	91	48,92
Pedrizas	73	39,25
Ventisqueros	60	32,26
Humedales	17	9,14
Matorrales	9	4,84
Majadas	3	1,61

Este ambiente está dominado, como se ha dicho anteriormente, por un mundo rocoso vertical. En las repisas de los roquedos pueden quedar reductos de suelo, pequeñas superficies sobre las que se desarrollan pequeños pastos, dominados por musgos, gramíneas y cárices (Género *Carex L.*). Algo más de la mitad de esta flora puede verse en pastos. La flora de los roquedos y pedrizas tiene una gran relevancia, prueba de su adaptación a las altas montañas y a que son los hábitats que más superficie ocupan. Aquí son frecuentes los neveros, bien permanentes o bien que perduran hasta bien entrado el verano. La flora adaptada a estos fríos ambientes tiene que completar su ciclo vital en un periodo brevísimo de tiempo, denominándose flora quionófila. Estos neveros se forman en concavidades del terreno o en lugares donde la nieve es depositada y acumulada por el viento, denominándose todo ello “ventisqueros”. La flora de humedales está ligada aquí a pequeñas depresiones inundadas por la fusión nival, o crece en aquellos lugares donde discurren pequeños regatos alimentados por el deshielo. Los matorrales son muy escasos a tanta altitud, dándose únicamente en forma de individuos aislados o pequeños grupos de rododendro (*Rhododendron ferrugineum L.*) o enebro rastrero (*Juniperus comunis L. subsp. alpina (Suter) Čelak*), así como comunidades de *Loiseleuria procumbens (L.) Desv.* con *Vaccinium uliginosum L.* en unos pocos enclaves favorables. En este hábitat se han incluido únicamente nueve especies que normalmente crecen al amparo de estos matorrales, pero que, secundariamente, pueden crecer en otros ambientes. La flora de majadas se da, básicamente, en cumbres transitadas donde la gran afluencia de montañeros ha llevado sin saberlo semillas de especies que normalmente no se encontrarían a estas altitudes. No todas las semillas transportadas por la afluencia turística prosperan debido a la hostilidad del medio, pero algunas especies parecen volverse cada vez más frecuentes en estos ambientes “antropizados”. El pisoteo de collados y cumbres también puede acabar con la flora habitual, creando pequeños nichos para esta flora que está llegando de abajo, más adaptada a vivir en entornos perturbados. De acuerdo con el triángulo de estrategias vitales de plantas de Grime (Grime, 2001), estas plantas serían más ruderales y competitivas que las auténticas plantas alpinas. Esta flora “antrópica” es a día de hoy pobre por encima de los 3000 metros de altitud en Los Pirineos, y seguramente con el cambio climático y la masificación cada vez vaya cobrando mayor protagonismo.

En la alta montaña pirenaica, las asociaciones fitosociológicas están compuestas por muy pocas especies de plantas vasculares, por lo que la proporción de especies acompañantes aumenta. Lo que se sabe de los roquedos alpinos está estudiado, en general, en lugares situados a menos de 3000 metros, por lo que al estudiar ahora la flora a mayor altitud, muchas de las especies comprendidas en dichos estudios no superan los 3000 metros. Por ello, las asociaciones fitosociológicas por encima de los 3000 metros están muy pobremente definidas. Esta indefinición se acentúa debido a la gran cantidad de endemismos y características locales propias de cada macizo. Por tanto, y de acuerdo a los condicionantes ya expuestos, basar la comprensión de esta flora desde el punto de vista fitosociológico no sería lo más adecuado. Tratar de describir estas asociaciones serviría para complicar aún más la fitosociología y la nomenclatura (Benito Alonso, 2000). Como ejemplo, los roquedos silíceos alpinos pirenaicos quedan incluidos en la alianza *Androsacion vandellii*, cuya planta nominal (*Androsace vandellii* (Turra) Chiov.) no supera en Los Pirineos los 2850 metros de altitud.



Figura 5: *Saxifraga pubescens* Pourr. subsp. *iratiana* (F.W. Schultz) Engl. & Irmsch, un endemismo pirenaico frecuente en los roquedos alpinos.

- **4.8- Preferencia edáfica:**

Los Pirineos cuentan con 11 macizos que superan los 3000 metros, predominando en ellos la litología silíceo, siendo el granito la roca más abundante. También pueden encontrarse a esta cota areniscas, lutitas, calizas y mármoles. En general los suelos son ácidos, ya que aunque haya una roca madre *a priori* básica, como la caliza, debido al intenso lavado y la pendiente, suele dominar el pH ácido.

