

Munibe Monographs. Nature Series, 4

FLORA ETA HABITAT PIRINIAR-KANTABRIARRAK ALDAKETA KLIMATIKOAREN ERRONKAREN AURREAN

La flora y los hábitats pirenaico-cantábricos
ante el reto del cambio climático

*La flore et les habitats pyrénéo-cantabriques
face à l'enjeu du changement climatique*



Yoana García, Joseba Garmendia eta Anaïs Mitxelena
Editoreak



Sarrera - Introducción - Introduction.

Iñaki Aizpuru. Batzorde zientifikoa/Comité científico/Comité scientifique

Treinta años de estudios botánicos pirenaico-cantábricos. Fundamento, situación y perspectivas. Luis Villar

Le programme partenarial Espagne-France-Andorre FLORAPYR: Maintenir et développer les bases de connaissance sur la Flore des Pyrénées et les indicateurs de suivi en lien avec le changement climatique. Gérard Largier (coordination)

Conservación *ex situ* de *Lilium pyrenaicum* Gouan: un endemismo pirenaico-cantábrico. Asier Jáñez, Agustí Agut, José Ignacio García-Plazaola

Flora amenazada y vegetación del monte Jaizkibel. Anaïs Mitxelena, Leire Oreja, Yoana García, Mari Azpiroz

Les Atlas de la biodiversité Communale (ABC) dans le Parc national des Pyrénées: premiers résultats sur l'amélioration de la connaissance des bryophytes et champignons. Marta Infante Sánchez, Carole Hannoire, Gilles Corriol

Les bryophytes de Jean Vivant (Herbier BBF): specimens de la région Midi-Pyrénées. Marta Infante Sánchez

Biodiversidad y educación secundaria: *iNaturalist*, herramienta TIC para captura de datos. Andrés Echeverría, Maite Salvatierra, Esther M. González, Javier Peralta

Revisión de la flora endémica de los Pirineos. Materiales preliminares para una lista roja pirenaica. Daniel Gómez, Mikel Lorda, Xavier Font, M^a. Begoña García

Rareza en la flora pirenaica. Materiales preliminares para una lista roja. Daniel Gómez, Mikel Lorda, Xavier Font, M^a Begoña García, Iñaki Aizpuru

Cartografía, caracterización y estado de conservación de hábitats de las turberas de Navarra.

Javier Peralta de Andrés, Idoia Biurrun Galarraga, Juan Antonio Campos Prieto, Mikel Lorda López, José Luis Remón Aldabe, Asun Berastegi Gartzandia

Flora y hábitats del enclave higroturboso de Baigura (Pirineo Occidental, Navarra). Mikel Lorda, José Luis Remón, Javier Peralta, Asun Berastegi

Flora y hábitats del enclave higroturboso de Alkurruntz (Pirineo Occidental, Navarra). José Luis Remón, Mikel Lorda, Javier Peralta, Asun Berastegi

Cartografía diacrónica: estabilidad y cambios en la vegetación de Rasos de Peguera (Prepirineos Orientales), 1956-2014. Marc Montes, Ignasi Soriano

Cambio climático y distribución potencial de *Rhododendron ferrugineum* en Andorra. Benjamin Komac, Clara Pladevall, Roger Caritg

Principales patrones de distribución de plantas vasculares de los Países Catalanes. Maddi Otamendi, Xavier Font, Josep Vigo

Las plantas alóctonas de la Coma de Burg (Pirineos Centrales Catalanes). Angel Romo, Neus Ibáñez, Meritxell Campos

Diversidad haplotípica en *Saxifraga* sección *Gymnopera* D. Don (Saxifragaceae). Mauro Sanna, Eduardo Cires, José Antonio Fernández-Prieto

Découverte de *Polystichum x lonchitifforme* (Halácsy) Bech. (*P. lonchitis x P. setiferum*) (Dryopteridaceae Pteridophyta) dans les Pyrénées ariègeoises. Un nouvel hybride pour la France. Pascal Holveck

Guía de la excursión botánica al monte Larrun (Pirineo Occidental). Mikel Lorda, José Luis Remón, Yoana García, Anaïs Mitxelena

Munibe Monographs. Nature Series, 4



aranzadi

ZIENTZIA ELKARTEA · SOCIEDAD DE CIENCIAS
SCIENCE SOCIETY · SOCIÉTÉ DE SCIENCES

Edited by:

Sociedad de Ciencias Aranzadi
Aranzadi Zientzia Elkarte
Aranzadi Society of Sciences

Chief editor:

Dr. Juan Arizaga – Aranzadi Society of Sciences

Scientific committee:

Dr. Daniel Gómez (Pyrenean Institute of Ecology)
Iñaki Aizpuru (Aranzadi Society of Sciences)
Dr. Javier Peralta (Public University of Navarra)
Dr. José Luis Remón (Navarra)
Joseba Garmendia (Aranzadi Society of Sciences)
Leire Oreja (Aranzadi Society of Sciences)
Dra. M^a Asunción Berastegi (Environmental Management of Navarra)
Dr. Mikel Lorda (Navarra)

Editorial board:

Yoana García- Aranzadi Society of Science. Department of botanica
Joseba Garmendia – Aranzadi Society of Science. Department of botanica
Anaïs Mitxelena – Aranzadi Society of Science. Department of botanica
Lourdes Ancin - Aranzadi Society of Science. Librarian

Redaction and exchange:

Sociedad de Ciencias ARANZADI Zientzia Elkarte
Aranzadi Zientzia Elkarte
Zorroagagaina, 11 • 20014 Donostia / San Sebastián
Tel. (00 34) 943 466142 • Fax (00 34) 943 455811
Redaction: munibecn@aranzadi.eus
Exchange: liburutegia@aranzadi.eus
www.aranzadi.eus

Illustration of the cover: Maria Litago & Maialen Arrieta
Layout: TamTam diseño, eventos & multimedia S.L.

ISSN 2340-0463 (Munibe Monographs. Nature Series; 4)

FLOA ETA HABITAT PIRINIAR-KANTABRIARRAK
ALDAKETA KLIMATIKOAREN ERRONKAREN AURREAN

La flora y los hábitats pirenaico-cantábricos
ante el reto del cambio climático

*La flore et les habitats pyrénéo-cantabriques
face à l'enjeu du changement climatique*

Bertizarana, 2020

Yoana García, Joseba Garmendia eta Anaïs Mitxelena
Editoreak

For bibliographic purposes, this book should be cited as follows:

García, Y., Garmendia, J., Mitxelena, A. (Eds.), 2020. Flora eta habitat piriniar-kantabriarrak aldaketa klimatikoaren erronkaren aurrean. Munibe Monographs. Nature Series 4. Aranzadi Zientzia Elkarte-Aranzadi Society of Science. Donostia/San Sebastian.



SARRERA

1986an abiatu zenetik, Botanika Piriniotar-Kantabriarraren Nazioarteko Biltzarrak aukera eskaintzen die izen generiko horren babespean dauden diziplinetako ikertzaileei Europako hegoaldeko mendikate luzeena helburu duten lanak aurkezteko eta eztabaidatzeko. Bagnères de Luchon-ekoaren lekukoa hartuta, Bertizeko Jaurerriko Natura Parkean egin da biltzarraren XI. edizioa; duela 100 urte baino gehiago José María de Lacoizquetaren eskutik Nafarroako botanika abiatu zen tokietako batean, hain zuzen ere.

Haren antolaketa hainbat erakunderen arteko lan parte-hartzailearen erakusgarri argia izan da: Nafarroako Gobernuaren eskutik, Nafarroako Ingurumen Kudeaketa (GAN-NIK) sozietate publikoaren bitartez antolatu da biltzarra, Aranzadi Zientzia Elkartearekin, Nafarroako Unibertsitate Publikoarekin eta Pirinioetako Ekologia Institutuarekin (IPE-CSIC) batera. Eta, noski, bertaratutakoan lankidetzaz balioetsuarekin.

Biltzarrean aurkeztutako ahozko 24 komunikazioek eta 13 posterrek eremu honetako erakunde zientifikoek eta hezkuntza-erakundeek jardunbide egokiaren berri ematen dute. Liburuki honetan ikus daitekeenez, aipagarria da ehun parte-hartzaileek baino gehiagok landu zituzten diziplinen aniztasuna: oinarriko floristikatik eta landare-ekologiatik hasi, eta espezieen galera azkarraren eta klima-aldaketa behartuen egungo egoera zuzentzeko aplikatzen diren zientzietaraino.

Berrikuntza esanguratsu gisa, nabarmentzekoa da berriki eratu dela Klima Aldaketaren Pirinioetako Behatokia (OPCC). Pirinioetako Lan Elkartearen (PLE) barruan sortu zen behatoki hori, eta dagoeneko eman ditu lehen fruituak botanikaren alorrean, Pirinioetako floraren atlas eskuragarri jarri baita: <http://www.atlasflorapyrenaea.eu/>

Biltzarraren antolakuntzak Pierre Dupont (1925-2017) eta Luis Villar omendu zituen, gure lurraldeko floraren eta landare-diaren ezagutzaren gainean eginiko lan nekaezin eta ekarpen handiagatik. Pirinioetako zati txiki honetako botanikari handien oroitzapena partekatze denbora ere egon zen, hala nola Jean Vivant eta Pedro Montserrat-ena, zeinek azken urte hauetan utzi baikaituzte, baita azken belaunaldi honetako euskal botanikari esanguratsuen ere: Carlos Aseginolaza, Xabier Lizaur, María Salaverria, Pedro M^a Uribe-Echebarria eta Iñaki Zorrakinena ere. Azkenik, ezin dugu alde batera utzi lan hau argitaratu baino lehen flora piriniotar-kantabriarraren ikerketan garrantzi handikoak izan diren beste bi botanikariren galera: Xabier Lizaur eta José Antonio Fernández Prieto. Erraldoien sorbaldetan jarraitzen dugu.

