



UNIVERSIDAD DE OVIEDO  
Vicerrectorado de Internacionalización y Postgrado



## Máster en Biotecnología Aplicada a la Conservación y Gestión Sostenible de Recursos Vegetales

### TRABAJO FIN DE MÁSTER

# DIVERSIDAD TAXONÓMICA, ECOLÓGICA Y FUNCIONAL DE LAS COMUNIDADES ALPINAS EN EL PARQUE NACIONAL DE PICOS DE EUROPA



Teresa García Gutiérrez  
21/JULIO/2014

Máster en Biotecnología Aplicada a la Conservación y Gestión  
Sostenible de Recursos Vegetales

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DIVERSIDAD TAXONÓMICA, ECOLÓGICA Y FUNCIONAL DE LAS  
COMUNIDADES ALPINAS EN EL PARQUE NACIONAL DE PICOS DE  
EUROPA

Teresa García Gutiérrez



Firma

Borja Jiménez-Alfaro González



Firma

Tomás Emilio Díaz González



Firma

## ÍNDICE

1. RESUMEN.....	pág. 4
2. INTRODUCCIÓN.....	págs. 5-6
3. MÉTODOS.....	págs. 6-10
3.1 Área de distribución.....	págs. 6-7
3.2 Datos de flora y vegetación.....	pág. 7
3.3 Rasgos de las plantas.....	págs. 7-9
3.4 Clasificación y descripción de comunidades.....	págs. 9-10
3.5 Análisis de los rasgos de las plantas.....	pág. 10
4. RESULTADOS.....	págs. 10-17
4.1 Diversidad taxonómica.....	págs. 10-13
4.2 Índice CWM.....	págs. 13-15
4.3 Índice de RAO.....	págs. 16-17
5. DISCUSIÓN.....	págs.. 17-19
6. CONCLUSIONES.....	págs. 19-20
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	págs. 20-23
ANEXO I.....	págs. 24-27

## 1. RESUMEN

### Resumen:

**García Gutiérrez T. 2014.** DIVERSIDAD TAXONÓMICA, ECOLÓGICA Y FUNCIONAL DE LAS COMUNIDADES ALPINAS EN EL PARQUE NACIONAL DE PICOS DE EUROPA

La vegetación de alta montaña figura entre los ecosistemas con mayor sensibilidad al cambio global. Para comprender los cambios que suceden en las comunidades alpinas es necesario caracterizar su diversidad vegetal. En este estudio se compara la diversidad taxonómica y funcional de 101 parcelas en el piso alpino del macizo central de Picos de Europa. Se realizó un análisis de clasificación divisivo que determinó la existencia de dos principales tipos de comunidades vegetales: una dominada por *Galium pyrenaicum* y otra por *Carex sempervirens* y se evaluó su diversidad taxonómica. Para entender los factores ambientales que mejor explican dichas comunidades se realizó un análisis multivariante DCA. Además, se analizó la variación de rasgos biogeográficos, ecológicos y funcionales mediante CWM y el Índice de RAO. La diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  es más elevada en la comunidad dominada por *Carex sempervirens*. En cuanto a los resultados del CWM y del Índice de RAO se han encontrado diferencias significativas entre ambas comunidades. Se encontró que el tipo de comunidad dominada por *Carex sempervirens* presenta una mayor diversidad taxonómica respecto a la de *Galium pyrenaicum*, sin embargo, la diversidad funcional es más elevada en esta última. Los resultados obtenidos no solamente sirven para caracterizar a las comunidades alpinas de Picos de Europa, sino que son importantes para comprender los efectos del cambio climático sobre dichas comunidades y para poder establecer estrategias de conservación.

### Summary:

**García Gutiérrez T. 2014.** TAXONOMIC, ECOLOGICAL AND FUNCTIONAL DIVERSITY OF THE ALPINE COMMUNITIES IN THE NATIONAL PARK OF PICOS DE EUROPA

The high mountain vegetation is one of the most sensitive ecosystems to global change. To understand the changes that happens in alpine communities is necessary to characterize its plant diversity. In this study the taxonomic and functional diversity of 101 plots in alpine belt of the central massif of Picos de Europa is compared. Divisive classification analysis was made to determined the existence of two main communities of vegetation: one dominated by *Galium pyrenaicum* and other by *Carex sempervirens* and also its taxonomic diversity was evaluated. A DCA multivariate analysis was carried out to understand the environmental factors that better explain this communities. In addition, variation in biogeographic, ecological and functional traits was analyzed using CWM and RAO Index. The diversity  $\alpha$  and  $\beta$  is higher for the community dominated by *Carex sempervirens*. At the results about CWM and RAO Index were founded significant differences between both communities. It was founded that the community dominated by *Carex sempervirens* has a larger taxonomic diversity regarding *Galium pyrenaicum*, however, functional diversity is higher in the last one. The results show us how the alpine communities of Picos de Europa are characterize, it is important to understand the effects of climate change on these communities, and they are also important to establish conservation strategies.

## 2. INTRODUCCIÓN

La alta montaña es uno de los ecosistemas que mayor biodiversidad alberga en Europa (Nagy & Grabherr, 2009). La diversidad vegetal de las comunidades alpinas ha sido influenciada principalmente por acontecimientos del pasado y por el aislamiento biogeográfico postglacial con repercusiones en cuanto a extinción local y especiación (Taberlet et al. 1998). En las montañas del sur de Europa, estos procesos han dado lugar a la diferenciación de comunidades vegetales relictas (Jiménez-Alfaro et al. 2012), y se han verificado cambios recientes en la vegetación alpina impulsados por el cambio climático (Pauli et al. 2012). En las últimas décadas muchas de las especies han cambiado su límite superior de distribución en las montañas, lo que se traduce en un aumento de la riqueza de especies en zonas más elevadas (Pauli et al. 2012). Algunos autores consideran que este enriquecimiento de especies es debido a una recolonización después de la Pequeña Edad del Hielo (Kammer et al. 2007). Sin embargo, el calentamiento global consecuencia del cambio climático se considera la principal causa (Pauli et al. 2007; Vittoz et al. 2008; Walther et al. 2005). Para entender los cambios que acontecen en áreas de alta montaña, es necesario caracterizar su diversidad vegetal.

Entre las principales medidas de diversidad que sirven para caracterizar las comunidades vegetales se pueden diferenciar tres: la diversidad taxonómica, que se refiere al número y abundancia relativa de especies presentes en una comunidad; la diversidad funcional, que se refiere a los diferentes tipos de procesos que tienen lugar en una comunidad y que son importantes en su estructura y estabilidad, agrupando especies en función de rasgos análogos y con papeles funcionales similares dentro de la comunidad (Moore, 2001); y la diversidad filogenética, que agrupa a las especies en función de sus relaciones evolutivas a partir de su estructura genética y de su morfología (Swenson, 2011). Estos tres tipos de diversidad van a depender de procesos ecológicos y evolutivos. En los últimos años la diversidad funcional se considera importante para comprender la composición de especies y el funcionamiento de las comunidades de alta montaña (Venn et al. 2011; Ninot et al., 2012; Matteodo et al. 2013; Gutiérrez-Girón & Gavilán, 2013). Los rasgos funcionales son características morfológicas, fisiológicas y fenológicas medibles a nivel individual que modulan el rendimiento de la planta y su aptitud individual a través de sus efectos sobre el crecimiento, la supervivencia y rendimiento reproductivo (Violle et al. 2007). La morfología de un organismo determina el tipo de hábitat en el que reside y su capacidad de colonizar nuevos hábitats. La fisiología de una especie influye en su capacidad de adaptación a un hábitat. Por tanto, los rasgos funcionales de la fisiología de un organismo influyen en la adaptación de las especies a un hábitat y en última instancia, en la diversidad de especies con fisiologías similares (Moore, 2001). A pesar de la importancia de la diversidad taxonómica y funcional, existen pocos estudios que comparen la información que aporta cada una de ellas en áreas de alta montaña.

Por otro lado, se sabe que existe un filtro ambiental que ejerce una fuerte influencia sobre la diversidad y abundancia de las comunidades alpinas a lo largo de gradientes ecológicos locales. Los principales factores abióticos que afectan a la composición de las comunidades de plantas alpinas son pH, altitud, topografía y procesos relacionados con el desarrollo y la composición del suelo (Volanthen et al. 2006; Schöb et al. 2008). En las comunidades alpinas, se espera que tanto la diversidad taxonómica como la funcional respondan a los filtros ambientales (De Bello

et al. 2012; Jiménez-Alfaro et al. 2014). Esto hace que las especies con distintos rasgos funcionales respondan de manera diferente a los factores ambientales locales. Por tanto, la medida de la diversidad funcional puede utilizarse para determinar la respuesta de las comunidades a los filtros ambientales actuales y futuros (Díaz & Cabido 2001). Dentro de los rasgos funcionales encontramos los morfológicos, como pueden ser la forma de vida, la altura de la planta, área foliar, etc. y reproductores, como el tipo de dispersión, la forma de la diáspora, el peso de las semillas, la temperatura óptima de germinación, etc. (Garnier & Navas, 2011). Otros rasgos que sirven también para caracterizar las comunidades alpinas son de tipo ecológico, que reflejan los requerimientos de las especies respecto a condiciones de temperatura, luz, pH, humedad, etc. y de tipo biogeográfico, que son indicadores del área de distribución de las especies.

En el presente estudio se compara la diversidad taxonómica y funcional de las principales comunidades alpinas del macizo central de Picos de Europa. En el contexto de las montañas europeas, los Picos de Europa representan un centro de biodiversidad en el norte de la Península Ibérica, no sólo porque son un refugio para especies relictas alpinas (por ejemplo *Helictotrichon sedenense*) y mediterráneas (por ejemplo *Jurinea humilis*), sino porque presentan un gran número de endemismos (por ejemplo *Campanula arvatica*). Por otro lado, los Picos de Europa se caracterizan por una elevada variación topográfica que da lugar a una gran diversidad de hábitats lo que se traduce en una fuerte variación en cuanto a composición de especies (Jiménez-Alfaro et al. 2014). Como se ha explicado antes, en diferentes condiciones ambientales la selección de grupos taxonómicos debería estar relacionada con un tipo de selección de rasgos de las plantas, es decir, se espera que los principales tipos de vegetación reconocidos por su diversidad florística y los gradientes ambientales muestren diferencias en cuanto a su diversidad taxonómica y funcional. Por lo tanto, sería interesante comparar la diversidad taxonómica con la diversidad funcional en las comunidades de alta montaña para caracterizar y comprender dichas comunidades, pero además, esto es importante para poder desarrollar estrategias de estudio en el actual contexto de cambio climático.