A continuación se muestra la Tabla 7, mostrando las preferencias edáficas de la flora de las cumbres pirenaicas:

Preferencia edáfica	Nº de taxones	% respecto al total
Calcícola	50	26,88
Indiferente	51	27,42
Silicícola	85	45,70

La flora que se comprende en este trabajo es preferentemente silicícola. Esto puede deberse a que la mayor parte del territorio ubicado por encima de los 3000 metros está formado, como ya se ha dicho, por silicatos. Las plantas calcícolas e indiferentes al sustrato tienen la misma representación en esta flora. Esto significa que, *grosso modo*, podemos encontrar unas 100 plantas sobre materiales calcáreos (calizas, algunos mármoles o areniscas calcáreas) y unas 130 sobre materiales silíceos (granitos, lutitas o areniscas silíceas).



Figura 6: Pulvínulo de *Androsace ciliata* DC., un endemismo pirenaico de cumbres que crece tanto en sustratos ácidos como básicos

• **4.9- Distribución de la flora en altitud:**

Se han encontrado 186 plantas en Los Pirineos por encima de la cota de los 3000 m, 35 de las cuales tienen su límite altitudinal superior justo a esta cota (como por ejemplo, *Androsace pyrenaica* Lam. que crece en el “Paso del Gato”, en el Pico de La Munia). A continuación se muestra una tabla en la que se aprecia el descenso de la riqueza al aumentar la altitud:



Gráfica 1: Gráfica que muestra la disminución del número de taxones al aumentar la altitud.

Ninguna de las 182 especies (186 taxones) es exclusiva de las cotas superiores a los 3000 m de los Pirineos, encontrándose todas ellas a cotas más bajas. Como se puede ver en la gráfica, la diversidad de las especies disminuye al aumentar la altitud. Esto es debido básicamente a dos factores: el primero es que cada vez las condiciones climáticas son más limitantes. El segundo es que al aumentar la altitud cada vez hay menos superficie, y ello se traduce en una reducción de áreas adecuadas, con ajustada orientación, insolación, diversidad de sustrato, etc.

Si atendemos al límite altitudinal superior, encontramos que actualmente trece especies han colonizado la cumbre del Aneto. Entre ellas cabe destacar *Saxifraga oppositifolia* L., una de las plantas mejor representadas en las tundras árticas y especie que ostenta el récord de crecimiento a mayor latitud del mundo, superando los 83°N en Groenlandia (GBIF, 2020). Otro dato interesante de la flora de la cumbre del Aneto es que, de las

trece especies, dos son endémicas pirenaicas: *Androsace ciliata* DC. y *Saxifraga pubescens* Pourr. subsp. *iratiana* (F.W. Schultz) Engl.& Irmsch.



Figura 7: Arriba: *Saxifraga oppositifolia* L. durante su floración en plena fusión nival, una de las plantas boreoalpinas que crecen en la cumbre del Pico Aneto.

Abajo: *Draba fladnizensis* Wulfen en fructificación, la especie menos frecuente de cuales crecen en la cumbre del Pico Aneto. Fotografía tomada en el Pico Aneto.

• **4.10- Territorios administrativos y riqueza de esta flora:**

Las regiones administrativas en las que se divide el Pirineo son: Pirénées-Atlantiques, Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne, Ariège, Aude, Pyrénées-Orientales, Cataluña, Andorra, Aragón, Navarra y País Vasco. De entre estas once regiones administrativas, los macizos montañosos que superan los 3000 metros se reparten entre cinco: Ariège, Aragón, Cataluña, Haute-Garonne y Hautes Pyrénées (en la siguiente tabla iluminados en verde). El resto de regiones, seis (iluminadas en rojo), no poseen cumbres que superen la cota de los 3000 m, pero ello no implica que sus montañas alberguen muchas de las plantas que en otros territorios alcancen dicha cota.

Tabla 8: Tabla que muestra el número de taxones y su porcentaje que se encuentran en cada una de las 11 regiones administrativas en las que se dividen Los Pirineos. En verde las regiones en las que se distribuyen los territorios con altitudes superiores a los 3000 metros, en rojo las regiones en las que no. (Como una misma planta puede estar en más de un territorio, ni el número de taxones suman 186 ni los porcentajes suman 100).