Iñaki Aizpuru
Batzorde zientifikoa

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios en 1986, los Coloquios Internacionales de Botánica Pirenaico-Cantábrica siguen ofreciendo a los estudiosos de las disciplinas que se amparan bajo este nombre genérico la oportunidad de presentar y discutir cada pocos años los trabajos que tienen como motivo la cordillera más larga del sur de Europa.

Tomando el relevo a Bagnères de Luchon, la edición número XI de estos Coloquios se ha celebrado en el Parque Natural del Señorío de Bértiz, uno de los espacios en los que se inició la botánica en Navarra, hace ya más de 100 años, de la mano de José María de Lacoizqueta.

Su organización ha sido un buen ejemplo del trabajo participativo entre diversas instituciones, de la mano del Gobierno de Navarra, a través de su sociedad pública Gestión Ambiental de Navarra (GAN-NIK), la Sociedad de Ciencias Aranzadi, la Universidad Pública de Navarra y el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Y, por supuesto, la valiosa colaboración de los asistentes.

Las 24 comunicaciones orales y los 13 pósters presentados esta vez dan idea del buen hacer de las instituciones científicas y educativas de esta zona. Como podrá verse en este volumen, la variedad de disciplinas tratadas por los más de cien participantes discurre desde la florística básica y la ecología vegetal hasta las ciencias que se aplican ahora para tratar de enmendar la actual situación de pérdida acelerada de especies y de cambios forzados en el clima.

Como novedad significativa cabe destacar la reciente constitución del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC), creado en el seno de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP), y que ya ha dado sus primeros frutos en el campo de la botánica, con la apertura al público del atlas de la flora de los Pirineos: <http://www.atlasflorapyrenaea.eu/>

La organización del Coloquio homenajeó a Pierre Dupont (1925-2017) y Luis Villar por su incansable labor y contribución al conocimiento que hoy disfrutamos sobre la flora y la vegetación de nuestro territorio. También hubo tiempo para compartir un recuerdo de los grandes botánicos de esta pequeña parte del Pirineo, Jean Vivant y Pedro Montserrat, que nos han dejado estos últimos años, así como de los botánicos vascos que han marcado esta última generación: Carlos Aseginolaza, María Salaverriá, Pedro M^a Uribe-Echebarria e Iñaki Zorrakin. Por último, no podemos obviar la pérdida de otros dos botánicos de gran relevancia en el estudio de la flora pirenaico-cantábrica, ocurrida poco antes de la publicación de esta obra: Xabier Lizaur y José Antonio Fernández Prieto. Seguimos cabalgando a hombros de gigantes.

Iñaki Aizpuru
Comité científico

INTRODUCTION

Depuis leur création en 1986, les Colloques internationaux de botanique pyrénéo-cantabrique offrent aux chercheurs des disciplines regroupées sous ce nom générique l'opportunité de présenter leurs travaux sur la plus longue chaîne de montagnes du sud de l'Europe, et d'en discuter.

Après l'édition de Bagnères-de-Luchon, le XI^e colloque aura lieu au Parc naturel du seigneur de Bertiz, dans un des lieux où débuta la botanique en Navarre il y a plus d'un siècle grâce à José María de Lacoizqueta.

L'organisation de ce colloque a été une bonne illustration du travail entre plusieurs institutions: le Gouvernement de Navarre, à travers sa société publique de Gestion Environnementale de Navarre (GAN-NIK), la Société de Sciences d'Aranzadi, Université Publique de Navarre et l'Institut Pyrénéen d'Écologie (IPE-CSIC). Et, évidemment, avec la précieuse collaboration des participants.

Les 24 communications orales et les 13 posters présentés lors de cette édition ont donné à montrer le savoir-faire des institutions scientifiques et éducatives de ce domaine de recherche. Comme en témoigne le présent volume, la variété des disciplines traitées par plus d'une centaine de participants va de la floristique fondamentale jusqu'à l'écologie végétale en passant par les sciences qui sont appliquées aujourd'hui afin de redresser la situation actuelle de disparition rapide d'espèces et de changements contraints du climat.

Soulignons une nouveauté significative: l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique a été créé récemment (OPCC), au sein de la Communauté de travail des Pyrénées (CTP), et a déjà porté ses fruits dans le domaine de la botanique avec l'ouverture au public de l'Atlas de la flore pyrénéenne: <http://www.atlasflorapyrenaea.eu.>

Les organisateurs du colloque ont rendu hommage à Pierre Dupont (1925-2017) et à Luis Villar pour leur travail incessant et leur contribution au savoir sur la flore et la végétation de notre territoire. On s'est également souvenu des grands botanistes de ce petit coin des Pyrénées, Jean Vivant et Pedro Montserrat, qui nous ont quittés ces dernières années, ainsi que des botanistes basques qui ont marqué cette dernière génération, à savoir Carlos Aseginolaza, Xabier Lizaur, María Salaverriá, Pedro M^a Uribe-Echebarria et Iñaki Zorrakin. Enfin, on ne peut oublier la disparition de Xabier Lizaur et de José Antonio Prieto, survenue peu de temps avant la publication de cet ouvrage; deux botanistes importants pour la recherche sur la flore pyrénéo-cantabrique. Nous continuons à avancer sur les épaules des géants.

Iñaki Aizpuru
Comité scientifique

Aurkibidea - Índice - Index

Treinta años de estudios botánicos pirenaico-cantábricos. Fundamento, situación y perspectivas	11-26
Luis Villar	
Le programme partenarial Espagne-France-Andorre FLORAPYR: Maintenir et développer les bases de connaissance sur la Flore des Pyrénées et les indicateurs de suivi en lien avec le changement climatique	27-34
Gérard Largier (coordination)	
Conservación <i>ex situ</i> de <i>Lilium pyrenaicum</i> Gouan: un endemismo pirenaico-cantábrico	35-45
Asier Jáñez, Agustí Agut, José Ignacio García-Plazaola	
Flora amenazada y vegetación del monte Jaizkibel	47-57
Anaïs Mitxelena, Leire Oreja, Yoana García, Mari Azpiroz	
Les Atlas de la biodiversité Communale (ABC) dans le Parc national des Pyrénées: premiers résultats sur l'amélioration de la connaissance des bryophytes et champignons	59-63
Marta Infante Sánchez, Carole Hannoire, Gilles Corriol	
Les bryophytes de Jean Vivant (Herbier BBF): specimens de la région Midi-Pyrénées	65-75
Marta Infante Sánchez	
Biodiversidad y educación secundaria: <i>iNaturalist</i>, herramienta TIC para captura de datos	77-83
Andrés Echeverría, Maite Salvatierra, Esther M. González, Javier Peralta	
Revisión de la flora endémica de los Pirineos. Materiales preliminares para una lista roja pirenaica	85-92
Daniel Gómez, Mikel Lorda, Xavier Font, M ^a . Begoña García	
Rareza en la flora pirenaica. Materiales preliminares para una lista roja	93-100
Daniel Gómez, Mikel Lorda, Xavier Font, M ^a Begoña García, Iñaki Aizpuru	
Cartografía, caracterización y estado de conservación de hábitats de las turberas de Navarra	101-110
Javier Peralta de Andrés, Idoia Biurrun Galarraga, Juan Antonio Campos Prieto, Mikel Lorda López, José Luis Remón Aldabe, Asun Berastegi Gartzandia	
Flora y hábitats del enclave higroturboso de Baigura (Pirineo Occidental, Navarra)	111-117
Mikel Lorda, José Luis Remón, Javier Peralta, Asun Berastegi	
Flora y hábitats del enclave higroturboso de Alkurruntz (Pirineo Occidental, Navarra)	119-128
José Luis Remón, Mikel Lorda, Javier Peralta, Asun Berastegi	
Cartografía diacrónica: estabilidad y cambios en la vegetación de Rasos de Peguera (Prepirineos Orientales), 1956-2014	129-138
Marc Montes, Ignasi Soriano	
Cambio climático y distribución potencial de <i>Rhododendron ferrugineum</i> en Andorra	139-144
Benjamin Komac, Clara Pladevall, Roger Caritg	
Principales patrones de distribución de plantas vasculares de los Países Catalanes	145-153
Maddi Otamendi, Xavier Font, Josep Vigo	
Las plantas alóctonas de la Coma de Burg (Pirineos Centrales Catalanes)	155-160
Angel Romo, Neus Ibáñez, Meritxell Campos	
Diversidad haplotípica en <i>Saxifraga</i> sección <i>Gymnopera</i> D. Don (Saxifragaceae)	161-166
Mauro Sanna, Eduardo Cires, José Antonio Fernández-Prieto	
Découverte de <i>Polystichum x lonchitifforme</i> (Halácsy) Bech. (<i>P. lonchitis</i> x <i>P. setiferum</i>) (<i>Dryopteridaceae</i> Pteridophyta) dans les Pyrénées ariégeoises. Un nouvel hybride pour la France	167-173
Pascal Holveck	
Guía de la excursión botánica al monte Larrun (Pirineo Occidental)	175-179
Mikel Lorda, José Luis Remón, Yoana García, Anaïs Mitxelena	

Treinta años de estudios botánicos pirenaico-cantábricos. Fundamento, situación y perspectivas

Thirty years of Pyrenean-Cantabrian botanical studies. Basis, situation and perspectives

Luis Villar¹

¹ Instituto Pirenaico de Ecología, IPE-CSIC. Avda. N^o S^o de la Victoria, 12. E-22700 Jaca (Huesca). lvillar@ipe.csic.es

RESUMEN

Atendiendo a razones geológicas y geográficas, a fines del S. XIX y principios del XX, los Pirineos ya se venían prolongando hacia el W, entre el Pico de Anie y el meridiano de Bilbao. Mediado el siglo XX, los botánicos Losa y Montserrat (1947, 1950, 1952, 1953) y Losa (1954, 1955) presentaron en Congresos internacionales sus estudios florísticos del Pirineo y de los Montes Cantábricos (montes palentino-leoneses, sobre todo), y empezaron a comparar la flora de ambas cordilleras (Losa, 1955).