El objetivo general del presente estudio es evaluar la variación de diferentes rasgos de las plantas en diferentes comunidades alpinas. Los objetivos específicos son: I) Evaluar la diversidad taxonómica de los principales tipos de vegetación existente en el piso alpino de Picos de Europa; II) Comprobar si los rasgos dominantes en los tipos de vegetación presentan diferencias de tipo biogeográfico, ecológico, morfológico y reproductivo; III) Por último, interpretar como los rasgos estudiados pueden ayudar a caracterizar las comunidades de alta montaña.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio

El estudio se ha llevado a cabo en el macizo central del Parque Nacional de Picos de Europa que se encuentra al noroeste de la Península Ibérica (España), dentro de la vertiente septentrional de la Cornisa Cantábrica. El macizo central, que comprende la cota de mayor altitud de la Cordillera Cantábrica, se trata de una formación calcárea. Localmente, la geomorfología está influenciada por las

glaciaciones del Pleistoceno, la Pequeña Edad del Hielo y por procesos periglaciales actuales (Moreno et al. 2010).

En el piso alpino, por encima de los 1900 m de altitud del macizo central de Picos de Europa, se localizan las comunidades alpinas objeto de estudio. Estas comunidades se disponen formando parches interconectados interrumpidos por rocas calizas y dolomíticas escarpadas. Dichas comunidades se encuentran biogeográficamente conectadas con el sistema montañoso europeo (Nava 1988; Peyre & Fuente 2011). Además, estas comunidades alpinas albergan el mayor número de especies endémicas del norte de la Península Ibérica (Jiménez Alfaro et al. 2008).

### 3.2 Datos de flora y vegetación

La nomenclatura y autores de los taxones citados en este estudio están basados en el Catálogo florístico del Parque Nacional de Picos de Europa (Felpete et al. 2011).

Los datos de abundancia de especies han sido tomados de un estudio previo (Jiménez-Alfaro et al. 2014). El muestreo se llevó a cabo durante el periodo vegetativo (julio-agosto) de los años 2008 y 2009. Estos datos han sido recopilados en parcelas circulares con un área de 78 m<sup>2</sup> distribuidos regularmente por el piso alpino. En cada parcela se realizó un inventario de la flora vascular mediante una estimación en porcentaje, contabilizándose un total de 164 especies. Además de la presencia de especies generalistas, la composición florística de la vegetación de estudio está representada principalmente por especies ártico alpinas, especies endémicas de las montañas del norte de España y especies mediterráneas de alta montaña, indicando las conexiones biogeográficas históricas con las montañas de la Península Ibérica (Felpete et al. 2011).

De acuerdo con el mapa de vegetación del área de estudio (Fernández Prieto J.A. & Bueno A. 2013). Las comunidades que dominan el piso alpino son principalmente dos formaciones: por un lado las formaciones denominadas *Nanofructicedas cespitosas* con *Galium pyrenaicum* y *Helictotrichon sedenense*, que forman complejos de vegetación principalmente en áreas de cresta, y por otro lado, las formaciones *Sesleria caerulea* y *Carex sempervirens*, pastizales densos en los que son muy abundantes especies como *Sesleria albicans*. Aunque estos tipos de comunidades pueden variar a escala local en función de la composición de especies, en líneas generales existe un gradiente principal que diferencia la composición de las especies en función de la altitud y la variación topográfica (Jiménez-Alfaro et al. 2014).

### 3.3 Rasgos de las plantas

Se ha intentado recopilar el máximo número de rasgos relacionados con las funciones individuales de las plantas y de las comunidades teniendo en cuenta estudios similares (Matteodo et al. 2013; Ninot et al. 2012; Venn et al. 2011). Para el presente estudio, se han excluido tres especies (*Asplenium viride*, *Botrychium lunaria* y *Selaginella selaginoides*), ya que sólo se ha tenido en cuenta la flora vascular con semillas, siendo el total de especies analizadas entonces de 161. Para la mayoría de las especies se ha obtenido la información de bases de datos y literatura (ver tabla 1 para las referencias), sin embargo, para algunas no ha sido posible encontrar algunos de los rasgos, en este caso se han extrapolado datos pertenecientes a especies

filogenéticamente lo más próximas posible. Se han seleccionado un total de catorce rasgos, clasificándose en cuatro categorías según la biogeografía, ecología, morfología y reproducción de las especies.

Rasgo	Tipo de escala	Estado o unidad	Referencias
<i>Biogeográficos:</i>			
Área de distribución	Categoría	Alp(alpinas), End (endémicas), Med (mediterráneas)	Jiménez-Alfaro et al. (2014)
<i>Ecológicos:</i>			
Temperatura	Ordinal	Desde T1 (bajas temperaturas) a T5 (altas temperaturas)	Mayor, M. (1999)
Continentalidad	Ordinal	Desde C1 (oceánico) hasta C5 (continental)	Mayor, M. (1999)
Luz	Ordinal	Desde L1 (máxima sombra) a L5 (plena luz)	Mayor, M. (1999)
pH	Ordinal	Desde R1 (muy ácido) a R5 (alcalino)	Mayor, M. (1999)
Nutrientes	Ordinal	Desde N1 (muy pobre en nutrientes) a N5 (muy rico en nutrientes)	Mayor, M. (1999)
Humedad	Ordinal	Desde H1 (baja humedad) a H5 (alta humedad)	Mayor, M. (1999)
<i>Morfológicos:</i>			
Forma de vida	Categoría	Cam (caméfito), Geo (geófito), Hemi (hemicriptófito), Nf (nanofanerófito), Ter (terófito)	Kleyer et al. (2008)
Altura media	Cuantitativa	cm	Kleyer et al. (2008) Castroviejo et al. (1986-2013)
Altura máxima	Cuantitativa	cm	Kleyer et al. (2008) Castroviejo et al. (1986-2013)
Área foliar media	Cuantitativa	mm <sup>2</sup>	Kleyer et al. 2008 Castroviejo et al. (1986-2013)
Área foliar máxima	Cuantitativa	mm <sup>2</sup>	Kleyer et al. 2008 Castroviejo et al. (1986-2013)
<i>Reproductivos:</i>			
Forma diáspora	Categoría	Esf (esférica), Elo (elongada)	Seed dispersal Database ( <a href="http://www.seed-dispersal.info">http://www.seed-dispersal.info</a> )
Masa 1000 semillas	Cuantitativa	g	Liu et al. (2008)

*Tabla 1.* Rasgos funcionales de las plantas considerados en este estudio, clasificados en cuatro categorías, con los tipos de escala, los estados para los rasgos cualitativos y las unidades correspondientes para los cuantitativos.

La categoría biogeográfica permite clasificar a las especies según su área de distribución. Según estudios anteriores en el área de estudio se ha constatado que la diversidad de la comunidades está relacionada con los tipos biogeográficos y, por lo

tanto, se espera que este rasgo explique la variación entre los dos grupos de vegetación estudiados (Jiménez-Alfaro et al. 2014).

Los rasgos relacionados con la ecología se componen de seis indicadores ecológicos, adaptados a partir de los indicadores de Ellenbeg para la flora de Asturias (Mayor, 1999). Estos rasgos reflejan los requerimientos de las especies en cuanto al clima (temperatura, continentalidad, luz) y a las condiciones del suelo (humedad, pH, contenido en nutrientes).

Los rasgos morfológicos son cinco: la forma de vida o biotipo se trata de un indicador de una forma de desarrollo que manifiesta una adaptación ecológica acusada y está basado en el sistema de clasificación de Raunkiaer, se ha prescindido de las categorías nanofanerófito y geófito puesto que su presencia es anecdótica; la altura de la planta, ya que se trata de una medida indirecta en cuanto a la habilidad competitiva de la especie, sobre todo por la luz (Grime, 2001; Westoby et al. 2002); y el área foliar, que proporcionan información sobre la cantidad de luz recolectada y la cantidad de masa asignada para ese fin (Mason et al. 2003; Westoby 1998). Para estos dos últimos rasgos se tomaron valores medios y máximos.

En cuanto a los rasgos reproductivos se ha buscado información sobre la forma de la diáspora, masa de las semillas, tipo de dispersión y temperatura óptima de germinación. Estos dos últimos rasgos han sido excluidos del análisis puesto que no se ha encontrado información suficiente para un gran número de especies. La forma de la diáspora, que está relacionada con la capacidad de dispersión de la planta, se ha dividido en dos grandes grupos, aquellas que presentan formas elongadas y las que tienen formas esféricas, estas últimas incluyen aquellas diásporas subesféricas con forma ovoide, oblonga, obovada, reniforme, subreniforme, etc., es decir, en este grupo están presentes todas aquellas diásporas que no sean dos veces más largas que anchas. Por último, la masa de semillas, que es importante para la dispersión y supervivencia de las plántulas (Westoby 1998, 2002), se basó en el peso medio de 1000 semillas.

### 3.4 Clasificación y descripción de las comunidades

Con el fin de sintetizar la variabilidad de estas comunidades en función de su composición taxonómica se utilizó un análisis de clasificación divisivo (TWINSPAN, Hill 1979, implementado en JUICE 7.0, Tichý 2002). Se aplicaron cinco niveles de "pseudoespecies" basados en los valores de corte 0, 2, 5, 15 y 25 % para determinar los dos grupos principales. Cada grupo se caracteriza por un número de especies diagnósticas utilizando el coeficiente PHI (coeficiente de variación que se utiliza para saber si una especie es diagnóstica o no, Tichý and Chytrý 2006). Para comprender los factores ambientales que mejor explican los grupos taxonómicos se realizó un análisis multivariante DCA (*detrended correspondence analysis*) (CANOCO 4.5, Lepš et al. 2005). Este tipo de análisis permite identificar el principal gradiente de diversidad  $\beta$  de un conjunto de datos reflejado en el primer eje de ordenación. Se testó la correlación del primer eje del DCA con gradientes topográficos tomados en cada una de las parcelas (Jiménez-Alfaro et al. 2014) usando el Índice de correlación de Spearman. Además, se comprobó si existen diferencias entre los dos grupos establecidos en función de las variables topográficas mediante un Test no paramétrico de Wilcoxon para dos muestras, puesto que no había normalidad ni homocedasticidad.

Tanto el Índice de correlación de Spearman como el Test de Wilcoxon se realizaron mediante el paquete Rcmdr para R (Fox, J 2005).

Se evaluó la diversidad taxonómica de los dos principales grupos establecidos. En primer lugar se comprobó si existen diferencias en cuanto a riqueza de especies, es decir, diferencias a nivel de diversidad  $\alpha$ . En segundo lugar se evaluó la diversidad  $\beta$  de cada uno de los grupos utilizando la longitud del gradiente del eje uno mediante un análisis DCA y en Índice de Sørensen (1948), que mide la disimilitud entre dos muestras para estimar la diversidad  $\beta$ .