Territorio administrativo	Nº de taxones	% respecto al total
Andorra	166	89,25
Ariège	167	89,78
Aude	118	63,44
Aragón	179	96,24
Cataluña	183	98,39
Haute-Garonne	160	86,02
Hautes-Pyrénées	179	96,24
Navarra	112	60,22
País Vasco	32	17,20
Pyrénées-Atlantiques	151	81,18
Pyrénées-Orientales	161	86,56

Se aprecia que las regiones que cuentan con territorios por encima de los 3000 metros de altitud tienen en general mayor número de plantas propias de éstos. Esto se explica porque de las plantas comprendidas en esta obra, ninguna es exclusiva del territorio comprendido por encima de los 3000 metros. Los territorios que tienen cumbres de 3000 metros en general tienen más superficie alpina (por encima de los 2300 m) y por

tanto, más posibilidades de albergar las plantas seleccionadas en este trabajo. Dicho esto, no sorprende que Andorra, que carece de territorio superior a esta cota, pero con gran superficie alpina, tenga más flora de la aquí comprendida que Haute-Garonne, que sí cuenta con altitudes que superan los 3000 m (macizo de Perdiguero-Gourgs Blancs. Esto concuerda con la gráfica 1, en la que se aprecia cómo hay mayor diversidad conforme se desciende en altitud.

- **4.11- Vínculo de la flora con otras cordilleras europeas:**

A continuación se muestran un mapa con las principales cordilleras en los contextos europeo e ibérico y una tabla que representa la cantidad de taxones comunes entre Los Pirineos y dichas cadenas montañosas:

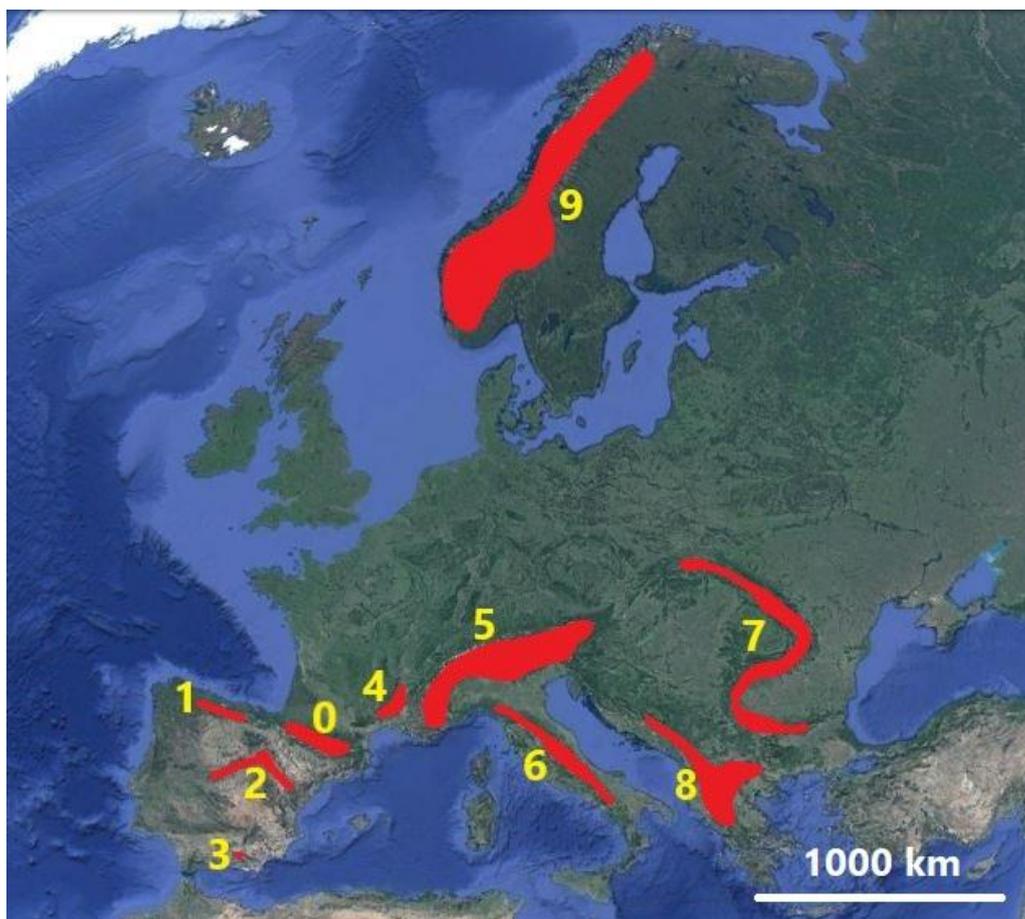


Figura 8: Mapa en el que se muestran las principales áreas montañosas de Europa y de la Península Ibérica: 0-Pirineos, 1-Cordillera Cantábrica, 2-Sistemas Ibérico y Central, 3-Sierra Nevada, 4-Macizo Central Francés, 5-Alpes, 6-Apeninos, 7-Cárpatos, 8-Balcanes, 9-Alpes Escandinavos. (Mapa obtenido de Google Earth).

Tabla 9: Tabla que muestra el número de taxones (y su porcentaje) comunes que se encuentran en otras cordilleras, europeas e ibéricas. (Como una misma planta puede estar en más de un territorio, ni el número de plantas suman 186 ni los porcentajes suman 100).

Cordillera	Nº de taxones	% respecto al total
Alpes	145	77,96
Cordillera Cantábrica	112	60,22
Cárpatos	106	56,99
Apeninos	95	51,08
Balcanes	89	47,85
Macizo Central Francés	80	43,01
Sistemas Ibérico y Central	57	30,65
Alpes Escandinavos	56	30,11
Sierra Nevada	43	23,12

El mayor vínculo de la flora de las cumbres pirenaicas se da con los Alpes (con quien comparten casi el 80% de las especies). La segunda área montañosa con gran similitud es, debido a su proximidad y latitud, la Cordillera Cantábrica. La tercera cordillera en cuanto especies comunes son los Cárpatos, que comparten latitud con el eje pirenaico. Esto sugiere la idea de que las glaciaciones del Pleistoceno dejaron a las plantas boreoalpinas, durante su expansión hacia el sur, en el eje Pirenaico-Alpino-Carpático. El resto de cordilleras tienen un menor grado de correspondencia, debido bien a su lejanía o debido a la ausencia de hábitat de aquellas plantas más exigentes.

5- Conclusiones:

- 1- El resultado del análisis de la flora que vive por encima de los 3000 metros en Los Pirineos señala que las dos familias principales son las gramíneas y las compuestas, pero tienen representación otras 30 familias cuyas especies presentan adaptaciones convergentes que les permiten sobrevivir en estos restrictivos ambientes.
- 2- Las cumbres pirenaicas albergan gran cantidad de taxones endémicos de la cordillera, que junto a especies de más amplio rango de distribución forman unas composiciones florísticas únicas en el mundo.
- 3- El análisis de la flora que vive por encima de 3000 m en Los Pirineos es un bioindicador de su papel como refugio de flora ártica existente en el sur de Europa, por lo que la conservación de este ambiente y su biodiversidad resulta prioritaria.
- 4- Se ha detectado la necesidad de investigar múltiples factores ecológicos y biológicos en la flora de las cumbres pirenaicas, cuyo estudio en profundidad nos permitiría conocer el papel ecológico que desempeñan las plantas en este medio tan particular, así como comprender las redes ecológicas completas.
- 5- A pesar de haberse estudiado durante largo tiempo, hay aún muchas cumbres y territorio por prospectar, por lo que se podrían encontrar plantas por encima de 3000 metros hasta ahora no consideradas en este trabajo.
- 6- Sería necesario replicar estos muestreos a lo largo de los años para saber cómo afecta el cambio climático a las plantas alpinas, y así conocer sus posibles cambios fenológicos o migratorios.

6- Bibliografía:

- Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España. versión 2.3.2012 (2012) [Página web]. Disponible en: <http://www.anthos.es/> (Accedido en: 10 de octubre 2020).
- Benito Alonso, J. L. (2000). “El *Androsacion vandellii* en el Pirineo: *Androsacetosum pyrenaicae*, nueva asociación de los extraplomos silíceos”, *Acta Botanica Malacitana*, 25, pp. 206-219.
- Bolòs, O. y Vigo, J. (1984-2001) *Flora dels Països Catalans*. 4 vols. Barcelona: Barcino.
- Buyse, J. (1990) *Los tresmiles del Pirineo*. 1ª ed. Barcelona: Martínez Roca.
- Castroviejo, S. (coord. gen.) (1986-2019) *Flora iberica*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- De Candolle, A. P. (1807) *Voyage de Tarbes. Première grande traversée des Pyrénées*. Portet sur Garonne. Edición facsímil de Bourneton, A. (1999). 1ª ed. Portet-sur-Garonne: Loubatières.
- Del Barrio, G., Creus, J. y Puigdefábregas, J. (1990). “Thermal Seasonality of the High Mountain Belts of the Pyrenees”, *Mountain Research and Development*, 10(3), pp. 227-233.
- Derrick L.N., Jermy, A.C. y Paul, A.M. (1987) “Checklist of European Pteridophytes” *Sommerfeltia*, (6), pp. 11-94.
- Floragon (2005) *Atlas de la flora de Aragón*. Disponible en: <http://floragon.ipe.csic.es/index.php> (Accedido en: 10 de octubre 2020).
- FLORAPYR (sin fecha) *Atlas de la flora del Pirineo*. Disponible en: <http://www.florapirineos.ipe.csic.es/> (Accedido en: 10 de octubre 2020).
- García, M. B, y Antor, R. J. (1995) “Sex ratio and sexual dimorphism in the dioecious *Borderea pyrenaica* (Dioscoreaceae)” *Oecología*, (101), pp. 59-67.
- García Rollán, M. (2010) *Plantas españolas a más de 3000 metros*. Madrid: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.

- GBIF (2020) *Global Biodiversity Information Facility*. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/> (Accedido en: 10 de octubre 2020).
- Gómez, D., Ferrández, J.V., Bernal, M., Campo, A., Retamero, J.R.L., y Ezquerro, V. (2020) *Plantas de las cumbres del Pirineo*. Jaca: Prames.
- Grime, J. P. (2001) *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. Chichester: Wiley & Sons.
- Holt, S. y Johansson, J.T. (2013) *Plants of Greenland*. Disponible en: <https://fieldguides.fieldmuseum.org/es/guías/guía/548> (Accedido en: 10 de octubre 2020).
- Körner, Ch. (1999) *Alpine Plant Life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Berlin: Springer.
- Landolt, E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F.A., Lämmler, W., Nobis, M., Rudmann-Maurer, K., Schweingruber, F.H., Theurillat, J.-P., Urmi, E., Vust, M. y Wohlgemuth, T. (2010) *Flora indicativa: Ecological Indicator Values and Biological Attributes of the Flora of Switzerland and the Alps*. 2.^a ed. Genève: Conservatoire et jardin botaniques de la Ville de Genève.
- Morris, W. F. y Doak, D. F. (1998) "Life history of the long-lived gynodioecious cushion plant *Silene acaulis* (Caryophyllaceae) inferred from size-based population projection matrices", *American journal of botany*, 85(6), pp. 784-793.
- Nicol, A. (2015) "Pyrénées: flore alpine. Les plantes «pyrénéistes»", *Pyrénées*, (263), pp. 4-19.
- Ramond de Carbonnières, L. F. (1789). *Herborisations dans les Hautes-Pyrénées*. Paris. Edición facsímil de Mayoux, P. (1997). Paris: Randonnées pyrénéennes.
- Raunkiaer, C. (1934) *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford: Oxford University Press.
- Renobales, G. (2012) *Gentianeae Dumort* en Talavera, S., Andrés, C., Arista, M., Fernández Piedra, M.P., Gallego, M.J., Ortiz, P.L., Romero Zarco, C., Salgueiro, F.J., Silvestre, S. & Quintanar, A. (eds.) *Flora iberica* 11: 5-35. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.

- Rivas-Martínez, S., Báscones, J.C., Díaz, T. E., Fernández González, F. y Loidi, J. (1991) “Vegetación del Pirineo occidental y Navarra”, *Itinera Geobotanica*, (5), pp. 5-455.
- Saule, M. (2018) *Nouvelle Flore illustrée des Pyrénées*. Pau: Pin à crochets.
- The Plant List (2013) The Plant List: A working list of all species. Disponible en: <http://www.theplantlist.org/> (Accedido en: 10 de octubre 2020).
- Tison J.-M. y De Foucault, B. (coords) (2014) *Flora Gallica-Flore de France*. Paris: Biotope.
- Tutin, T.G., Heywood, V.H, Burges, N.A., Valentine, D.H., Watters, S.M., y Webb, D.A. (1964-1980). *Flora europaea*. 5 Vols. Cambridge. Cambridge University Press.
- Vallot, J. (1885) “Flore glaciale des Hautes-Pyrénées”, *Bull. Soc. bot. De France*. doi:10.1080/00378941.1885.10828312
- Villar, L., Sesé, J.A. y Ferrández, J.V. (1997-2001) *Atlas de la Flora del Pirineo Aragonés*, 2 vols. Huesca y Zaragoza. Instituto de Estudios Altoaragoneses-Consejo de Protección de la Naturaleza.