Ambos pioneros venían de Barcelona y contemplaban sobre todo el Eje pirenaico-cantábrico desde el sur; no obstante, Montserrat (1956) unía la Cordillera fronteriza y los "Pirineos cantábricos" mediante otros montes "ístmicos", los de la Depresión Vasca. Así, el ámbito que nos ocupa iba quedando perfilado. A los estudios de vegetación como el clásico de Braun-Blanquet (1948) sobre el Pirineo Oriental siguieron otros en Cataluña (Bolòs, 1957 ...), País Vasco (Braun-Blanquet, 1967), etc.

Opuestamente, desde Toulouse, Gaussen y Leredde (1948) empezaron a alistar los endemismos pirenaico-cantábricos y Dupont (1956) inició herborizaciones vasco-béarnesas, ampliadas a la flora atlántica europea en 1962 y al macizo de Castro Valnera (Burgos) en 1975. Esta escuela francesa publicó también el "Catalogue-flore des Pyrénées" (Gaussen, 1953-1982) y los montes Cantábricos fueron estudiados por Laínz, Guinea, Rivas *et al.* (1971), etc. Paralelamente, Braun-Blanquet (1967), quien venía hablando del "sector ibero-atlántico", estudió parte del País Vasco.

Durante los años 70-85 se desarrollaron estudios de flora en todo el ámbito, basados en nuevos herbarios de distintos centros como los de Gerona, Lérida, Jaca, Pamplona, Pau, San Sebastián, Bilbao, Vitoria, Oviedo, León, etc. Tampoco quedó atrás la cartografía vegetal, impulsada por Gaussen desde 1964 en las hojas pirenaicas de su "Carte de Végétation de la France", seguidas por Montserrat (1966, Cuenca del Ebro), los mapas forestales de Jordán de Urries (1954) y Ceballos *et al.* (1966), el mapa de la Jacetania (Montserrat (1971) más otros que culminarían en la publicación del Mapa de Series de Vegetación de Rivas Martínez *et al.* (1987).

Esa obra magistral documentaba un hecho biogeográfico trascendental: por las montañas del citado eje cántabro-pirenaico pasa el límite entre la Región eurosiberiana y la Región mediterránea. Entonces, siguiendo la estela de los Congresos de Estudios Pirenaicos (1950-1974) y otros, el recordado Prof. André Baudière convocó en 1986, con el apoyo de la Sociedad Botánica de Francia, el "Colloque International de Botanique Pyrénéenne" en La Cabanasse (Pyrénées-Orientales). Y en 1989, quien esto escribe organizó en Jaca, bajo el mismo patrocinio, el II Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-cantábrica, al que han seguido ocho más en Biarritz, Oviedo, Mauléon-Soule, Barruera-Boi, Bagnères de Bigorre, León, Andorra, Luchon. Por tanto, con la presente XI edición en Bertiz (Navarra) cumplimos 30 años.

Con ese bagaje, en esta presentación hablaremos de la diversidad florística del territorio, de su variado tapiz vegetal y de los factores ecológicos que los condicionan (suelo, biogeografía histórica y clima...). Ciertamente, los contrastes paisajísticos del dominio pirenaico-cantábrico destacan a escala peninsular o europea, y la riqueza de endemismos sólo se ve superada por las montañas Béticas.

Tras analizar someramente lo aportado en dicha serie de reuniones, comentaremos la situación actual, caracterizada por un apreciable volumen de datos cada vez más elaborados y a muy distintos niveles, así como nuevos equipos o líneas de investigación, proyectos a medio plazo, algunas debilidades y fortalezas. Evidentemente, nuestras disciplinas contribuyen cada día más a aumentar el conocimiento del mundo vegetal y a resolver los problemas que la gestión y conservación de la naturaleza nos plantean.

PALABRAS CLAVE: Flora, vegetación, Pirineos, Montes Cantábricos, Coloquios pirenaico-cantábricos de Botánica 1986-2016.

ABSTRACT

On the basis of geological (end of XIXth century) and geographical reasons (beginning of XXth century), the Pyrenees were enlarging to the west, between Anie Peak and Bilbao meridian. In the middle of the XXth century, Losa y Montserrat (1947, 1950, 1952, 1953), and Losa (1954, 1955) presented their studies on the flora of Pyrenees (Andorra, Ordesa, Turbón o Guara) and Cantabrian Mountains (palentino-leoneses mountains, mainly) in International Meetings, and started a comparison between flora from both mountain ranges. Both botanists came from Barcelona and looked at the Pyrenean-Cantabrian axis from the south. Nevertheless, Montserrat (1956) joined the "Pirineos cantábricos" to the french-spanish mountain chain by means of isthmic mountains, those from de Basque depression.

On the other side, from Toulouse, Gaussen and Leredde (1948) started a list of endemic Pyrenean and Cantabrian endemics, and Dupont (1956) began gathering plants from Basque country and Bearn, enlarging his work to the Atlantic European flora in 1962 and the Castro Valnera massif (north Castille) in 1975. This french team, published also the "Catalogue-flore des Pyrénées" (Gaussen, 1953-1982), and also the Cantabrian mountains were studied by Laínz, Guinea, Rivas *et al.* (1971), etc. At the same time, Braun-Blanquet (1967) began to speak about "ibero-atlantic sector". Later, during 1970's and 1980's several floristic studies were published along the region, as a consequence of the new Science faculties and herbaria (Gerona, Lérida, Jaca, Pamplona, Pau, San Sebastián, Bilbao, Vitoria, Oviedo, León, etc).

Thus, our field of interest was finally designed. Classical studies as that of Braun-Blanquet (1948) on the Eastern Pyrenees were followed by some others in Catalonia (Bolòs, 1957 ...), Aragón (Braun-Blanquet y Bolòs, 1957), Basque Country (Braun-Blanquet, 1966) etc. Moreover, vegetation mapping was developed by Gaussen from 1964 in his "Carte de Végétation de la France", as well as Montserrat (1966, Ebro

basin), the forest maps by Jordán de Urríes (1954) and Ceballos *et al.* (1966), the Jacetania map and other similar works, finally arriving to the synthetic "Mapa de Series de Vegetación de España", from Rivas Martínez *et al.* (1986). Thanks to this excellent document, the important biogeographical limit between the Eurosiberian and mediterranean regions was reasserted.

Then, following the Pyrenean Studies International Congress track (1950-1974), Prof. André Baudière -with the help of the French botanical Society- convoked an "International Meeting on Pyrenean Botany" that was held at La Cabanasse (Eastern Pyrenees, France). Three years after (1989), it was me that organised the 2nd International Meeting on Pyrenean and Cantabrian Botany at Jaca (Aragon, Spain) -also by the same help-, and later on, they continued along Biarritz, Oviedo, Mauléon-Soule, Barruera-Boí, Bagnères de Bigorre, Léon, Andorra and Luchon. It means that with the present XI edition at Bertiz (Navarre, Spain), we are achieving a 30 years series.

So, with this overview we comment on the floristic diversity and ecological factors (soil, climate, historical plant geography and so on) which are on the base of the richness of Pyrenean and Cantabrian ranges, may be the most contrasted landscape vegetation and rich endemism among Iberian Peninsula and Europe.

Following the principal results and topics that were treated in these meetings, we emphasize the current situation, which is characterized by an important amount of well elaborated data at different levels, new scientific projects or teams, and fortresses or debilities as well. It's also evident that our disciplines are contributing to a better knowledge of the plant species and communities who help us to solve some problems of sustainable management and conservation.

KEY WORDS: Flora, vegetation, Pyrenees, Cantabrian Mountains, Pyrenean-cantabrian meetings on Botany, 1986-2016.