### 3.5 Análisis de los rasgos de las plantas

A partir de la información recopilada de rasgos y de abundancia de especies, se elaboraron dos matrices, una de rasgos x taxón y otra de taxones x parcela. La variación de los rasgos a nivel de comunidad se estudió mediante dos aproximaciones. Por un lado se calculó CWM (*community-weighted mean trait value*) (Garnier et al. 2004), que cuantifica la media ponderada de un rasgo funcional dentro de un conjunto de especies dado, es decir, dentro de la comunidad. Desde un punto de vista ecológico, CWM es indicador de los rasgos dominantes en una comunidad y se relaciona directamente con la hipótesis de Grime (1998), que considera que las características de las especies más abundantes determinan en gran medida los procesos del ecosistema. Por otro lado se calculó el Índice de RAO (Rao, 1982), que es una medida de la dispersión del rasgo o divergencia, que sería la probabilidad de que escogiendo al azar dos individuos de una comunidad sean funcionalmente distintos, es decir, se trata de un estimador de la diversidad funcional. Ecológicamente, una alta divergencia indicaría un alto grado de diferenciación entre nichos de la comunidad (Mason et al. 2005). Para facilitar ambos cálculos (CWM y RAO) se ha utilizado el programa de Lepš y de Bello (2008).

Una vez obtenidos tanto los valores de CWM como los de RAO por parcela, se creó un tercer tipo de matriz de rasgos x parcela. Entonces, se procedió a realizar los análisis estadísticos para evaluar las diferencias entre los dos tipos de vegetación definidos. Primero se comprobó si el conjunto de datos cumplía las premisas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) y de homocedasticidad (Test de Levene), al no ser así, para testar si existían diferencias entre los dos grupos de vegetación se realizó el Test no paramétrico de Wilcoxon para dos muestras. El análisis de los datos y la preparación de las figuras comparativas entre los dos tipos de vegetación se llevó a cabo mediante el paquete Rcmdr para R (Fox, J 2005).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Diversidad taxonómica

A partir del análisis TWINSpan se obtuvieron dos grupos que permiten identificar los extremos de la variación del conjunto de datos (Tabla 2). De acuerdo con los resultados se ha decidido nombrar a cada grupo con el nombre de la especie más representativa de cada uno, por lo tanto uno de los grupos se llamará *Galium pyrenaicum* (Imagen 1) y el otro *Carex sempervirens* (Imagen 2). El DCA reflejó una longitud de gradiente del eje uno de 2,795 (estándar deviation units) (Figura 1). Este

eje está principalmente correlacionada con la altitud (tabla3) y en menor medida con el resto de variables topográficas. Ambos grupos mostraron diferencias significativas en cuanto a la altitud y al TPI (tabla 4).

---

Grupo 1: Nanofructicedas cespitosas con *Galium pyrenaicum* y *Helictotrichon sedenense*

---

<i>Galium pyrenaicum</i> (imagen 3)	76,3
<i>Jasione cavanillesii</i>	70,8
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	52,4
<i>Iberis carnosa</i> subsp. <i>carnosa</i>	46,3
<i>Silene ciliata</i>	40,9
<i>Ranunculus parnassiifolius</i> subsp. <i>favargerii</i>	36,6
<i>Helictotrichon sedenense</i>	31,0
<i>Potentilla nivalis</i> subsp. <i>nivalis</i>	29,8
<i>Festuca glacialis</i>	28,6
<i>Salix breviserrata</i>	27,7
<i>Senecio boissieri</i>	27,4
<i>Globularia repens</i>	25,9
<i>Arenaria moehringioides</i>	25,1
<i>Matthiola perennis</i>	25,0
<i>Hieracium mixtum</i>	21,5

---

Grupo 2: Pastizales de *Sesleria albicans* y *Carex sempervirens*

---

<i>Carex sempervirens</i> (imagen 4)	54,7
<i>Luzula pediformis</i>	53,7
<i>Alchemilla catalaunica</i>	46,9
<i>Biscutella valentina</i> subsp. <i>valentina</i>	44,3
<i>Festuca rubra</i>	43,0
<i>Sesleria albicans</i>	42,9
<i>Plantago alpina</i>	42,7
<i>Koeleria vallesiana</i>	41,8
<i>Gentianella campestris</i>	36,0
<i>Potentilla crantzii</i>	35,5
<i>Saxifraga conifera</i>	35,4
<i>Gentiana verna</i> subsp. <i>verna</i>	35,3
<i>Jurinea humilis</i>	34,5
<i>Helianthemum apenninum</i> subsp. <i>urrielense</i>	34,2
<i>Phyteuma orbiculare</i>	34,0
<i>Sempervivum vicentei</i>	34,0
<i>Ranunculus carinthiacus</i>	32,1
<i>Dethawia splendens</i> subsp. <i>cantabrica</i>	31,0
<i>Eryngium bourgatii</i>	30,7
<i>Androsace villosa</i>	30,2
<i>Pedicularis pyrenaica</i> var. <i>fallax</i>	29,5
<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>corniculatus</i>	29,0
<i>Scilla verna</i>	29,0
<i>Carex humilis</i>	27,2
<i>Leontodon taraxacoides</i>	27,2
<i>Hippocrepis comosa</i>	27,2
<i>Gentiana angustifolia</i> subsp. <i>corbariensis</i>	27,2
<i>Festuca nigrescens</i>	27,2
<i>Erigeron alpinus</i>	27,0
<i>Anthyllis vulneraria</i>	25,9
<i>Euphorbia pyrenaica</i>	23,7
<i>Pritzelago alpina</i> subsp. <i>auerswaldii</i>	23,4
<i>Veronica aphylla</i>	23,4
<i>Polygonum viviparum</i>	22,2
<i>Poa alpina</i>	21,4

---

Tabla 2. Tabla sintética de los dos grupos de vegetación definidos en este trabajo. Los taxones están ordenados en función del valor del coeficiente PHI (PHI > 20).



Imagen 1. Foto que muestra al fondo las zonas de cresta y canchales donde se encuentran las comunidades dominadas por *Galium pyrenaicum*



Imagen 2. Foto que muestra el aspecto de las comunidades dominadas por *Carex sempervirens*.

Se encontraron diferencias en diversidad  $\alpha$  con una mayor riqueza de especies en el grupo *Carex sempervirens* ( $25 \pm 6,549$ ) que en el grupo *Galium pyrenaicum* ( $18 \pm 5,010$ ). En cuanto a la diversidad  $\beta$  se encontró una mayor diversidad en el grupo *Carex sempervirens* (medido para 100 interacciones) tanto en función de la longitud del gradiente del eje uno del DCA (grupo *Galium pyrenaicum* = 2,529 y grupo *Carex sempervirens* = 3,370) como para el Índice de Sørensen (grupo *Galium pyrenaicum* =  $0,509 \pm 0,019$ ) y grupo *Carex sempervirens* =  $0,562 \pm 0,018$ ).

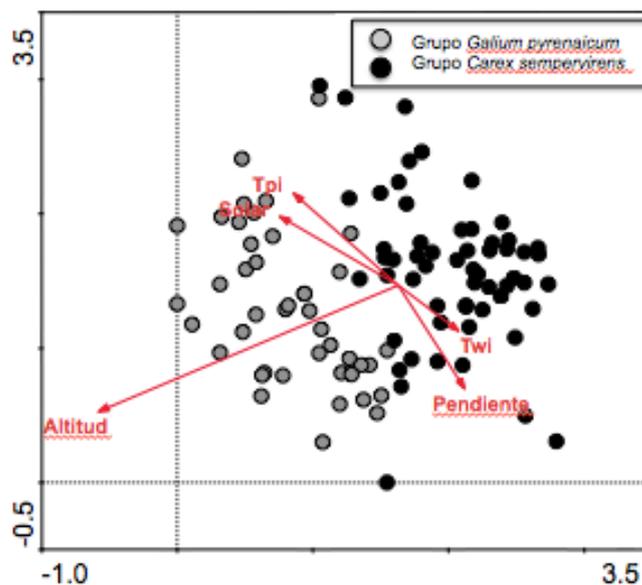


Figura 1. Diagrama de ordenación DCA para las 101 muestras (inventarios) analizados en este estudio, donde se observa que el eje uno está principalmente correlacionado con la altitud. TPI es el Índice de posición topográfica y TWI es el Índice topográfico de humedad (Jiménez-Alfaro et al. 2014).

Variable topográfica	S	p-valor	r
Altitud	272042,8	< 0,001	-0,584
TWI	140039,6	0,065	0,184
TPI	221199,6	0,004	-0,288
Solar	198402,3	0,120	-0,156
Pendiente	152540,7	0,267	0,112

Tabla 3. Resultados obtenidos del Test de correlación de Sperman entre las variables topográficas y el eje uno del DCA.

Variable topográfica	<i>Galium pyrenaicum</i>	<i>Carex sempervirens</i>	W	p-valor
Altitud	2307,523	2098,047	2109,5	< 0,001
TWI	2,069	2,44407	1059	0,1978
TPI	2,061	-0,026	1572	0,026
Solar	1488202	1469663	1401	0,292
Pendiente	21,814	20,673	1154,5	0,528

Tabla 4. Resultados obtenidos del Test no paramétrico de Wilcoxon para los dos grupos de vegetación considerados, (se muestra media de los dos grupos, valor del estadístico (W) y p-valor obtenidos)

#### 4.2 Índice CWM

Los valores de la media ponderada de la mayoría de los rasgos analizados muestran diferencias significativas entre los dos grupos de vegetación estudiados (tabla 5).

En la categoría biogeográfica se han encontrado diferencias significativas entre los dos grupos de vegetación para las especies mediterráneas, siendo su cobertura más abundante en el grupo *Galium pyrenaicum* (figura 2a).

Respecto a los rasgos ecológicos, se encontraron diferencias significativas en todos los casos salvo para la temperatura. Los valores ponderados tanto de la continentalidad, como de la luz y el pH son más elevados en el grupo *Galium pyrenaicum* (figuras 2b, 2c y 2d). Sin embargo, los valores de nutrientes y la humedad son mayores para el grupo *Carex sempervirens* (figuras 2e y 2f).

Los rasgos morfológicos presentan todas diferencias significativas. En cuanto a las formas de vida, la cobertura de caméfitos y terófitos es mayor en el grupo *Galium pyrenaicum* (figuras 2g y 2i), mientras que la de hemicriptófitos es más elevada en el grupo *Carex sempervirens* (figura 2h). Tanto la altura media y máxima de la planta, como el área media y máxima foliar, presentan valores ponderados más altos en el grupo *Carex sempervirens* (figuras 2j, 2k, 2l y 2m).

En lo que se refiere a rasgos reproductivos sólo se han encontrado diferencias significativas entre ambos grupos para la masa de las semillas, siendo su valor ponderado más elevado en el grupo *Carex sempervirens* (figura 2n).