Anexo 1. Listado de plantas y altitud máxima que alcanzan:

TAXÓN Y AUTOR	Altitud máxima que alcanza
<i>Agrostis alpina</i> Scop.	3355
<i>Agrostis rupestris</i> All.	3177
<i>Alchemilla alpigena</i> Buser ex. Hegi	3100
<i>Alchemilla alpina</i> L.	3100
<i>Alchemilla fissa</i> Günther & Schummel	3050
<i>Alchemilla flabellata</i> Buser	3100
<i>Alchemilla saxatilis</i> Buser	3300
<i>Androsace ciliata</i> DC	3401
<i>Androsace helvetica</i> (L.) All.	3060
<i>Androsace pyrenaica</i> Lam	3000
<i>Antennaria carpatica</i> (Wahlenb.) Hook. subsp. <i>helvetica</i> (Chrtek & Pouzar) Chrtek & Pouzar	3000
<i>Arenaria grandiflora</i> L.	3000
<i>Arenaria moehringioides</i> Murr.	3146
<i>Arenaria purpurascens</i> Ramond ex DC	3200
<i>Arenaria tetraquetra</i> L.	3200
<i>Armeria alpina</i> Willd.	3400
<i>Armeria bubanii</i> G.H.M.Lawr	3200
<i>Artemisia eriantha</i> Ten.	3200
<i>Artemisia umbelliformis</i> Lam.	3350
<i>Asplenium viride</i> Huds.	3248
<i>Aster alpinus</i> L.	3000
<i>Astragalus australis</i> (L.) Lam.	3060
<i>Athyrium distentifolium</i> Tausch ex Opiz	3050
<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	3036
<i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	3100
<i>Campanula rotundifolia</i> L. subsp. <i>rotundifolia</i>	3000
<i>Campanula scheuchzeri</i> Vill.	3150
<i>Cardamine bellidifolia</i> L. subsp. <i>alpina</i> (Willd.) B.M.G. Jones	3250
<i>Cardamine resedifolia</i> L.	3219
<i>Carduus carlinoides</i> Gouan.	3012
<i>Carex atrata</i> L.	3100
<i>Carex capillaris</i> L.	3000
<i>Carex curvula</i> All.	3067
<i>Carex echinata</i> Murray	3000
<i>Carex parviflora</i> Host	3164
<i>Carex pyrenaica</i> Wahlenb.	3100
<i>Carex rupestris</i> All.	3000
<i>Cerastium alpinum</i> L.	3400

<i>Cerastium cerastoides</i> (L.) Britton	3230
<i>Cerastium pyrenaicum</i> J. Gay	3110
<i>Chenopodium bonus-henricus</i> L.	3034
<i>Coincya monensis</i> (L.) Greuter & Burdet subsp. <i>cheiranthos</i> (Vill.) Aedo, Leadlay & Muñoz Garm.	3034
<i>Comastoma tenellum</i> (Rottb.) Toyok.	3000
<i>Crepis pygmaea</i> L.	3130
<i>Cryptogramma crista</i> (L.) R. Br. ex Hook.	3134
<i>Cystopteris alpina</i> (Lam.) Desv.	3250
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh. subsp. <i>huteri</i> (Hausm. exMilde) Prada & Salvo	3250
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh. subsp. <i>fragilis</i>	3250
<i>Doronicum grandiflorum</i> Lam.	3000
<i>Draba aizoides</i> L.	3300
<i>Draba dubia</i> Suter subsp. <i>laevipes</i> (DC.) Braun-Blanq.	3370
<i>Draba fladnizensis</i> Wulfen	3400
<i>Draba siliquosa</i> M. Bieb. subsp. <i>carinthiaca</i> (Hoppe) O. Bolòs & Vigo	3250
<i>Draba tomentosa</i> Clairv. subsp. <i>ciliigera</i> (O.E. Schulz) O. Bolòs & Vigo	3370
<i>Dryas octopetala</i> L.	3040
<i>Dryopteris oreades</i> Fomin	3000
<i>Epilobium alsinifolium</i> Vill.	3000
<i>Epilobium anagallidifolium</i> Lam.	3130
<i>Erigeron alpinus</i> L.	3248
<i>Erigeron uniflorus</i> L. subsp. <i>aragonensis</i> (Vierh.) O. Bolòs & Vigo	3180
<i>Erigeron uniflorus</i> L. subsp. <i>uniflorus</i>	3260
<i>Euphrasia alpina</i> Lam.	3112
<i>Euphrasia minima</i> Jacq. ex DC	3010
<i>Festuca airoides</i> Lam.	3000
<i>Festuca alpina</i> Suter	3280
<i>Festuca borderei</i> (Hack.) K. Richt.	3200
<i>Festuca eskia</i> Ramond ex DC.	3110
<i>Festuca gautieri</i> (Hack.) K. Richt. subsp. <i>gautieri</i>	3000
<i>Festuca gautieri</i> (Hack.) K. Richt. subsp. <i>scoparia</i> (A.Kern. & Hack.) Kerguelen	3000
<i>Festuca glacialis</i> (Hack.) Miégeville ex K. Richt.	3300
<i>Festuca pyrenaica</i> Reut.	3050
<i>Festuca yvesii</i> Sennen & Pau	3000
<i>Galium cespitosum</i> Lam.	3050
<i>Galium cometerhizon</i> Lapeyr.	3100
<i>Galium pyrenaicum</i> Gouan.	3070
<i>Gentiana alpina</i> Vill.	3220
<i>Gentiana nivalis</i> L.	3055