I. INTRODUCCIÓN o FUNDAMENTO

Aparte del Macizo Galaico y los Montes de León, el mapa físico de la Península Ibérica destaca dos elevados sistemas montañosos en el norte de España, ambos dirigidos de W a E, los Montes Cantábricos y los Pirineos; entre uno y otro el Alto valle del Ebro y los Montes vasco-navarros sirven de nexo de unión. En sus confines orientales, la Cordillera Pirenaica se acerca bastante al Mar Mediterráneo, su límite natural. Ahora bien, por el W su límite no es tan claro. Desde el Ori (2017 m) en el Salazar navarro va descendiendo hasta el litoral oceánico, pero por razones bio-climáticas ya en el Puerto de Velate (822 m), al N de Pamplona, terminarían los Pirineos, dado que allí se detiene el área del pino silvestre en la cadena fronteriza y, además, el clima atlántico domina en ambas vertientes (Torres, 1971).

No obstante, los geólogos decimonónicos como Margerie y Schrader (1891) argumentaban que a pesar de la menor altitud y oceanidad de los montes del Bidasoa y Guipúzcoa entera, tenía sentido prolongar los Pirineos mucho más al W, "ya que las capas geológicas siguen plegadas en la misma dirección -sin interrupción- hasta los montes paleozoicos de Asturias". En efecto, los terrenos hercínios del viejo "macizo hespérico", propios de la mitad occidental ibérica, dejan paso en torno a los Picos de Europa a los relieves levantados por la orogenia alpina, ya dominantes en Cantabria, N de Burgos, montes vasco-navarros y Pirineos. En los Pirineos Centrales se cuentan unos 130 "tresmiles" (Buyse *et al.*, 1993), entre los que sobresale el Aneto (3404 m), la primera cima del ámbito y la segunda de la Península. En el otro extremo, la Cordillera Cantábrica culmina en Torre Cerredo (2650 m).

Estudiando los modos de vida con base geográfico-climática, Lefebvre (1933) concretaba más, y dividía el territorio pirenaico-cantábrico en tres grandes porciones: (1) los "Pirineos Atlánticos", al oeste, comprendidos entre la frontera galaico-asturiana y el puerto del Somport, al N de

Jaca, entre Aragón y el Béarn; (2) los Altos Pirineos, caracterizados por el clima alpino, frío y más continental, que se extenderían desde allí hasta Andorra; y (3) los Pirineos Mediterráneos, influidos por los climas del Mare Nostrum, donde se incluirían la Cerdaña, el Puigmal (2910 m), el Canigó (2784 m) y la Albera (1257 m).

Con esos antecedentes, años más tarde Montserrat (1956), nuestro recordado maestro¹, en su libro "Los pastizales aragoneses" integraba en un mapa, además de la cadena fronteriza, los "Pirineos ístmicos" o vascos y los "Pirineos Cantábricos" que prolongaba hasta la Peña Labra (2029 m), junto al Puerto de Piedrasluengas (1515 m), ambos entre Cantabria y Palencia. De ese modo, reafirmaba la visión comparativa desde el aprovechamiento agrosilvopastoril. Y varias décadas después, basándose en numerosos estudios florísticos, climáticos y de vegetación, matizaría los cinco sectores en que podría dividirse la cordillera franco-española: atlántico, occidental, central, oriental y mediterráneo (Montserrat, 1974).

Por tanto, desde mediados del siglo XX ya tenía sentido considerar el *eje pirenaico-cantábrico* como un dominio ecológico y biológico no solo contiguo, sino también continuo. Con esa perspectiva, en las notas que siguen, basándonos en datos florísticos, topoclimáticos, del tapiz vegetal e incluso biogeográfico-históricos, intentaremos definir su originalidad a escala europea. Eso nos llevará a destacar el interés de su estudio conjunto, en el que venimos profundizando durante los últimos treinta años.

II. PRIMEROS ESTUDIOS FLORÍSTICOS, PIRENAICOS O CANTÁBRICOS

La flora de los Pirineos, si nos ceñimos a la época linneana, se venía estudiando sobre todo desde Gouan (1773) o Asso (1781)², así como desde Lapeyrouse, quien publicó en 1813 y 1818 su *Histoire abrégée des plantes*

¹ Murió en Jaca el 4 de febrero de 2017 a los 98 años de edad. Se mantuvo activo hasta 2016 y era el decano de los botánicos de la Península Ibérica. A los 88 años asistió al VIII Coloquio (León, 2007), donde fue homenajeado. Sobre sus aportaciones pirenaico-cantábricas véase Villar (2009) y Villar & Lazare (2018).

² Fueron, en sus respectivos países, los primeros linneanos convencidos, y ambos estudiaron una parte de los Pirineos, el primero la oriental francesa, el segundo una parte de la aragonesa.

des Pyrénées, obra que trataba buena parte de la cordillera. Citemos también las aportaciones de Bergeret (1751-1813) para la porción occidental, de Zettersted (1857) o de Ramond (1755-1827) -este último pionero que ya destacaba la estructura de la cordillera como un *eje* en comparación con el *arco* de los Alpes-; sin olvidar los trabajos de Pourret (1754-1818), Dufour (1780-1865) y de Candolle (1778-1841)³, entre otros⁴.

Las primeras floras francesas como las de Lamarck (1779), Lamarck and De Candolle (1805-1815) o la de Grenier and Godron (1847-1856), así como el *Prodromus* de la flora hispánica de Willkomm and Lange (1861-1880) recogieron los descubrimientos realizados hasta bien entrado el siglo XIX. Por aquel entonces, Bubani, procedente de Bolonia y animado por Dunal desde Montpellier, recorrió repetidamente la cordillera fronteriza de 1836 a 1856 y elaboró su "Flora Pyrenaea", obra póstuma publicada en 1897-1901. Escrita en latín, su texto prolijo cubría por primera vez ambas vertientes (Montserrat, 1991; Pezzoli *et al.*, 2006).

A escala regional, debemos a Costa (1864, 1877) la primera *Introducción a la Flora de Cataluña*, a Gautier (1898) su *Catalogue raisonné de la Flore des Pyrénées-Orientales* y a Loscos (1876-1877) su *Tratado de plantas de Aragón*⁵. Mientras, el farmacéutico Ruiz Casaviella (1880) publicaría el "Catálogo metódico de las plantas espontáneas" en Navarra y Lacoizqueta (1884-1885) el Catálogo de Vertizarana, valle donde celebramos este Coloquio. En el País Vasco, la flora de la Rioja alavesa fue estudiada de 1785 a 1812 por Arizaga (1914; 1915),⁶ y luego Gredilla (1913)⁷, en su "Corografía botánica vasco-navarra", recopilaría lo que se sabía de ambos territorios. Menos atendidos, los Montes Cantábricos empezarían a conocerse gracias a excursiones botánicas como las de Durieu en 1836 (Lacaita, 1929a y b), las de Leresche and Levier (1880) y, sobre todo, las efectuadas de 1894 a 1912 por Gandoger (1917).

Llegado el siglo XX, todo se reactivaría. Así, la "Flore de France" de Rouy y Foucaud (1893-1913), considerada la más analítica del país vecino, incluía en sus 14 volúmenes bastantes citas pirenaicas. Pero los tres volúmenes de la *Flore descriptive et illustrée de la France*, debidos a Coste

(1901-1906), conformarían una obra básica durante décadas, gracias a sus descripciones sintéticas bien acompañadas de dibujos⁸. En ella se basarían los seis magníficos volúmenes de la *Flora de Catalunya* (Cadevall *et al.*, 1913-1937), publicada en Barcelona. Mientras, E. F. Sennen (1861-1937), infatigable recolector por la parte oriental de los Pirineos, también distribuyó muestras del N de Burgos, etc., en sus conocidos exsiccata *Plantes d'Espagne*, de 1906 a 1932, y su importante colección se conserva en el herbario BC (Barcelona).

Como reconocimiento de los valores naturales del ámbito que tratamos, en 1918 se declararon los dos primeros Parques Nacionales de España: Montaña de Covadonga (Asturias) -hoy ampliado a Picos de Europa-, y Valle de Ordesa (Pirineo Aragonés), hoy Ordesa y Monte Perdido. Ello despertaría hacia el primero la atención de Lacaita (1929b) y hacia el último la del parisino Chouard (1926) o del gerundense Cuatrecasas (1931), discípulo del Dr. Font Quer en Barcelona; profesor y alumno fundarían la revista *Cavanillesia. Rerum botanicarum Acta*, por lo que sabemos la primera de España especializada en nuestras disciplinas: de 1928 a 1938 publicaron ocho números, en los que se prestaba atención a los Pirineos, etc. A Font debemos la creación en 1934 del Instituto Botánico, centro coordinado del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) a partir de 1946, año en que se inició, dirigida por A. de Bolòs, *Collectanea Botanica*, revista que desde entonces viene publicando sobre nuestras montañas y otras. Asimismo, su herbario, el mencionado BC, segundo de España, conserva muchos especímenes de los Pirineos, alto Sistema Ibérico, etc. Véanse, por ejemplo, Font Quer (1924, 1948) o Font Quer y Rothmaler (1936).

Poco después de haber estudiado los macizos del Néouvielle y Monte Perdido, Chouard, junto con Gaussen (Toulouse), organizó una provechosa sesión extraordinaria de la Sociedad botánica de Francia (Chouard, 1948)⁹. Llegados a este punto, a fines de aquella década, el estudio metódico de la flora del Pirineo central -Andorra, Ribagorza, Sobrarbe, etc.-, donde la cordillera alcanza sus mayores contrastes y biodiversidad, ya se enfocaría en relación con la Cordillera Cantábrica.