Rasgo	<i>Galium pyrenaicum</i>	<i>Carex sempervirens</i>	W	p-valor
Sp. alpinas	0,372 ± 0,192	0,414 ± 0,181	1103	0,324
Sp. endémicas	0,162 ± 0,163	0,201 ± 0,149	1131	0,428
Sp. mediterráneas	0,173 ± 0,139	0,048 ± 0,138	1873	< 0,001
Temperatura	0,416 ± 0,082	0,422 ± 0,089	1176	0,628
Continentalidad	0,743 ± 0,059	0,720 ± 0,035	1573	0,025
Luz	0,944 ± 0,022	0,885 ± 0,041	2156	< 0,001
pH	0,838 ± 0,039	0,791 ± 0,072	1939	< 0,001
Nutrientes	0,361 ± 0,079	0,391 ± 0,094	904,5	0,019
Humedad	0,336 ± 0,048	0,422 ± 0,063	553	< 0,001
Caméfitos	0,433 ± 0,114	0,316 ± 0,166	1814	< 0,001
Hemicriptófitos	0,537 ± 0,114	0,667 ± 0,168	651	< 0,001
Terófitos	0,030 ± 0,021	0,017 ± 0,015	1643	0,006
Altura máxima	24,455 ± 3,320	26,470 ± 5,000	871	0,010
Altura media	15,529 ± 2,091	16,627 ± 2,954	839	0,005
Área foliar máxima	129,633 ± 71,841	330,783 ± 161,587	242	< 0,001
Área foliar media	79,749 ± 618,481	229,910 ± 768,401	578	< 0,001
Diáspora esférica	0,699 ± 0,136	0,611 ± 0,166	1519,5	0,062
Diáspora elongada	0,301 ± 0,136	0,390 ± 0,166	974,5	0,061
Masa de 1000 semillas	0,870 ± 0,260	1,046 ± 0,379	780	0,001

Tabla 5. Valores de CWM (media y desviación estándar) de los dos grupos de vegetación para cada rasgo. Valor del estadístico (W) y p-valor obtenidos tras realizar el Test no paramétrico de Wilcoxon para dos muestras.



Imagen 3. Foto de *Galium pyrenaicum*

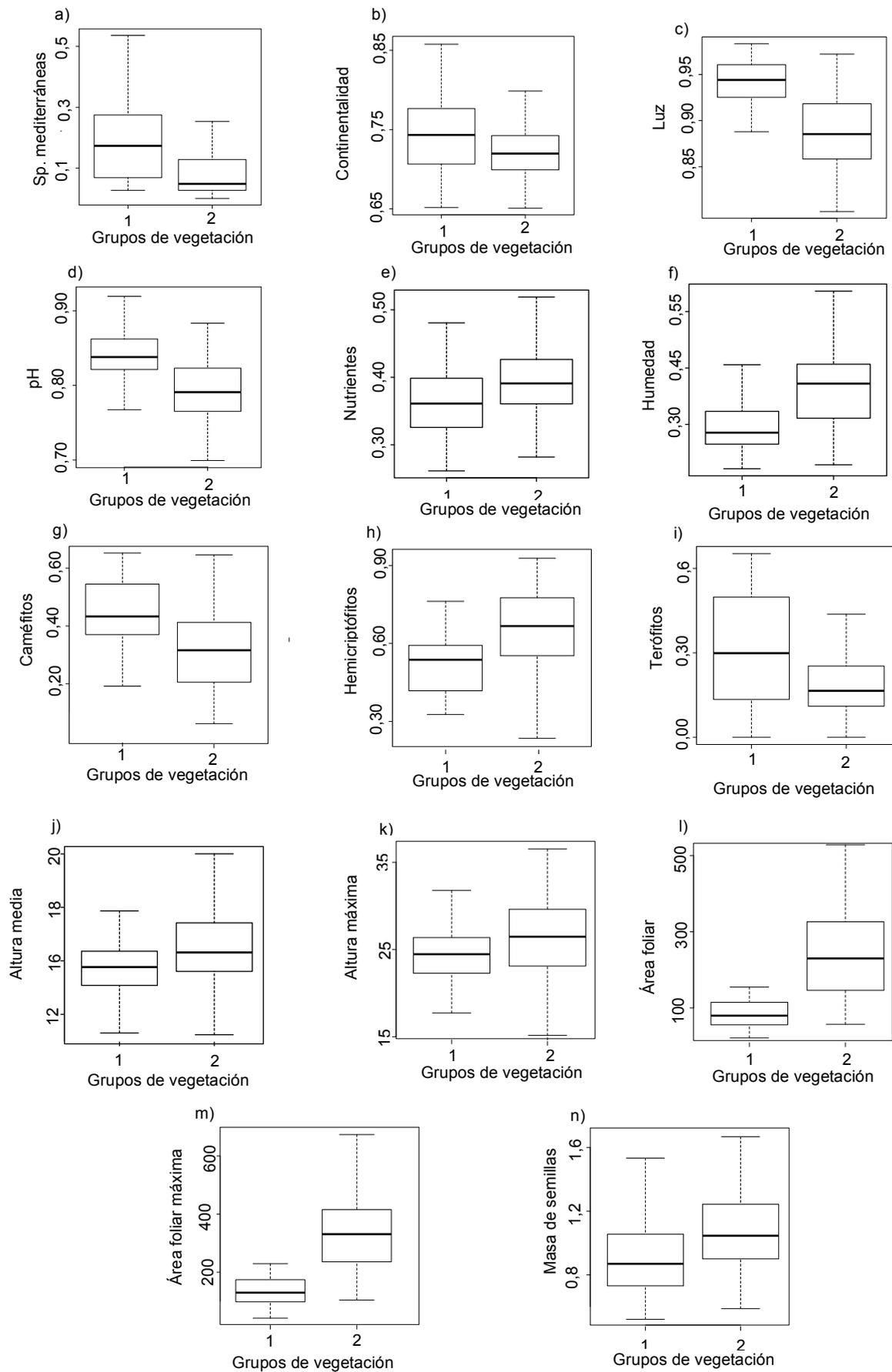


Figura 2. CWM para aquellos rasgos que presentan diferencias significativas entre los principales tipos de vegetación definidos en este estudio. El grupo 1 se corresponde con el grupo de *Galium pyrenaicum* y el grupo 2 con el de *Carex sempervirens*.

### 4.3 Índice RAO

Los resultados para el Índice RAO muestran para la mayoría de los rasgos analizados diferencias significativas entre los dos grupos de vegetación estudiados (tabla 6).

La medida de la divergencia en la categoría biogeográfica muestra diferencias significativas entre los dos grupos de vegetación, encontrándose una mayor dispersión de los rasgos dentro del grupo *Galium pyrenaicum* (figura 3a).

En los resultados que corresponden a rasgos ecológicos aparecen diferencias significativas entre ambos grupos para la continentalidad, luz y pH, siendo las divergencias en continentalidad mayores dentro del grupo *Galium pyrenaicum* (figura 3b) y en luz y pH en el grupo *Carex sempervirens* (figuras 3c y 3d).

Para los rasgos morfológicos, al igual que el análisis anterior, se encuentran diferencias significativas entre los dos grupos de vegetación para todos los rasgos. Las formas de vida presentan una mayor variación dentro del grupo de vegetación *Galium pyrenaicum* (figura 3e). La divergencia para los rasgos altura media y máxima de la planta, así como para área media y máxima foliar es más elevada dentro del grupo *Galium pyrenaicum* (figuras 3f, 3g, 3h y 3i).

Los resultados obtenidos referentes a los rasgos reproductivos, masa de semillas y forma de la diáspora, no presentan diferencias significativas entre los grupos de vegetación en cuanto a la divergencia de los rasgos.

Rasgo	<i>Galium pyrenaicum</i>	<i>Carex sempervirens</i>	W	p-valor
Biogeografía	0,488 ± 0,092	0,438 ± 0,075	1594	0,017
Temperatura	0,199 ± 0,048	0,214 ± 0,048	1130	0,424
Continentalidad	0,146 ± 0,071	0,121 ± 0,034	1787	< 0,001
Luz	0,081 ± 0,019	0,098 ± 0,019	541	< 0,001
pH	0,104 ± 0,021	0,131 ± 0,044	578	< 0,001
Nutrientes	0,185 ± 0,117	0,191 ± 0,126	1165	0,576
Humedad	0,140 ± 0,039	0,152 ± 0,026	983	0,070
Formas de vida	0,507 ± 0,036	0,447 ± 0,102	1901	< 0,001
Altura máxima	0,825 ± 0,056	0,793 ± 0,058	1694	0,002
Altura media	0,857 ± 0,045	0,821 ± 0,060	1692	0,002
Área foliar máxima	0,873 ± 0,043	0,840 ± 0,057	1665	0,004
Área foliar media	0,874 ± 0,042	0,845 ± 0,053	1659	0,005
Forma diáspora	0,421 ± 0,099	0,471 ± 0,107	1027	0,132
Masa semillas	0,741 ± 0,054	0,729 ± 0,057	1337	0,539

Tabla 6. Media y desviación estándar de los valores del Índice de RAO de los dos grupos de vegetación para cada rasgo, valor del estadístico (W) y p-valor obtenidos tras realizar el Test no paramétrico de Wilcoxon para dos muestras.