<i>Gentiana terglouensis</i> Hacq. subsp. <i>schleicheri</i> (Vacc.) Tutin	3015
<i>Gentiana verna</i> L.	3050
<i>Gnaphalium hoppeanum</i> W.D.J. Koch	3012
<i>Gnaphalium supinum</i> L.	3200
<i>Helictotrichon sedenense</i> (DC.) Holub	3260
<i>Hieracium piliferum</i> Hoppe	3100
<i>Iberis spathulata</i> DC.	3050
<i>Juncus alpinoarticulatus</i> Chaix	3000
<i>Juncus trifidus</i> L.	3000
<i>Juniperus communis</i> L. subsp. <i>alpina</i> (Suter) Čelak	3080
<i>Kobresia myosuroides</i> (Vill.) Fiori	3036
<i>Leontopodium alpinum</i> Cass.	3030
<i>Leucanthemopsis alpina</i> (L.) Heywood	3300
<i>Linaria alpina</i> (L.) Mill.	3300
<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv.	3050
<i>Luzula alpinopilosa</i> (Chaix) Breistr.	3050
<i>Luzula lutea</i> (All.) DC.	3000
<i>Luzula pediformis</i> (Chaix) DC.	3100
<i>Luzula spicata</i> (L.) DC.	3100
<i>Medicago suffruticosa</i> Ramond ex DC.	3000
<i>Minuartia cerastiifolia</i> (Ramond ex DC.) Graebn.	3375
<i>Minuartia recurva</i> (All.) Schinz & Th ell.	3000
<i>Minuartia sedoides</i> (L.) Hiern	3400
<i>Minuartia verna</i> (L.) Hiern	3355
<i>Minuartia villarii</i> (Balb.) Wilczek & Chenevard	3030
<i>Mucizonia sedoides</i> (DC.) D.A. Webb	3080
<i>Murbeckiella pinnatifida</i> (Lam.) Rothm.	3100
<i>Myosotis alpestris</i> F.W.Schmidt subsp. <i>pyrenaeorum</i> (Blaise & Kerguélen) Valdés	3118
<i>Oreochloa disticha</i> (Wulfen) Link subsp. <i>blanka</i> (Deyl) P. Küpfer	3150
<i>Oxyria digyna</i> (L.) Hill	3300
<i>Oxytropis halleri</i> W. D. J. Koch	3060
<i>Oxytropis neglecta</i> Ten.	3110
<i>Papaver alpinum</i> L.	3000
<i>Papaver lapeyrousianum</i> Gutermann	3062
<i>Paronychia polygonifolia</i> (Vill.) DC.	3000
<i>Pedicularis kernerii</i> Dalla Torre	3200
<i>Petrocallis pyrenaica</i> (L.) R. Br.	3160
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.	3134
<i>Poa alpina</i> L.	3401
<i>Poa cenisia</i> All.	3080
<i>Poa glauca</i> Vahl.	3000
<i>Poa laxa</i> Haenke	3400