³ Su famoso "Voyage de Tarbes" en 1807, editado en 1999, le llevó desde Perpiñán hasta Bayona, por el lado francés pero con incursiones en el español: Figueras; Benasque y Collado de Bujaruelo; Roncesvalles. Entre sus notables hallazgos dio a conocer taxones que Ramond había dejado inéditos.

⁴ El lector interesado en aspectos biográfico-botánicos de los muchos colegas que han explorado la flora de los Montes Pirineos podrá consultar la obra colectiva "Les botanistes de la flore pyrénéenne" (Saule-Sorbé y Largier, 2010).

⁵ Loscos, ilustre boticario, recogió en sus trabajos los datos pirenaicos de Asso y los de corresponsales como Campo en el Alto Cinca. En esa época cabe mencionar el herbario formado por Latorre (1823-1888), farmacéutico en las cercanías de Jaca, bien conservado hasta nuestros días (Villar, 2006).

⁶ Arizaga (1748-1830), farmacéutico, y Prestamero (1733-1817) -un ilustrado de Vitoria- confeccionaron herbarios y estuvieron en relación con el Real Jardín Botánico de Madrid (Uribe-Echebarria, 2007, 2015).

⁷ Pronto llegaríamos a la fundación del "Grupo Aranzadi" de Ciencias Naturales en 1948, con sección de la revista *Munibe* en 1949. Hoy, la Sociedad de Ciencias Aranzadi coorganiza el Coloquio que nos ocupa.

⁸ Conocedor de los Pirineos, Coste dejó en 1910 un manuscrito sobre la flora de la Cordillera. Otro escrito inédito dejó su amigo Soulié tras recorrer de 1907 a 1914 los Pirineos y llegar bastante más al oeste, a los Picos de Europa (Montserrat y Romo, 1984). Coste y Soulié (1913) publicaron una Flórua del Valle de Arán.

⁹ Había organizado una sesión pirenaica en 1866, desde Pau al valle de Ossau y Portalet, pasando a Panticosa (Huesca), y por su balneario regresando a Cauterets. En nuestros días, organizaría otras en Andorra-Lérida-Huesca-Jaca (1972), apoyada por G. Durieu, O. de Bolòs y P. Montserrat; Béarn-Aragón (1979 y 1980), con la colaboración de P. Montserrat y L. Villar; Pirineo Oriental (Aude-Corbières 1984), y la conmemorativa de Néouvielle 50 años después, en 1998. En el *Bulletin* de esta sociedad centenaria se habían publicado trabajos de Gandoger, Chouard, Dupont, Gaussen, los Allorge y otros, muchas veces pioneros, que ayudaron a conocer la flora y vegetación del S de Francia y N de España.

III. ESTUDIOS FLORÍSTICOS CONJUNTOS, PIRENAICO-CANTÁBRICOS HASTA LOS AÑOS 70-80

La Universidad de Zaragoza, que había iniciado en 1927 cursos de verano en Jaca (Huesca), tras la guerra civil atrajo a geógrafos y naturalistas¹⁰, y allí creó el CSIC en 1942 la Estación de Estudios Pirenaicos. Esta institución fundó en 1945 la veterana revista *Pirineos*, publicó muchas monografías de referencia como la de Braun-Blanquet (1948) y desde 1946 fomentó campañas *pirenaico-cantábricas* para profundizar en el conocimiento de la flora; asimismo, a partir de 1950 organizó congresos internacionales que impulsarían el estudio conjunto de los Pirineos (Francia, España, Andorra) y montañas relacionadas.

Desde Barcelona, con ese y otros apoyos, el Prof. M. T. Losa¹¹ y P. Montserrat, su becario del CSIC, recorrerían montes pre pirenaicos aragoneses (Guara, Turbón) o valles alto pirenaicos (Andorra, Ordesa) entre 1946 y 1952 (Lazare y Villar, 2018). Es cierto que seguían los pasos de Bubani o de Soulié, pero a la vez, con una perspectiva amplia, estudiaron los montes palentino-leoneses, apenas explorados, desde 1949 hasta 1953 (Villar, 2009). En el primer caso fueron documentando la transición entre la Depresión del Ebro seca y la alta montaña pirenaica. En el segundo, descubrieron la flora de un territorio a caballo entre las "parameras y glaciés" de la meseta castellana y las estribaciones de los Picos de Europa.

Basados en sus importantes hallazgos taxonómicos y corológicos (Lainz, 1988; Montserrat, 1994), iniciaron la provechosa comparación entre la flora de las dos grandes cordilleras del eje que nos ocupa y la dieron a conocer en revistas de Barcelona o Madrid (véanse Losa, 1948; Losa y Montserrat 1947, 1951, 1952, 1953; Montserrat, 1953), en los Congresos de Estudios Pirenaicos e incluso en el Internacional de Botánica reunido en París (Losa, 1955).

Por aquella época, el citado Gaussen y sus seguidores iniciaron en Toulouse algunas monografías de géneros destacados -*Borderea*, endémico pirenaico; *Endressia*, pirenaico-cantábrico, *Aquilegia*, etc.-, y entre 1953 y 1982 fueron publicando su *Catalogue-Flore des Pyrénées*, donde hacían llegar los Pirineos hasta Urbasa, al W de Navarra. Además, ya anotaron los endemismos pirenaico-cantábricos (Gaussen 1934a; Gaussen y Leredde, 1948).

De la misma escuela, Arrieu (1944) o Lascombes (1944) publicaron notas piceo-europeas, pero sería P. Dupont quien hacia 1951 iniciaría trabajos corológicos sobre

la flora atlántica europea, desde el valle de Ossau (Pirineo W) hasta Asturias o Galicia (Dupont, 1962). Luego, estudiando los montes de Valnera, al N de Burgos (Dupont, 1975), confirmaría cómo las especies pirenaicas llegaban hasta la cabecera del Ebro. En todo caso, gracias a sus muchos mapas de distribución, datos y comentarios conocemos mejor el dominio pirenaico-cantábrico por su vertiente norte¹².

Mientras, Guinea (1948, 1949, 1953) visitaría los Picos de Europa y publicaría sobre Vizcaya o Santander. Y el P. M. Lainz, que hacia 1951 había iniciado su herbario hispánico boreo-occidental, daría pronto a conocer numerosas aportaciones taxonómicas cántabro-astures, primero con Leroy luego con otros colaboradores, hasta la actualidad (Lainz, 1982; Carlón, 2014). La excursión de la Sociedad Internacional de Fitogeografía por España en 1953 (Lüdi, 1956; Tüxen y Oberdörfer, 1958), conducida por Rivas Goday y Fernández Galiano, aportaría no pocos datos florísticos y fitosociológicos pasando por el Pirineo Aragonés y Navarro, así como por los Montes Cantábricos (Palencia, Asturias, León)¹³. Cabe señalar asimismo la Excursión Internacional de Fitosociología, que permitió conocer en 1960 el Pirineo occidental (Bolòs y Montserrat, 1984).

En el ámbito pirenaico siguieron los Congresos Internacionales y se declararon dos nuevos parques nacionales, uno en el lado español (Aigüestortes y Estany de Sant Maurici, año 1955), entre Ribagoza y Pallars, y otro en el francés (*Parc National des Pyrénées*, 1967). Al crear el CSIC en 1963 otro laboratorio especializado en la misma ciudad de Jaca, el Centro pirenaico de Biología experimental, P. Montserrat se vinculó a él y en 1968 fijó allí su residencia. Tras fundar una colección institucional, el Herbario JACA, junto con sus discípulos promovió y apoyó estudios por Aragón, Navarra, País Vasco y otros territorios circundantes, en especial pirenaico-cantábricos (Villar, 2009).

Pronto se abrirían nuevas Facultades, algunos jóvenes botánicos prepararon tesis o monografías que pronto verían la luz, y a partir de entonces otras generaciones más numerosas se han sucedido hasta la actualidad. No pocas líneas de investigación se vieron reforzadas, por ejemplo, la Botánica criptogámica¹⁴ o el estudio de los pastos¹⁵. Igualmente, en los años 70 y 80 cuajaron dos conocidos proyectos internacionales de largo alcance: el *Atlas Florae Europaeae* o "Flora iberica", que todavía siguen, y en ellos han colaborado muchos botánicos formados en la mitad norte peninsular, conocedores de sus montañas.

¹⁰ Llegaban de las universidades de Barcelona, Zaragoza, Toulouse o Burdeos, así como de Madrid y otras.

¹¹ M. T. Losa España (1893-1965) Catedrático de Botánica de la Facultad de Farmacia en Barcelona (1943), ya lo había sido en Santiago desde 1940, y antes fue farmacéutico en Miranda de Ebro (Burgos). Su escenario natural eran los montes de la mitad norte peninsular, desde Zamora y Galicia hasta Cataluña.

¹² Hace poco, Dupont (2015) amplió su magnífica tesis, y trató también especies pirenaico-cantábricas ibéricas o francesas. Homenajeado por los asistentes a nuestro XI Coloquio, I. Aizpuru y G. Largier pudieron entregarle una placa de reconocimiento poco antes de su muerte en Pessac, Burdeos, el 22 de enero de 2017. D.E.P.