Imagen 4. Foto de *Carex sempervirens*

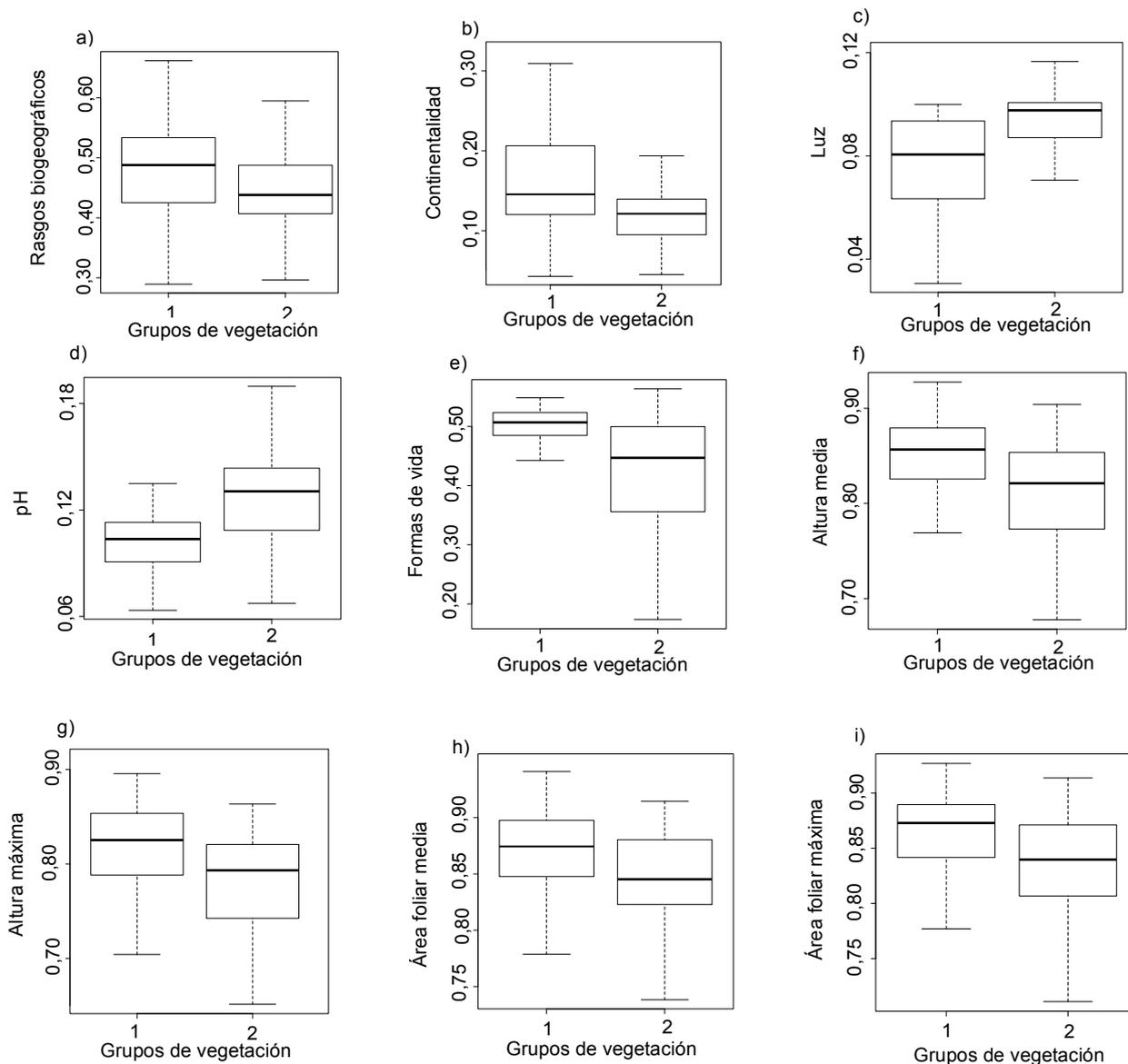


Figura 3. Índice de RAO para aquellos rasgos que presentan diferencias significativas entre ambos grupos de vegetación. El grupo 1 se corresponde con el grupo de *Galium pyrenaicum* y el grupo 2 con el de *Carex sempervirens*.

## 5. DISCUSIÓN

En este trabajo se estudió la diversidad de comunidades alpinas de Picos de Europa, agrupándose en dos principales tipos de vegetación. El grupo de *Carex sempervirens* presenta una mayor diversidad taxonómica respecto al grupo de *Galium pyrenaicum*. De acuerdo a las diferencias detectadas entre los dos principales grupos, esto puede ser debido a que las condiciones ambientales son más severas y restrictivas en el caso de *Galium pyrenaicum*, ya que este grupo se encuentra en situaciones de cresta donde hay escasa formación de suelo y, por tanto, pocos nutrientes. Mientras, el grupo de *Carex sempervirens* está presente en zonas más protegidas, con formación de suelo y, por tanto, mayor contenido en nutrientes, donde

se acumulan y encuentran su óptimo plantas alpinas (Brunn et al. 2006; Jiménez-Alfaro et al. 2014).

Los resultados obtenidos muestran una mayor diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  dentro de la misma comunidad, por tanto, existe una correlación entre ambas. Esto es esperable en el sentido de que en la comunidad con mayor riqueza de especies, en este caso el grupo de *Carex sempervirens*, habrá un mayor intercambio de especies, y como consecuencia la diversidad  $\beta$  en dicha comunidad será más elevada. Los altos valores de diversidad  $\beta$  detectados en el grupo de *Carex sempervirens* coinciden con el mayor número de asociaciones vegetales identificadas en el mapa de vegetación de Picos de Europa para este tipo de hábitats (Fernández Prieto J.A. & Bueno A. 2013).

La cobertura de especies mediterráneas es mayor dentro del grupo de *Galium pyrenaicum*. Esto se debe a que este grupo, como ya se ha comentado anteriormente, se encuentra en zonas de cresta, con unas condiciones ambientales más adversas y restrictivas, sometidas a crioturbación, es decir, procesos de congelación y descongelación sucesivos en zonas periglaciares, que tienen un efecto inhibitorio sobre el desarrollo de suelos alpinos, lo que limita la disponibilidad de nutrientes (Celi et al. 2010; Amico & Previteli 2012). En estas zonas, las especies mediterráneas pueden encontrar un refugio adecuado en cuanto a sus requerimientos ecológicos, puesto que están adaptadas a unas condiciones de continentalidad, iluminación, pH, disponibilidad de nutrientes, etc. más severas propias de su área de distribución natural.

Para las especies alpinas y endémicas no se encontraron diferencias significativas, por lo tanto, estas especies están presentes en los dos tipos de comunidades, aunque los valores de cobertura relativa de estas especies son ligeramente mayores en el grupo de *Carex sempervirens*, lo que puede indicar que las condiciones ambientales óptimas de su área de distribución son más semejantes a las que caracterizan a este grupo.

Por otro lado, la divergencia de los rasgos biogeográficos ha resultado mayor dentro del grupo de *Galium pyrenaicum*, esto tiene sentido puesto que la cobertura de especies mediterráneas es mayor dentro de este grupo, por lo tanto, existe una mayor variación, ya que abarca especies tanto alpinas, como endémicas y mediterráneas, mientras que en el grupo de *Carex sempervirens*, esta variación es menor, porque está representado mayoritariamente por especies alpinas y endémicas.

En relación con los rasgos ecológicos, el grupo de *Galium pyrenaicum* muestra una mayor cobertura de especies para luz, continentalidad y pH, mientras que el grupo de *Carex sempervirens* presenta una mayor cobertura de especies para humedad y nutrientes. Estos resultados concuerdan con lo explicado anteriormente. El grupo de *Galium pyrenaicum* se encuentra en zonas de cresta, a mayor altitud, donde las condiciones ambientales son más adversas soportando niveles más altos de luz, continentalidad y pH. Estas zonas se caracterizan por la escasa formación de suelo y en consecuencia la baja disponibilidad de nutrientes. Por el contrario, el grupo de *Carex sempervirens* está presente en zonas donde las condiciones ambientales no son tan severas. En estas zonas hay formación de suelo, lo que permite que haya una mayor disponibilidad de nutrientes y acumulación de agua. Por lo tanto, las especies pertenecientes a este último grupo tendrán una mayor disponibilidad de recursos respecto al grupo de *Galium pyrenaicum*.

En cuanto a la divergencia de los rasgos ecológicos existe mayor variación en continentalidad para el grupo de *Galium pyrenaicum*. Esto concuerda con los

resultados obtenidos para los rasgos biogeográficos, ya que en este grupo hay una mayor cobertura de especies mediterráneas y estas encuentran refugios en zonas con una elevada continentalidad, pero también hay especies alpinas y endémicas que tienen su óptimo en zonas con menores valores de continentalidad. Sin embargo, para luz y pH la mayor divergencia está presente dentro del grupo de *Carex sempervirens*, esto puede ser debido a que su rango de distribución abarca hábitats no tan homogéneos como las zonas de cresta en cuanto a luz y pH.

En cuanto a las formas de vida, los caméfitos y terófitos son más abundantes en el grupo de *Galium pyrenaicum*, ambos biotipos son característicos de hábitats con una condiciones ambientales más desfavorables, mientras que los hemicriptófitos son más abundantes en el grupo de *Carex sempervirens*, puesto que son formaciones de herbazales donde las condiciones ambientales son más favorables (Gutiérrez-Giron & Gavilán R. 2013; Matteodo et al. 2013).

Tanto la altura de la planta, como el área foliar y la masa de las semillas, son mayores para las especies que pertenecen al grupo de *Carex sempervirens*. Esto es así, porque además de que mayoritariamente son hemicriptófitos, se espera que las condiciones de crecimiento para la planta sean mejores. Esto concuerda con lo que se espera de la respuesta funcional a lo largo de gradientes ambientales (De Bello et al. 2012). Como se ha explicado anteriormente, este grupo de vegetación se encuentra en zonas donde las condiciones ambientales son más suaves, permitiendo la formación de suelos profundos y bien desarrollados, donde los microorganismos actúan reciclando la materia orgánica muerta, produciendo suelos ricos en nutrientes (Venn et al. 2011). Por tanto, las especies aquí presentes serán competitivas y productivas, lo que se relaciona con tener un tamaño de hoja más grande y una mayor altura, y además, las semillas más grandes permiten el establecimiento y supervivencia de las plántulas. En las zonas de cresta, las semillas se dispersan a través del viento, por tanto, tiene sentido que las especies pertenecientes al grupo de *Galium pyrenaicum* tengan una menor masa, puesto que semillas con menor masa están relacionadas con una dispersión anemócora (Schwienbacher et al. 2011).

La divergencia para estos rasgos funcionales es mayor dentro del grupo de *Galium pyrenaicum*, lo que puede ser debido a que en este grupo existe una mayor divergencia de rasgos biogeográficos, reuniéndose especies de diferentes áreas de distribución distintas funcionalmente entre sí. Esto es posible que se relacione con una mayor diversidad genética. Por ello, sería recomendable llevar a cabo estudios que tengan en cuenta la diversidad filogenética (Swenson, 2011).

## 6. CONCLUSIONES

En este estudio se compara la diversidad taxonómica y funcional de dos tipos de vegetación alpina diferenciados a lo largo de gradientes ambientales. El grupo de *Carex sempervirens*, que se encuentra formando pastizales, es el que mayor diversidad taxonómica presenta, sin embargo, esto no es así en cuanto a diversidad funcional, siendo esta más elevada en el grupo de *Galium pyrenaicum*, que ocupa zonas de cresta. Por tanto, los resultados obtenidos muestran que el tipo de vegetación con menor diversidad taxonómica es el que mayor diversidad funcional presenta, y viceversa. Este tipo de información puede ser importante a la hora de diseñar planes de conservación o seguimiento de cambio climático. Así, en una

situación de calentamiento global consecuencia de cambio climático se vería favorecida la vegetación del grupo *Galium pyrenaicum*, por lo tanto, se vería reducida la diversidad taxonómica pero no la funcional. Por el contrario, en una situación en la que predominase el frío, la vegetación favorecida sería la del grupo de *Carex sempervirens*, reduciéndose la diversidad funcional pero no la taxonómica. En una situación no drástica de cambio climático en la que se diesen suaves oscilaciones de frío-calor, se pasaría de una situación a otra de forma sucesiva, favoreciendo un grupo u otro manteniendo sus refugios, y como consecuencia, conservando tanto la diversidad taxonómica como la funcional. Esto coincide con la hipótesis topográfica que dice que la microescala topográfica permite resistir a los cambios climáticos que tienen lugar a macroescala (Scherrer, D. & Körner, C. 2011).