<i>Poa minor</i> Gaudin	3254
<i>Poa nemoralis</i> L. var. <i>glauca</i> Gaudin	3000
<i>Poa supina</i> Schrad.	3250
<i>Polygonum viviparum</i> L.	3070
<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth	3100
<i>Potentilla alchemilloides</i> Lapeyr.	3050
<i>Potentilla brauniana</i> Hoppe	3300
<i>Potentilla crantzii</i> (Crantz) G. Beck ex Fritsch	3212
<i>Potentilla frigida</i> Vill.	3300
<i>Potentilla nivalis</i> Lapeyr.	3340
<i>Primula hirsuta</i> All.	3030
<i>Primula integrifolia</i> L.	3080
<i>Pritzelago alpina</i> (L.) O. Kuntze subsp. <i>alpina</i>	3400
<i>Pulsatilla alpina</i> (L.) Delarbre subsp. <i>apiifolia</i> (Scop.) Nyman	3000
<i>Pulsatilla vernalis</i> (L.) Mill.	3010
<i>Ranunculus alpestris</i> L.	3000
<i>Ranunculus angustifolius</i> DC.	3100
<i>Ranunculus glacialis</i> L.	3400
<i>Ranunculus pyrenaicus</i> L.	3000
<i>Rhodiola rosea</i> L.	3005
<i>Rhododendron ferrugineum</i> L.	3200
<i>Rumex scutatus</i> L.	3150
<i>Sagina saginoides</i> (L.) H. Karst.	3248
<i>Salix herbacea</i> L.	3080
<i>Salix reticulata</i> L.	3070
<i>Salix retusa</i> L.	3000
<i>Saxifraga aizoides</i> L.	3000
<i>Saxifraga androsacea</i> L.	3360
<i>Saxifraga bryoides</i> L.	3400
<i>Saxifraga geranioides</i> L.	3000
<i>Saxifraga intricata</i> Lapeyr.	3100
<i>Saxifraga moschata</i> Wulfen	3400
<i>Saxifraga oppositifolia</i> L.	3401
<i>Saxifraga paniculata</i> Mill.	3150
<i>Saxifraga pentadactylis</i> Lapeyr. subsp. <i>pentadactylis</i>	3200
<i>Saxifraga praetermissa</i> D.A. Webb	3300
<i>Saxifraga pubescens</i> Pourr. subsp. <i>iratiana</i> (F.W. Schultz) Engl. & Irmsch	3401
<i>Saxifraga pubescens</i> Pourr. subsp. <i>pubescens</i>	3290
<i>Saxifraga retusa</i> Gouan	3050
<i>Saxifraga stellaris</i> L.	3110
<i>Scorzoneroides duboisii</i> (Sennen) Greuter	3000
<i>Scorzoneroides pyrenaica</i> (Gouan) Holub	3212
<i>Sedum alpestre</i> Vill.	3254

<i>Sedum atratum</i> L.	3080
<i>Sempervivum arachnoideum</i> L.	3080
<i>Sempervivum montanum</i> L.	3134
<i>Senecio pyrenaicus</i> L.	3212
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	3177
<i>Silene acaulis</i> (L.) Jacq.	3375
<i>Silene pusilla</i> Waldst. & Kit.	3280
<i>Silene rupestris</i> L.	3000
<i>Taraxacum panalpinum</i> Soest	3100
<i>Taraxacum pyrenaicum</i> Reut.	3300
<i>Thalictrum alpinum</i> L.	3000
<i>Thymus nervosus</i> J. Gay ex Willk.	3060
<i>Thymus praecox</i> Opiz subsp. <i>polytrichus</i> (A. Kern. ex Borbás) Jalas	3150
<i>Trifolium alpinum</i> L.	3020
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P.Beauv. subsp. <i>baregense</i> (Laff. & Miégev.) O.Bolòs, Masalles & Vigo	3025
<i>Trisetum spicatum</i> (L.) K.Richt. subsp. <i>ovatipaniculatum</i> Hultén ex Jonsell	3300
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	3000
<i>Valeriana apula</i> Pourr.	3030
<i>Veronica alpina</i> L.	3300
<i>Veronica aphylla</i> L.	3355
<i>Veronica bellidioides</i> L.	3010
<i>Veronica fruticans</i> Jacq.	3000
<i>Veronica nummularia</i> Gouan	3375
<i>Viola diversifolia</i> (Ging.) W. Becker	3050