¹³ Por entonces, el joven S. Rivas Martínez, junto con su padre, ya publicaría una nota botánica sobre la laguna de Arbás (Rivas Goday y Rivas Martínez, 1957), y pocos años después se convirtió -desde sus cátedras de Barcelona y Madrid- en uno de los mejores conocedores de nuestras cordilleras. Como tal fue reconocido en nuestro X Coloquio (Luchon, 2013).

¹⁴ Animados por los Dres. C. Casas (Barcelona), F. Calonge (Madrid) y otros, surgieron los Simposios de Botánica Criptogámica, uno de los cuales se celebró en la Universidad de Navarra (Pamplona), en 1972.

¹⁵ La Sociedad Española de Pastos (SEP) publica la revista *Pastos* (1971-) y organiza reuniones anuales itinerantes desde 1959. Unas cuantas de ellas se han celebrado en el dominio pirenaico-cantábrico.

Ese proceso facilitó la creación de los correspondientes colecciones, como las de Oviedo, León o Vitoria, entre otros (Villar, 2004). La calidad de las muestras de herbario aumentó en paralelo con la precisión de la información de sus etiquetas y el intercambio de exsiccata. Pronto se empezó a hablar de bancos de datos florísticos, y al filo de los 90 llegaron los primeros programas para su tratamiento automático¹⁶.

IV. BIOCLIMATOLOGÍA Y EFECTO FOEHN, FRONTERA GEBOTÁNICA Y BIOGEOGRAFÍA HISTÓRICA

El citado Prof. Gaussen (1926, 1934b, 1956), en la Universidad de Toulouse, había empezado a relacionar el suelo, el clima y la vegetación de los Pirineos. Tras introducir su índice xerotérmico (Gaussen y Bagnouls, 1952), publicó un mapa bioclimático la Península ibérica a escala 1: 4 000 000 (Gaussen *et al.*, 1957)¹⁷. Por su parte, Montserrat (1964-66) elaboró su Mapa de vegetación de la amplia Cuenca del Ebro a escala 1: 1000 000, y con su experiencia previa relacionó las unidades de vegetación pirenaicas o vasco-navarras con las del Alto Ebro y Sistema Ibérico.

Por medio de estas síntesis cartográficas se demostraba cómo el efecto foehn climático –laderas a barlovento bañadas por los frentes oceánicos frente a laderas secas a sotavento- condicionaba la vegetación y la flora. En efecto, esa transición climática se podía seguir nítidamente desde Castilla y León hasta Navarra media y Prepirineo, del dominio atlántico cántabro y vasco hacia Burgos, la Rioja y Aragón. Como parte de lo que Braun-Blanquet (1923) llamaba “sector ibero-atlántico”, Montserrat (1971) habló del clima *subcantábrico*, por oposición al clima submediterráneo dominante entre la amplia Depresión seca del Ebro y los Pirineos.

De hecho, la banda subcantábrico-submediterránea se caracterizaría por el paso de los prebrezales de *Erica vagans* L. y *Genista hispanica* subsp. *occidentalis* Rouy con *Helictotrichon cantabricum* (Lag.) Gervais, a los pastos calcícolas de la alianza *Aphyllanthion*, es decir, por el *Thymelaeo-Aphyllanthetum* Br.-Bl. y P. Montserrat (Braun-Blanquet, 1967)¹⁸. Asimismo, los carrascales y quejigales con *Spiraea hypericifolia* subsp. *obovata* (Waldst. y Kit.) H. Huber ceden su lugar en los confines de Navarra y Aragón a los quejigales o carrascales con boj.

A mayor detalle y a color, Montserrat (1971a y b) lo plasmaría en el mapa de vegetación 1: 200 000 anejo al libro sobre “La Jacetania y su vida vegetal”. Rivas Martínez (1973, 1981) y Rivas Martínez *et al.* (2004), con base corológica y bioclimática trazaron la consiguiente sectori-

zación biogeográfica a escala peninsular. También Fillat (1983) analizó la estacionalidad de las precipitaciones y en el correspondiente mapa ibérico ilustró el gradiente climático W-E (o mejor NW-SE) del territorio cántabro-pirenaico. Así se clarificaba el paso de las influencias atlánticas –con precipitaciones máximas de invierno- a las mediterráneas –con máximas de otoño- pasando por bandas intermedias donde las lluvias máximas se registran en primavera.

Opuestamente, Montserrat (1975) también concretó la penetración de las especies mediterráneas hacia los valles pirenaicos, y como hicieron otros autores fue señalando climas topográficos marcados por la continentalidad (Montserrat, 1980; Izard, 1988, etc.). Así, en Ribagorza-Pallars-Andorra, y en la Cerdeña (Alto Segre), se identificaban “áreas internas” de los Pirineos, con lluvias máximas de verano –asociadas a tormentas frecuentes- y mínimas de invierno. Se deben a la lejanía relativa de los mares y a la sombra de lluvia provocada por los altos macizos (Telera-Tendeñera, Monte Perdido-Néouvielle y Maladeta-Aigüestortes). Los referidos frentes húmedos van descargando sus precipitaciones en el lado francés y apenas pasan hacia la amplia cabecera del Cinca, Las Nogueras y el Segre.

Item más, conviene señalar que en el Pirineo oriental, al E del meridiano de los ríos Aude y Segre, el esquema bioclimático se invierte: las precipitaciones dominantes ya no vienen del Océano sino del Mare Nostrum, al E-SE. Entonces, la Sierra del Cadí y la dorsal contigua de los macizos del Puigmal y Canigó las detienen: resulta entonces que las comarcas del Ripollés -Altos Freser y Ter- y Alta Garrotxa reciben más lluvia que las comarcas inmediatas, Cerdeña y Conflent, ambas más secas.

Con estos antecedentes, Rivas Martínez *et al.* (1987) ya plasmarían en el Mapa de series de vegetación de España esa *frontera biogeográfica algo sinuosa* que pasa por la vertiente meridional de nuestras dos grandes cordilleras norte ibéricas: la que separa al N la región eurosiberiana y al S la región mediterránea. Incluso en bastantes puntos, además de digitaciones se dan algunos isleos de comunidades mediterráneas hacia la parte eurosiberiana, como los carrascales en el límite septentrional de su área continental, o en sentido contrario, de comunidades atlánticas – como hayedos- hacia el dominio submediterráneo (Villar *et al.* 1990, 1999). Estas manchas aisladas de vegetación testimonian de los cambios climáticos pretéritos y persisten allí donde los topoclimas de nuestras montañas se lo permiten: pensemos en lugares pedregosos, venteados, soleados y secos frente a laderas con nieblas frecuentes, hondonadas o cuencas sometidas a inversión térmica¹⁹, etc.

¹⁶ En 1993 se fundó la Asociación de Herbarios Ibero-Macaronésicos, que organiza campañas de recolección (Cataluña, Aragón, Navarra, País Vasco, Cantabria, Asturias, etc.), y promueve el intercambio de Exsiccata.

¹⁷ Al usarse la fotografía aérea en los años 60 para el estudio de la vegetación, este Profesor creó el “Service de la Carte de Végétation” y durante tres décadas completó el Mapa de vegetación de Francia a escala 1:200.000; sus hojas pirenaicas (Perpignan, Foix, Luz) desbordaban la frontera hacia Andorra y España (Dupuis *et al.*, 1981), incluso de la última de ellas sería coautor el Prof. P. Montserrat.

¹⁸ Más tarde estudiado por López (1970), Erviti (1989) y Peralta & Olano (2001) en Navarra media.

¹⁹ Puigdefábregas (1970) estudiaría esta inversión en la cubeta de Sabiñánigo (Huesca), a orillas del Gállego, fenómeno que ayuda a comprender ciertas comunidades vegetales e incluso altera la zonación altitudinal de vegetación como se ve en Ordesa y Añisclo, ya en el Sobrarbe (Benito Alonso, 2006).

Los conocimientos paleo-ecológicos en ambas cordilleras han progresado en los últimos decenios y sumados a los geomorfológicos (glaciología, relieve, pedregosidad o profundidad de los suelos) ayudan a interpretar las áreas de distribución de las especies y a comprender los avatares del poblamiento vegetal, incluso su dinámica. Además de los estudios palinológicos de los sedimentos lacustres (J. M. Montserrat, 1992), cuando se ha podido estudiar el hielo de los casquetes polares se ha demostrado otro hecho trascendental: a las cuatro importantes glaciaciones cuaternarias cabe añadir otras muchas oscilaciones climáticas menores (Burroughs, 2006). Tales circunstancias, unidas a los refugios glaciares (*nunataks*), habrían favorecido la llegada de especies de una a otra de las cordilleras del norte ibérico, no sólo de E a W, sino viceversa.

Ciertamente, poblaciones acantonadas en límite biogeográfico o áreas discontinuas sugieren que hubo sucesivos periodos de expansión y contracción. El caso de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.), cuyas poblaciones se consideran relictas y se ven aisladas en valles pirenaicos de Ariège (Francia) o el Pallars (Lérida) por un lado, y en Riaño, Luna, etc. (León-Palencia) por otro, ya era conocido. Pero anotemos otros ejemplos recientes: el de los quejigales submediterráneos secos aislados en el Valle del Porma, León (Cantoral, 2015) o el de las gramíneas *Festuca eskia* Ramond o *F. gautieri* (Hack.) K. Richt., muy frecuentes en los Pirineos, pero muy raras en los Montes Cantábricos. Cuando sorprendentemente su híbrido es abundante en los Picos de Europa -*F. x piceo-europeana* Nava- pero escaso en la cordillera fronteriza con Francia (Torrecilla *et al.*, 2013; Catalán *et al.*, 2018).