Por lo tanto, los Picos de Europa constituyen un área de máximo interés ecológico para el estudio de los patrones de diversidad a nivel de comunidades, pero además, conocer tanto la diversidad taxonómica como la diversidad funcional es clave para comprender los efectos de cambio climático en las comunidades alpinas y establecer estrategias de conservación.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amico, M.E.D. & Previatali, F. (2012). Edaphic influences of ophiolitic substrates on vegetation in the Western Italian Alps. *Plant and Soil* 351: 73–95.
- Bruun, H.H., Moen, J., Virtanen, R., Grytnes, J.A., Oksanen, J. & Angerbjörn, A. (2006). Effects of altitude and topography on species richness of vascular plants, bryophytes and lichens in alpine communities. *Journal of Vegetation Science* 17: 37–46.
- Castroviejo, S., Laínz, M., López-González, G., et al., editors. (1986-2013). Flora Ibérica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares, vol. 1-18. Madrid: Real Jardín Botánico.
- Celi, L., Rosso, F., Freppaz, M., Agnelli, A. & Zanini, E. (2010). Soil organic matter characteristics in sporadic permafrost-affected environment Creux du Van, Switzerland. *Artic, Antartic and Alpine Research* 42: 1–8.
- De Bello, F., Lavorel, S., Lavergne, S., Albert, A.H., Boulangeat, I., Mazel, F. & Thuiller, W. (2012). Hierarchical effects of environmental filters on the functional structure of plant communities: a case study in the French Alps. *Ecography* 35: 001–010.
- Díaz, S. & Cabido, M. (2001). Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecology Evolution* 16: 646–655.
- Felpete, J.I., Robinson, S., Fernández, A., Sanzo, I., Mora, A., Bueno, A. & Díaz, T.E. (2011). Catálogo florístico del Parque Nacional de los Picos de Europa. Documentos Jardín Botánico Atlántico (Gijón) 8: 1–312.
- Fernández Prieto, J.A. & Bueno, A. (2013). Mapa de vegetación a:10 000 del Parque Nacional Picos de Europa. Memoria de análisis global de la vegetación del Parque Nacional Picos de Europa. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Fox, J. (2005). The R Commander: A Basic-Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software* 14: 14–2.
- Garnier, E., Cortez, J., Billes, G., Navas, M.L., Roumet, C., Debussche, M., Laurent, G., Blanchard, A., Aubry, D., Bellmann, A., Neill, C. & Toussaint, J.P. (2004).

- Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology* 85: 2630–2637.
- Garnier, E. & Navas, M.L. (2011). A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review *Agronomy Sustainable Development* 32: 365–399.
- Grime, J.P. (1998). Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal Ecology* 86: 902–910.
- Grime, J.P. (2001). Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties, 2nd edn. Wiley, Chichester.
- Gutiérrez-Girón, A. & Gavilán, R. (2013). Plant functional strategies and environmental constraints in Mediterranean high mountain grasslands in central Spain. *Plant Ecology & Diversity*.
- Hill, M.O. (1979). TWINSpan - A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Cornell University, Ithaca, NY.
- Jiménez-Alfaro, B. & Bueno, A. (2008). Cartografía de Vegetación del Parque Nacional Picos de Europa (Hoja 55-3-4). Organismo Autónomo Parques Nacionales – Jardín Botánico Atlántico, España.
- Jiménez-Alfaro B., Bueno A. & Fernández Prieto J.A. (2008). Flora vascular endémica y subendémica orocantábrica. Pp.145-164. In: Llamas F. & Acedo, C. (eds). *Botánica Pirenaico-Cantábrica en el siglo XXI*. Área Publicaciones Universidad de León. León.
- Jiménez-Alfaro, B., Fernández Pascual, E., Díaz González, T.E., Pérez Haase, A. & Ninot, J.M. (2012). Diversity of fen vegetation and related plant specialists in mountain refugia of the Iberian Peninsula. *Folia Geobotanica* 47: 403-419.
- Jiménez-Alfaro, B., Marcenó, C., Bueno, A., Gavilán, R. & Obeso, J.R. (2014). Biogeographic deconstruction of alpine plant communities along altitudinal and topographic gradients. *Journal of Vegetation Science* 25: 160–171.
- Kammer, P.M., Schöb, C. & Choler, P. (2007). Increasing species richness on mountain summits: upward migration due to anthropogenic climate change or recolonisation? *Journal Vegetation Science* 18: 301–6.
- Kleyer, M., Bekker, R.M., Knevel, I.C., Bakker, J.P., Thompson, K., Sonnenchein, M., Poschod, P., Van Groenendael, J.M., Klimeš, L., Klimešová, J., Klotz, S., Rusch, G.M., Hermy, M., Adriaens, D., Boedeltje, G., Bossuyt, B., Dannemann, A., Endels, P., Götzenberger, L., Hodgson, J.G., Tackenberg, O., Wilmann, B., Cornelissen, J.H.C., Eriksson, O., Garnier, E. & Peco, B. (2008). The LEDA Traitbase: a database of life history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96: 1266–1274.
- Lepš, J. & Šmilauer, P. (2005). Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. *Bulletin of the Ecological Society of America* 86: 6–6.
- Lepš J. & de Bello F. (2008). Macro for calculation of functional diversity. University of South Bohemia, Czech Republic. <http://botanika.bf.jcu.cz/suspa.FunctDiv.php>. Accessed 14 May 2014.
- Liu K., Eastwood R.J., Flynn S., Turner R.M. & Stuppy W.H. (2008). Seed Information Database. <http://www.kew.org/data/sid>. Accessed Feb 2014.
- Mason, N.W.H., MacGillivray, K., Steel, J.B. & Wilson, J.B. (2003). An index of functional diversity. *Journal Vegetation Science* 14: 571–578.

- Mason, N.W.H., Mouillot, D., Lee, W.G., & Wilson, J.B. (2005). Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111: 112–118.
- Matteodo, M., Wipf, S., Stöckli, V., Rixen, C. & Vittoz, P. (2013). Elevation gradient of successful plant traits for colonizing alpine summits under climate change. *Environmental Research Letters* 8:024043
- Mayor, M. (1999). *Ecología de la flora y vegetación del Principado de Asturias*. Real Instituto de Estudios Asturianos (RIDEA). 276 pág. Oviedo.
- Moore, J.C. (2001). *Encyclopedic of Biodiversity*. Vol. 2: 205-215. University of Northern Colorado.
- Moreno, A., Valero-Garcés, B.L., Jiménez-Sánchez, M., Domínguez-Cuesta, M.J., Mata, M.P., Navas, A., González-Sampériz, P., Stoll, H., Farias, P., Morellón, M., Corella, J.P. & Rico, M. (2010). The last deglaciation in the Picos de Europa National Park Cantabrian Mountains, northern Spain. *Journal of Quaternary Science* 25: 1076–1091.
- Nagy, L. & Grabherr, G. (2009). *The Biology of Alpine Habitats*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Nava, H.S. (1988). Flora y vegetación orófila de los Picos de Europa. *Ruizia* 6: 1–243.
- Ninot, J.M., Grau, O., Carrillo, E., Guàrdia, R., Lluent, A. & Illa, E. 2013. Functional plant traits and species assemblage in pyrenean snowbeds. *Folia Geobotanica* 48: 23–38.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C. & Grabherr, G. (2007). Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13 147–56.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Benito, J.L., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B., Fernández, M.R., Goshn, D., Holten, J.I., Kanka, R., Kazakis, G., Kollár, J., Larsson, P., Moiseev, P., Moiseev, D., Molau, U., Molero Mesa, J., Nagy, L., Pelino, G., Puscas, M., Rossi, G., Stanisci, A., Syverhuset, A.O., Theurillat, J.P., Tomaselli, M., Unterluggauer, P., Villar, L., Vittoz, P. & Grabherr, G. (2012). Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science* 336: 353-355.
- Peyre, G. & Font, X. (2011). Syntaxonomic revision and floristic characterization of the phytosociological alliances corresponding to subalpine and alpine grasslands of the Pyrenees and Cantabrian Mountains classes *Caricetea curvulae*, *Carici-Kobresietea*, and *Festuco-Seslerietea*. *Plant Biosystems* 145: 220– 232.
- Rao, C. R. (1982). Diversity and dissimilarity coefficients – a unified approach. *Theory Population Biology* 21: 24–43.
- Scherrer D., & Körner C. (2011). Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *Journal of Biogeography* 38: 406–416.
- Schöb, C., Kammer, P.M., Choler, P. & Veit, H. (2008). Small-scale plant species distribution in snowbeds and its sensitivity to climate change. *Plant Ecology* 200: 91–104.
- Schwiebächer E., Navarro-Cano J.A., Neuner G. & Erschbamer B. (2011). Correspondence of seed traits with niche position in glacier foreland succession. *Plant Ecology* 213: 371–382.

- Sørensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter* 5:1-34.
- Swenson, N.G. (2011). The role of evolutionary processes in producing biodiversity patterns, and the interrelationships between taxonomic, functional and phylogenetic biodiversity. *American Journal of Botany* 98: 472–480.
- Taberlet, P., Fumagalli, L., Wust-Saucy, A.G. & Cosson, J.F. (1998). Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology* 7: 453–464.
- Tichý, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13: 451-453.
- Tichý, L. & Chytrý, M. (2006). Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal Vegetation Science* 17:809–818.
- Venn, S.E., Green, K., Pickering, C.M. & Morgan, J.W. (2011). Using plant functional traits to explain community composition across a strong environmental filter in Australian alpine snowpatches. *Plant Ecology* 212: 1491–1499.
- Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I. & Garnier, E. (2007b). Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116:882–892.
- Vittoz, P., Bodin, J., Ungricht, S., Burga, C.A. & Walther, G.R. (2008). One century of vegetation change on Isla Persa, a nunatak in the Bernina massif in the Swiss Alps *Journal Vegetation Science* 19: 671–80.
- Vonlanthen, C.M., Kammer, P.M., Eugster, W., Bühler, A. & Veit, H. (2006). Alpine vascular plant species richness: the importance of daily maximum temperature and pH. *Plant Ecology* 184: 13–25.
- Walther G.R., Beissner, S. & Burga, C. A. (2005). Trends in upward shift of alpine plants *Journal Vegetation Science* 16: 541–8.
- Westoby M. (1998). A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant Soil* 199: 213–227.
- Westoby, M., Falster, D.S., Moles, A.T., Vesk, P.A. & Wright I.J. (2002). Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review Ecology System* 33: 125–159.

## ANEXO I

A continuación, se muestra una tabla con los rasgos recopilados para cada taxón. Aparecen los rasgos biogeográficos (BIOG): especies alpinas (ALP), endémicas (END), mediterráneas (MED) y otras (Other). Los rasgos ecológicos: temperatura (T), continentalidad (C), luz (L), pH (P), nutrientes (N) y humedad (H). Los rasgos morfológicos: formas de vida (FV), que incluyen caméfitos (Cam), hemicriptófitos (Hemi), nanofanerófitos (Nf), geófitos (Geo) y terófitos (Ter), la altura (A), altura máxima (AM), área foliar (AF), área foliar máxima (AFM). Por último, los rasgos reproductivos: forma de la diáspora (FD), que incluye formas esféricas (Esf) y elongadas (Elo), y masa de 1000 semillas (SM).

TAXONES	BIOG	T	C	L	P	N	H	FV	A	AM	AF	AFM	FD	SM
<i>Acinos alpinus</i>	Other	2	4	4	4	2	1	Cam	25	45	84,50	210	Esf	0,44
<i>Agrostis schleicheri</i>	Other	1	2	4	4	2	2	Hem	15	20	200	300	Elo	0,07
<i>Alchemilla catalaunica</i>	END	3	3	5	4	2	2	Hem	20	30	900	1200	Esf	0,51
<i>Alyssum montanum</i>	Other	4	4	5	4	1	1	Cam	10	15	20,25	30	Esf	0,84
<i>Androsace villosa</i>	ALP	2	4	4	4	2	2	Cam	5	10	9,10	20	Esf	1,00
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Other	3	3	4	4	2	2	Hemi	18,50	25	180	250	Esf	3,11
<i>Arabis alpina</i>	Other	2	3	4	5	2	2	Cam	22,50	40	1300	1300	Esf	0,40
<i>Arabis ciliata</i>	ALP	1	2	5	5	2	2	Hemi	23	40	1350	1350	Esf	0,40
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Other	2	3	4	3	2	2	Cam	102	200	199,50	300	Esf	19,9
<i>Arenaria erinacea</i>	MED	2	4	5	4	2	2	Cam	6,50	10	3,80	7,20	Esf	0,10
<i>Arenaria grandiflora</i> s.l.	MED	3	4	4	4	2	1	Cam	30	30	16,50	32	Esf	0,55
<i>Arenaria moehringioides</i>	ALP	1	4	4	4	2	3	Cam	6,5	10	7	15	Esf	0,10
<i>Arenaria purpurascens</i>	END	4	2	5	4	2	2	Cam	14	14	14	30	Esf	0,21
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Other	4	3	5	3	2	1	Ter	16,50	30	16,50	32	Esf	0,07
<i>Armeria cantabrica</i>	END	2	4	5	4	2	1	Hemi	5	10	131,25	300	Esf	1,73
<i>Astragalus depressus</i>	MED	2	3	4	4	4	2	Hemi	10	10	225	500	Esf	28,46
<i>Biscutella valentina</i> subsp. <i>valentina</i>	MED	5	4	4	4	2	2	Cam	40	70	17,58	56	Esf	4,36
<i>Bromus erectus</i>	Other	3	3	4	4	2	2	Hemi	50	75	323	400	Elo	4,72
<i>Bupleurum ranunculoides</i>	Other	2	4	5	5	2	2	Hemi	27,50	45	607,50	1950	Esf	1,55
<i>Campanula arvatica</i>	END	4	3	5	5	2	1	Hemi	40	40	76,50	120	Elo	0,06
<i>Campanula rotundifolia</i>	Other	4	3	5	4	2	1	Hemi	48,50	90	159,50	425	Esf	0,06
<i>Campanula scheuchzeri</i>	ALP	2	3	4	2	2	2	Hemi	29	50	143	304	Esf	0,06
<i>Carduus carlinoides</i>	END	2	4	5	4	1	1	Hemi	30	50	300	1000	Esf	2,80
<i>Carex brevicollis</i>	Other	2	3	4	4	2	1	Hemi	32,50	50	1625	1950	Esf	4,51
<i>Carex capillaris</i>	ALP	2	4	4	4	1	4	Hemi	8,50	15	59,50	93,5	Esf	0,54
<i>Carex humilis</i>	MED	4	3	5	4	2	1	Hemi	9	15	54	90	Esf	1,32
<i>Carex lepidocarpa</i>	Other	3	2	4	4	2	5	Hemi	40	70	1000	1440	Esf	0,80
<i>Carex ornithopoda</i>	Other	1	4	4	4	2	3	Hemi	27,50	50	756,25	962,50	Esf	0,84
<i>Carex parviflora</i>	ALP	1	2	4	4	2	4	Hemi	17,50	30	568,75	700	Esf	1,02
<i>Carex pulicaris</i>	Other	3	1	4	2	1	5	Hemi	45	90	247,50	405	Esf	1,59
<i>Carex sempervirens</i>	ALP	1	4	4	4	2	3	Hemi	20	30	500	600	Elo	1,08
<i>Conopodium pyrenaicum</i>	MED	3	3	4	3	3	3	Geo	32,50	50	100	200	Esf	2,00
<i>Cruciata glabra</i>	Other	3	2	4	3	3	3	Hemi	20	35	71,875	218,5	Esf	1,43

<i>Dethawia splendens</i> subsp. <i>cantabrica</i>	END	2	4	4	4	1	1	Hemi	15	20	300	600	Elo	2,18
<i>Draba aizoides</i> subsp. <i>cantabrigae</i>	END	2	4	5	4	2	2	Cam	6,50	10	12	30	Esf	0,21
<i>Draba dedeana</i>	MED	2	4	5	4	2	1	Cam	6,50	10	12	30	Esf	0,21
<i>Epilobium anagallidifolium</i>	Other	2	3	4	3	2	4	Hemi	8,50	15	47,25	96	Elo	0,06
<i>Erigeron alpinus</i>	ALP	2	4	4	3	2	2	Hemi	14	25	83,38	200	Esf	0,18
<i>Erigeron uniflorus</i>	ALP	1	4	5	3	2	2	Hemi	26,50	50	83,38	200	Esf	0,18
<i>Erodium glandulosum</i>	MED	3	4	5	4	1	1	Ter	10	30	200	500	Elo	2,10
<i>Eryngium bourgatii</i>	MED	3	2	5	4	2	2	Hemi	30	60	200	1000	Esf	3,81
<i>Euphorbia pyrenaica</i>	END	2	4	5	5	1	2	Cam	9	13	28	60	Elon	1,20
<i>Euphrasia hirtella</i>	Other	2	3	4	2	1	3	Ter	20	20	20	50	Elon	0,17
<i>Euphrasia minima</i>	ALP	2	4	4	3	1	3	Ter	15	15	20	50	Esf	0,17
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	ALP	2	4	4	4	2	2	Ter	11	20	20	50	Esf	0,17
<i>Festuca burnatii</i>	END	2	2	5	5	2	2	Hemi	30	50	50	100	Elo	1,00
<i>Festuca glacialis</i>	END	1	5	5	4	1	1	Hemi	30	50	50	100	Elo	1,00
<i>Festuca hystrix</i>	MED	3	4	5	4	3	2	Hemi	20	40	40	60	Elo	1,00
<i>Festuca longifolia</i> subsp. <i>rivas-martinezii</i>	MED	3	4	5	2	2	1	Hemi	106	200	150	300	Elo	0,60
<i>Festuca nigrescens</i>	Other	3	3	4	2	2	3	Hemi	47,50	90	150	300	Elo	1,32
<i>Festuca rubra</i>	Other	3	3	3	2	2	3	Hemi	50	90	200	500	Elo	1,10
<i>Festuca x picoeuropeana</i>	END	1	5	5	4	2	2	Hemi	20	40	500	1000	Elo	100
<i>Galium marchandii</i>	Other	2	4	4	4	2	2	Hemi	9,75	15	21	37,80	Esf	0,25
<i>Galium mollugo</i>	Other	3	3	4	4	1	2	Hemi	59	98	63	144	Esf	0,25
<i>Galium pyrenaicum</i>	MED	1	5	5	5	1	1	Cam	8,25	15	3,30	5,60	Esf	0,25
<i>Genista legionensis</i>	END	4	3	3	5	1	1	Nf	20	20	9,38	18	Esf	4,00
<i>Gentiana angustifolia</i> subsp. <i>corbariensis</i>	END	2	4	5	4	2	2	Hemi	12,50	20	427,50	715	Esf	0,18
<i>Gentiana nivalis</i>	ALP	1	4	5	4	2	2	Ter	11	20	28,75	75	Esf	0,03
<i>Gentiana verna</i> subsp. <i>verna</i>	ALP	2	3	4	4	1	2	Hemi	8,50	15	101,25	250	Esf	0,07
<i>Gentianella campestris</i>	Other	2	3	4	3	2	3	Hemi	16	30	225	525	Esf	0,18
<i>Gentianopsis ciliata</i>	Other	3	3	4	4	2	3	Hemi	17	30	87,50	200	Esf	0,05
<i>Globularia repens</i>	MED	2	4	5	5	1	1	Cam	4,50	6	12	20	Esf	0,58
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	ALP	1	2	4	4	2	3	Hemi	6	10	40	100	Elon	0,04
<i>Gypsophila repens</i>	ALP	2	4	5	5	1	4	Cam	12,50	20	30,40	75	Esf	0,87
<i>Helianthemum apenninum</i> subsp. <i>cantabricum</i>	END	3	2	5	4	2	2	Cam	17,50	30	37,38	90	Esf	1,15
<i>Helianthemum apenninum</i> subsp. <i>urrielense</i>	END	2	4	5	5	1	1	Cam	12,50	20	31,50	70	Esf	1,12
<i>Helianthemum nummularium</i>	Other	3	2	4	4	2	1	Cam	20	35	140	300	Esf	1,10
<i>Helianthemum oelandicum</i> subsp. <i>incanum</i>	Other	4	3	5	5	1	1	Cam	11,50	18	17,50	40	Esf	0,51
<i>Helictotrichon sedenense</i>	ALP	2	4	5	4	2	2	Hemi	30	50	30	60	Elo	1,93
<i>Herniaria glabra</i>	Other	3	4	4	2	1	2	Ter	18,50	35	21	21	Esf	0,11
<i>Hieracium mixtum</i>	MED	3	3	5	5	1	1	Hemi	6	10	40	100	Elo	0,20
<i>Hieracium pilosella</i>	Other	3	4	4	3	2	2	Hemi	6	10	40	100	Elo	0,20
<i>Hippocrepis comosa</i>	Other	3	4	4	4	2	2	Cam	24	40	13,75	22,50	Elo	3,68
<i>Iberis carnosa</i> subsp. <i>carnosa</i>	MED	3	4	5	4	2	1	Ter	15	20	53,13	140	Elo	1,42
<i>Jasione cavanillesii</i>	END	1	5	5	5	1	1	Hemi	11,50	20	6,75	16,25	Elo	0,10
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i>	Other	1	4	5	3	2	2	Nf	40	70	20,63	30	Esf	43
<i>Jurinea humilis</i>	MED	2	4	5	4	1	2	Hemi	5	10	50	100	Elo	5,58
<i>Knautia arvensis</i>	Other	3	2	4	3	2	2	Hemi	72,50	120	8664	33000	Esf	3,63
<i>Kobresia myosuroides</i>	ALP	1	4	5	3	1	2	Hemi	20	30	125	125	Esf	0,48