En este mismo sentido, llamativo ha sido el hallazgo reciente de una población aislada de *Senecio boissieri* DC. –endémica del W peninsular y piceo-europeo- en el valle de Benasque (Pirineos centrales); es un testimonio más de esa historia biogeográfico-histórica común, como viceversa lo había sido el hallazgo en Cabrales (Asturias) del *Aster pyrenaicus* DC., que hasta los años ochenta se venía considerando endémico del Pirineo centro-occidental francés (Montserrat, 1985; Cambecèdes y Sauter, 2018)²⁰.

Además, esos avatares climáticos o biogeográficos conjuntos han ido configurando nuestras dos cordilleras como territorios donde la evolución vegetal se ha visto favorecida (Montserrat y Villar, 1973); así, se ha podido atestiguar una concentración de las especies endémicas en determinados macizos o sectores (Villar, 1977), o bien identificar puntos desde donde, al retirarse los hielos, pudieron colonizar ambientes periglaciares (Segarra *et al.*, 2007). Ello se vio acentuado, en ocasiones, por fenómenos de poliploidía (Küpfer, 1974) o bien pudo dar lugar a hibridaciones (por ej. *Orchis x navarrensis* Amard., *Narcissus x piceo-europaeus* Fern. Casas, etc.) e incluso provocar especiación (Van Dijk 1990; Van Dijk y Hartog, 1988; Lazare, 1992; Mateo y Egido, 2011, etc.).

Por tanto, cuando al escenario geológico-climático-edáfico esbozado se le suman la flora y la vegetación, o cuando gracias al conocimiento de las comunidades vegetales se han podido cartografiar, resulta evidente que nos hallamos ante un tapiz vegetal de los más ricos de la Península, el único en que se hallan representadas ocho de las doce subprovincias biogeográficas: Orocantábrica, Cantabro-Atlántica, Carpetano-Leonesa, Castellana, Orobérica, Bajo Aragonesa, Pirenaica y Catalano-Provenzal (Rivas-Martínez *et al.*, 2007). Asimismo, cuando se ha publicado el Mapa de vegetación de toda Europa, la diversidad de las unidades que se distinguen en el eje pirenaico-cantábrico solo se ve igualada en los Alpes occidentales (Bohn *et al.*, 2000).

No es de extrañar que haya merecido atención creciente durante los últimos cincuenta años, ya sea por medio de estudios locales, sectoriales, pirenaicos o pirenaico-ibéricos.

V. FLORA Y VEGETACIÓN

El progreso de la *Flora Europaea* (Tutin *et al.*, 1964-1980) y los primeros volúmenes de su *Atlas* (Jalas y Suominen, 1972-) animaron a los nuevos equipos. En los años 70 se terminarían algunas tesis (López, 1970; Navarro Andrés, 1974; Díaz, 1975; Báscones, 1978; Villar, 1978; Llamas, 1979; Penas, 1980...) u otros estudios (Rivas-Martínez *et al.*, 1971; Vigo, 1976...). Luego, durante los 80, bastantes más trabajos, desde Oviedo (Fernández Prieto, 1981) y León (García, 1981) hasta Gerona (Vigo, 1983), pasando Cantabria (Herrera, 1995), Guipúzcoa (Loidi, 1981), Vizcaya (Navarro, 1982), Lérida (Romo, 1989) o Huesca (Montserrat, 1987), entre otros.

Pronto aparecerían en Barcelona el volumen I de la "Flora dels Països catalans" (Bolòs y Vigo, 1984-2001), su serie paralela de mapas titulada "Corología de la Flora vascular dels Països Catalans, Atlas ORCA" (cf. Bolòs, 1985, etc.), más una monografía sobre la vegetación de los mismos territorios (Folch, 1981). Igualmente se publicaría el primer volumen de la citada *Flora iberica* (Castroviejo, 1986-2019), abarcando las plantas vasculares de España y Portugal peninsulares, Baleares y Andorra. Por fortuna, el proyecto ha seguido más de cuarenta años: a falta de las Gramíneas (vol. XX), hasta 2019 se han tratado más de 5600 especies de las c. 6300 previstas, y coordinados por C. Aedo (Madrid)²¹. Ya vislumbramos su fin.

A la par, se han ido descubriendo y describiendo taxones nuevos: la importante aportación de Laínz desde 1956 a 2010 puede verse en Carlón (2014) y la de Montserrat en Villar *et al.* (1988), Villar (2009) o en la web www.pedomontserrat.es; también pueden consultarse listados como los de Benito Alonso (2014). Como su enumeración sería larga, valga decir que en ella encontramos plantas parásitas como las del género *Phelipanche* (Carlón *et al.*

²⁰ Siguen citándose especies que no se conocían del ámbito, por ejemplo, la tofielidácea *Tofieldia pusilla* (Michx.) Pers., hallada en Andorra por primera vez para los Pirineos y la Península (Lazare *et al.*, 2005).

²¹ El Dr. Aedo forma parte del llamado "Grupo Botánico Cantábrico", junto con Laínz, Carlón, G. Moreno Moral y O. Sánchez. El dominio que nos ocupa está bien representado en *Flora iberica*, por autores o editores más la aportación de herbarios considerados "básicos", entre ellos BC, BCN, JACA, MA y MAF.

2005), herbáceas como *Arenaria vitoriana* Uribe-Echebarría, *Saxifraga felineri* Vargas o la reciente *Primula subpyrenaica* Aymerich *et al.* (2014), arbustos como *Rosa jacetana* P. Monts. e incluso un árbol -*Quercus orocantabrica* Rivas-Martínez *et al.* (2003)-, sin olvidar bastantes híbridos. Casi todos ellos pueden verse detallados e ilustrados en los 21 volúmenes publicados de la citada *Flora* peninsular.

Estas obras de referencia sirvieron de base para la publicación de nuevos estudios finiseculares como la tesis de Nava (1988) sobre los Picos de Europa, el Atlas de la Flora del Pirineo Aragonés (Villar, 1997-2001), las Claves ilustradas de la Flora del País Vasco (Aizpuru *et al.*, 1999), la Flora del Pirineo navarro (Lorda, 2001) u otros más recientes como el Atlas de la Flora vascular silvestre de Burgos (Alejandre *et al.* 2006, 2014) y el Catálogo florístico de Cantabria (Durán, 2014). Ya en Internet, he aquí el Atlas de la Flora de Aragón [www.ipe.csic.es/floragon/ cf. Gómez, 2005, incluye datos sobre plantas vasculares, briófitos y hongos], o bien el más amplio -internacional- Atlas de la Flora Vasculosa de los Pirineos (Gómez, 2014), ambos con fichas muy completas, mapas y fotografías incontables²².

Este reciente Atlas viene a confirmar la Cordillera fronteriza -de c. 60 000 km²- como el segundo de los territorios más ricos en flora de la Península, con sus 4358 taxones, de los cuales 3980 se consideran autóctonos y el resto introducidos. Solo la parte central de ella, entre el Somport y Andorra, alberga 3234 taxones (www.florapyrenaea.es). Asimismo, esta riqueza florística sobresale a escala europea, al acercarse a la de los Alpes, con c. 4500 taxones, pero para una superficie casi tres veces mayor, c. 170.000 km².

Tampoco es desdeñable la Cordillera Cantábrica: en efecto, con superficie bastante menor, el catálogo referido de Cantabria asciende a 2650 taxones y el Parque Nacional de los Picos de Europa pasa de 1700. Por su parte, el País Vasco rondaría los 2500 taxones, mientras que, añadiendo sus territorios limítrofes, la última edición de las citadas Claves eleva la cifra a 3500 (Aizpuru *et al.*, 2007). Terminemos esta aproximación numérica diciendo que el antiguo Principado de Andorra cuenta con 1537 taxones.

En todo caso, queda claro que la diversidad florístico-taxonómica de nuestras montañas destaca a escala continental. Una síntesis de los endemismos norte-ibéricos, cantabro-atlánticos o pirenaico-cantábricos puede consultarse en Dupont (2015). Sobre las plantas exclusivas de los Pirineos se han publicado trabajos recientes como el de Tejero *et al.* (2017), autores que también han hablado del tema en este mismo coloquio (Gómez *et al.*, 2020).

Los estudios geobotánicos –sobre todo fitosociología y cartografía- fueron aumentando poco a poco en el ámbito que comentamos, primero desde Toulouse²³ y Barcelona, como ya hemos adelantado, luego desde Jaca, Pamplona, Bilbao y Vitoria, Santander, Oviedo y León, así como desde Madrid²⁴. Aparte de los estudios de Guinea (1949, 1953), Rivas-Martínez *et al.* (1971) habían estudiado Peña Ubiña, más tarde dedicarían un volumen a los Picos de Europa (Rivas Martínez *et al.*, 1984) y seguirían con muchos otros trabajos, ya hemos anotado algunos de ellos. El *Mapa forestal de España* (Ceballos *et al.*, 1966) sería el primero en cubrir el territorio pirenaico-cantábrico en su totalidad a escala 1: 400 000, si bien ya le había precedido el de la provincia de Lérida (Jordán de Urriés, 1954)²⁵.