<i>Koeleria splendens</i>	MED	5	4	4	4	2	1	Hemi	6	10	15	30	Elo	0,52
<i>Koeleria vallesiana</i>	MED	5	4	5	4	2	1	Hemi	6	10	10	20	Elo	0,52
<i>Leontodon taraxacoides</i>	Other	5	3	4	2	3	3	Hemi	6,50	10	400,25	800	Elo	0,58
<i>Linaria supina</i> subsp. <i>supina</i>	Other	4	4	4	4	2	2	Cam	17,50	30	46,38	160	Esf	0,46
<i>Linum suffruticosum</i> subsp. <i>salsoloides</i>	MED	3	3	5	4	1	1	Ter	30	60	7	15	Esf	0,80
<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>alpinus</i>	ALP	2	4	4	4	2	2	Hemi	6	10	11,25	21	Esf	1,27
<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>corniculatus</i>	Other	3	3	4	4	3	2	Hemi	87,50	17	17,19	36	Esf	1,00
<i>Luzula pediformis</i>	Other	2	4	4	2	1	2	Hemi	35	50	603,75	1600	Esf	0,40
<i>Matthiola perennis</i>	END	2	4	5	4	2	1	Cam	21	30	292,50	700	Elo	1,20
<i>Merendera montana</i>	MED	3	2	3	3	3	3	Geo	7,75	12,50	708,75	1600	Esf	2,04
<i>Minuartia verna</i>	ALP	2	3	5	4	1	2	Cam	10	18	2	3,60	Esf	0,18
<i>Myosotis alpestris</i>	ALP	1	3	4	5	2	2	Hemi	19	35	2,50	6	Esf	0,85
<i>Nardus stricta</i>	Other	2	2	4	2	2	3	Hemi	13,50	22	118,62	150	Elo	0,40
<i>Oreochloa confusa</i>	END	2	4	5	4	2	1	Hemi	10	20	40	60	Esf	0,52
<i>Oxytropis halleri</i>	ALP	2	4	5	5	2	1	Hemi	17,50	30	200	300	Esf	1,73
<i>Oxytropis neglecta</i>	ALP	2	4	5	5	2	1	Hemi	35	35	200	300	Esf	1,70
<i>Paronychia kapela</i> subsp. <i>serpyllifolia</i>	ALP	4	3	5	5	2	1	Cam	15	25	6,65	14	Esf	1,00
<i>Pedicularis pyrenaica</i> var. <i>fallax</i>	END	2	4	5	4	2	2	Hemi	17,50	25	166,25	375	Elo	1,34
<i>Phleum alpinum</i>	Other	2	3	4	2	2	3	Hemi	7,50	12	212,29	300	Elo	0,38
<i>Phyteuma orbiculare</i>	Other	2	3	4	4	2	3	Hemi	43	80	570	1200	Esf	0,24
<i>Phyteuma spicatum</i>	Other	3	3	2	3	3	3	Hemi	57,50	100	3120	6600	Esf	0,15
<i>Pimpinella siifolia</i>	END	3	3	5	4	2	2	Hemi	35	40	250	400	Esf	1,20
<i>Pinguicula grandiflora</i> subsp. <i>grandiflora</i>	Other	2	3	4	4	2	4	Hemi	14	20	1012,50	1800	Esf	0,03
<i>Plantago alpina</i>	ALP	2	4	4	2	1	3	Hemi	9	15	165	400	Esf	0,60
<i>Poa alpina</i>	Other	2	2	4	3	4	2	Hemi	14	25	122,92	200	Elo	0,36
<i>Polygala edmundi</i>	END	2	4	5	2	2	3	Hemi	8	8	31,50	40	Elo	1,80
<i>Polygonum aviculare</i>	Other	3	4	4	3	4	2	Ter	36	70	165	320	Esf	1,30
<i>Polygonum viviparum</i>	ALP	2	4	4	2	2	3	Hemi	41	80	185,62	350	Esf	2,25
<i>Potentilla crantzii</i>	ALP	2	2	5	4	2	2	Cam	26	50	121,50	260	Esf	0,52
<i>Potentilla nivalis</i> subsp. <i>asturica</i>	END	2	4	5	5	2	1	Hemi	31	50	401,50	1080	Esf	0,20
<i>Potentilla nivalis</i> subsp. <i>nivalis</i>	ALP	2	4	4	4	2	1	Hemi	21	30	78	200	Esf	0,20
<i>Primula elatior</i> subsp. <i>intricata</i>	ALP	3	3	4	4	3	2	Hemi	10	20	237,50	640	Esf	0,81
<i>Pritzelago alpina</i> subsp. <i>alpina</i>	ALP	2	4	4	4	2	1	Cam	9	16	125	200	Elo	0,40
<i>Pritzelago alpina</i> subsp. <i>auerswaldii</i>	END	2	3	5	4	2	2	Cam	15	25	125	200	Elo	0,40
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Other	3	3	4	4	2	2	Hemi	43	80	99,75	210	Esf	2,56
<i>Ranunculus alpestris</i>	ALP	2	4	4	4	2	4	Hemi	9	15	99,75	210	Esf	0,20
<i>Ranunculus amplexicaulis</i>	END	2	4	4	2	1	3	Hemi	22	35	750	1800	Esf	0,20
<i>Ranunculus carinthiacus</i>	ALP	2	2	4	5	3	2	Hemi	7,50	10	189,75	454	Esf	0,20
<i>Ranunculus parnassifolius</i> subsp. <i>favargerii</i>	END	1	5	5	4	1	1	Hemi	8	12	240	600	Esf	0,20
<i>Ranunculus thora</i>	ALP	3	4	5	4	2	2	Hemi	17,50	25	2921,2	7125	Esf	4,69
<i>Reseda glauca</i>	END	2	4	5	4	2	1	Hemi	25	35	48,13	100	Esf	0,50
<i>Rhinanthus angustifolius</i>	Other	3	2	4	4	1	3	Ter	37,50	70	259,25	650	Esf	2,28
<i>Rhinanthus minor</i>	Other	3	2	4	3	2	3	Ter	32,50	60	225	440	Esf	2,68
<i>Salix breviserrata</i>	ALP	2	1	5	4	2	1	Cam	17,50	30	300	400	Elo	0,15
<i>Saxifraga aizoides</i>	ALP	2	4	4	4	2	5	Cam	13,50	25	11,25	20	Esf	0,05
<i>Saxifraga conifera</i>	END	2	4	5	4	2	1	Cam	15	15	5	10,50	Esf	0,03

<i>Saxifraga granulata</i>	Other	4	3	4	3	2	2	Geo	32,50	60	560	1250	Esf	0,03
<i>Saxifraga hirsuta</i> subsp. <i>paucicrenata</i>	END	2	4	5	5	2	1	Hemi	40	40	302,50	600	Esf	0,03
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	ALP	2	4	4	4	1	4	Hemi	14	25	5,25	10	Esf	0,11
<i>Saxifraga paniculata</i>	ALP	2	3	5	4	1	2	Cam	19	35	100	180	Esf	0,07
<i>Scabiosa columbaria</i>	Other	3	3	4	4	2	1	Hemi	67,50	120	2610	9350	Esf	1,90
<i>Scilla verna</i>	Other	3	1	3	2	2	3	Geo	19,50	34	18	54	Esf	1,61
<i>Sedum acre</i>	Other	3	4	5	4	1	1	Cam	8,50	15	11,25	11,25	Esf	0,04
<i>Sedum anglicum</i>	Other	3	3	5	2	2	1	Cam	7	12	11,25	11,25	Esf	0,04
<i>Sedum atratum</i> subsp. <i>atratum</i>	ALP	2	4	5	4	2	2	Ter	5,50	8	43,75	75	Esf	0,03
<i>Sedum sediforme</i>	Other	5	4	5	4	1	1	Cam	60	60	43,75	75	Esf	0,03
<i>Sempervivum vicentei</i>	MED	1	4	5	4	2	1	Cam	17	26	170	300	Esf	0,04
<i>Sempervivum x giuseppii</i>	END	2	4	5	2	1	2	Cam	17	26	170	300	Esf	0,04
<i>Senecio boissieri</i>	MED	2	1	5	5	2	1	Hemi	5	15	75	100	Elo	1,00
<i>Seseli libanotis</i>	Other	3	3	4	4	1	1	Hemi	51,50	100	2317,75	8400	Esf	1,38
<i>Seseli montanum</i>	Other	3	3	4	4	2	2	Hemi	41,50	80	1380	3840	Esf	1,38
<i>Sesleria albicans</i>	Other	2	2	4	5	2	2	Hemi	15	25	832,50	1000	Elo	0,32
<i>Sideritis hyssopifolia</i>	Other	2	4	5	5	2	2	Cam	21,50	38	94	266,50	Esf	1,39
<i>Silene acaulis</i>	ALP	1	4	5	4	1	2	Cam	2,50	4	5,81	8	Esf	0,29
<i>Silene ciliata</i>	MED	1	4	5	3	2	2	Hemi	30	30	100	200	Esf	0,80
<i>Solidago virgaurea</i>	Other	3	3	4	2	2	3	Hemi	50	90	600	1000	Esf	0,52
<i>Stellaria holostea</i>	Other	3	3	3	2	3	3	Cam	37,50	60	87,50	150	Esf	2,88
<i>Taraxacum officinale</i>	Other	3	3	4	3	4	3	Hemi	15	40	450	1000	Elo	0,60
<i>Teucrium pyrenaicum</i> subsp. <i>pyrenaicum</i>	END	3	3	5	4	1	1	Cam	9	15	120	143	Esf	0,50
<i>Thalictrum minus</i>	Other	3	3	4	4	2	2	Hemi	82,50	150	500	1000	Elo	2,10
<i>Thesium pyrenaicum</i> subsp. <i>pyrenaicum</i>	ALP	3	2	4	2	2	2	Hemi	19	30	111,50	150	Esf	4,23
<i>Thymus praecox</i> ssp. <i>britannicus</i>	Other	5	4	4	4	1	2	Cam	23,50	45	16,90	36	Esf	0,15
<i>Trifolium alpinum</i>	ALP	2	4	4	1	2	2	Hemi	9,50	16	200	500	Esf	5,02
<i>Trifolium pratense</i>	Other	3	3	4	3	3	3	Hemi	57,50	11	200	500	Esf	1,40
<i>Trifolium thalii</i>	ALP	2	4	4	4	3	3	Hemi	12	20	200	500	Esf	1,27
<i>Veronica alpina</i>	ALP	4	2	4	4	4	4	Hemi	8	15	86,25	150	Esf	0,05
<i>Veronica aphylla</i>	ALP	1	4	4	4	1	1	Hemi	4,50	8	54	80	Esf	0,05
<i>Veronica nummularia</i>	END	1	4	4	4	1	2	Cam	8,50	12	24	40	Esf	0,05
<i>Vicia pyrenaica</i>	Other	3	3	5	4	2	2	Hemi	60	60	47,50	128	Esf	1,40
<i>Viola pyrenaica</i>	Other	2	4	4	3	4	3	Hemi	9	10	180	360	Esf	1,30
<i>Viola riviniana</i>	Other	3	3	3	2	3	3	Hemi	21	40	180	360	Esf	1,30
<i>Viola rupestris</i>	Other	2	4	4	4	1	2	Hemi	6	10	180	360	Esf	1,30