* * *

Finalmente, durante esas décadas florecieron varias revistas especializadas, algunas de las cuales todavía siguen. Por orden cronológico citemos *Publicaciones del Centro pirenaico de Biología Experimental* (Jaca 1964-1982); *Acta Geobotanica Barcinonensis* (Barcelona 1964-1973); *Acta Phytotaxonomica Barcinonensis* (1969-1977, posteriormente *Acta Botanica Barcinonensis*); *Folia Botanica Miscellanea* (1979-1996, Barcelona, luego fusionada con la anterior); *Orsis* (Barcelona 1985-), *Acta Biologica Montana* (Pau 1982-1991), *Itinera Geobotanica* (1987-, León), *Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología* (Jaca 1987-1992), etc.

VI. LA ÉPOCA DE NUESTROS COLOQUIOS (1986-2016)

Los últimos congresos internacionales de Estudios Pirenaicos (Bagnères-de-Bigorre, 1971; Seo de Urgel-Andorra, 1974) resultaron multitudinarios, y quizá por su complejidad ese año se interrumpieron. Ahora bien, como el interés científico por nuestras montañas seguía en aumento, pronto se convocaron reuniones más especializadas; por ejemplo las organizadas por J.-J. Lazare en el Centre d'Ecologie Montagnarde de Gabas (Universidad de Burdeos) el año 1982²⁶ o por C. Dendaletche (Universidad de Pau, 1984)²⁷. Justo es decir que, en Cataluña, Aragón, Navarra, Oviedo, León, etc., los coloquios de flora, plantas medicinales, fitosociología, pastos, ecología terrestre o conservación de la naturaleza ya recibían, en esa década y las siguientes un número creciente de botánicos jóvenes, bien formados.

²² Se presentó en el X Coloquio (Luchon). Por fortuna, esta y otras fuentes actuales en Internet aportan innumerables datos del ámbito, cada vez más elaborados y fiables. Véase por ejemplo Tejero *et al.* (2017).

²³ Gausson publicó su citada tesis en 1926 y discípulos suyos ya estudiaron la vegetación de los Picos de Europa en plena guerra mundial (Arrieu, 1944; Lascombes, 1944).

²⁴ En 1953 se celebró la X Excursión Internacional de Fitosociología que recorrió todo el N de España, desde Cataluña hasta Galicia pasando por el Pirineo Aragonés, la Rioja, Montes de Palencia y Asturias, entre otros lugares (Tüxen and Oberdorfer, 1958) bajo la dirección de S. Rivas Goday. Luego, en 1960, la As. Int. de Fitosociología visitó el Pirineo centro-occidental español bajo la guía de los Profesores Bolòs y Montserrat (pub. en 1984).

²⁵ En otro trabajo hemos comentado ese y otros mapas (Montserrat y Villar, 2006).

²⁶ «Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude».

²⁷ «Montagnes d'Europe et d'Himalaya occidentale».

Fue entonces cuando el recordado Prof. A. Baudière, de la Universidad de Toulouse, con el respaldo de la Sociedad botánica de Francia convocó el *Colloque International de Botanique pyrénéenne* (La Cabanasse, Pirineo oriental francés, julio de 1986) y en la sesión de clausura se decidió darle continuidad trienal y alternar su organización en Francia y en España. Asistió nuestro maestro, el Profesor P. Montserrat, y a él se dedicaron las Actas (Amigó *et al.*, 1987). Planeado el segundo para 1989, y asimismo gozando del copatrocinio de la Sociedad francesa, el que suscribe amplió el ámbito de esos encuentros a la Cordillera Cantábrica, y convocó en Jaca el II Coloquio Internacional de Botánica pirenaico-cantábrica; de ese modo uníamos dos territorios ecológica y biogeográficamente similares y del mayor interés, como acabamos de justificar. Véanse las Actas en Villar (1990).

Como era de esperar, en los últimos 30 años hemos asistido a un aumento notable de las investigaciones botánicas en todas esas montañas y territorios circundantes. Se formaron múltiples equipos que animaron los más diversos congresos²⁸ y reforzaron las organizaciones científicas, nacionales e internacionales.

El volumen de conocimientos científicos generados ya era apreciable, y por unos u otros conductos se fueron transfiriendo a la sociedad. A título ilustrativo mencionemos el volumen *Flora* de la Enciclopedia Temática de Aragón (Montserrat *et al.*, 1987), el de la Vegetación del País Vasco (Aseginolaza *et al.*, 1988) o varios trabajos sobre Asturias (véase síntesis en Díaz, 2013), la "Flora manual dels Països catalans" (Bolòs *et al.*, 1990) o la "Grande Flore illustrée des Pyrénées" (Saule, 1991)²⁹. También han merecido detallados estudios los espacios protegidos más singulares: Boí-Espot-Aigüestortes (Carrillo y Ninot 1992); Ordesa y Monte Perdido (Benito Alonso, 2006a y b), Picos de Europa (Alonso *et al.*, 2011; Mora y 2006), Cadí-Moixeró (Vigo *et al.*, 2003).

Los estudios fitosociológicos no han cesado, desde Asturias a Gerona o en distintos sectores, si bien se reactivaron gracias a la sección española de la *Amicale Phytosociologique* y la consiguiente celebración de excursiones de trabajo o "Itinera Geobotánica", cuyos resultados se difunden desde 1987 en la Universidad de León por la revista homónima al amparo de la Asociación Española de Fitosociología (AEFA), hoy Sociedad Española de Geobotánica (SEG). Véanse, por ejemplo, el vol. 1 (1987), dedicado en parte a la Cordillera Cantábrica; el vol. 3 (1994), dedicado a Asturias; el número 5 (1991), dedicado mayormente al Pirineo occidental más Navarra, o el vol. 9 (1997), que trata del Norte y Centro-Norte peninsular.

En consecuencia, también se fueron publicando nuevos mapas de vegetación. Aparte de los citados, anotemos los de Navarra a 1: 400 000 (Bolòs *et al.*, 1986) o a 1: 200 000 (Loidi y Báscones, 1995); el Mapa forestal de España a 1: 200 000 (Ruiz de la Torre, 1986-1997); la cartografía de Álava, Vizcaya y Guipúzcoa a 1: 25 000, nada menos que 67 hojas (Aseginolaza *et al.* 1987-1992) y a idéntica escala el tapiz vegetal del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Villar y Benito, 2001), en tres hojas. Asimismo, el "Institut Cartogràfic de Catalunya" ha publicado más de veinte hojas pirenaicas del *Mapa de vegetació* de esa Comunidad Autónoma, a 1: 50 000, cf. Vigo y Masalles (1996), etc.

En el ámbito de la conservación de la naturaleza, las Comunidades Autónomas (España) o las Regiones (Francia), junto con ambos Estados, requirieron crecientes estudios para fundamentar una gestión racional de las especies y los espacios. Así se elaborarían Listas Rojas regionales de Flora amenazada y se actualizarían las nacionales (Bañares, A. *et al.*, 2003; Olivier *et al.* 1995). Otro tanto sucedió al inventariar y cartografiar los Hábitats relacionados con la famosa Directiva Hábitats 92/43 de la Unión Europea (Red Natura 2000), que con amplio soporte fitosociológico y florístico permitió elaborar -o reelaborar- mapas ad hoc o bien fichas concretas y detalladas, al menos para los considerados prioritarios a esa escala continental. Decenas de expertos de nuestro ámbito montañoso participaron en ambos proyectos.

Todo ello revalorizó nuestros recursos biológicos, la gestión se asoció cada vez más a la conservación y el número de Espacios Naturales Protegidos aumentó. En los Pirineos (Villar, 1999) cabe destacar un buen número de nuevos Parques naturales: Sierra y Cañones de Guara, Posets-Maladeta y Valles Occidentales, en Aragón; Alt Pirineu, el citado Cadí-Moixeró y Alta Garrotxa en Cataluña; *Pyrénées ariégeoises* y *Pyrénées catalanes*, en Francia; Valle de Sorteny, en Andorra; Bertiz, en Navarra; Peñas de Aia, Aizkorri-Aratz, Urkiola, Gorcebeia y Valderejo en el País Vasco.

En la Cordillera Cantábrica, en 1995 el Parque Nacional de la Montaña de Covadonga pasaría, ampliado a territorios vecinos, a llamarse Parque Nacional de los Picos de Europa; ya anticipamos la profundización en el estudio de su flora, pero en los últimos años se ha confeccionado su mapa de vegetación a 1:10 000, hito conseguido en colaboración con el Jardín Botánico Atlántico de Gijón³⁰. En Asturias, desde los años 80 ya contaban con el Parque natural de Somiedo³¹, y luego se han declarado otros tres: Las Fuentes del Narcea, Ubiñas-La Mesa y Redes; mientras que en Castilla y León se declaró el de "Fuentes

²⁸ Destaquemos los centenarios de Font Quer, el *Simposi Internacional de Botànica "Pius Font i Quer"*, Lleida, 1988, cf. Conesa y Recasens, eds., 1992), el de T. M. Losa España (*Jornades commemoratives del 1er Centenario del nacimiento del Prof. T. M. Losa España (Burgos, 1993)*, cf. Losa Quintana, 1994), o el del Prof. H. Gaussen (1993), organizado por G. Durrieu en Toulouse.

²⁹ Ampliada notablemente en una "Nouvelle Flore Illustrée des Pyrénées" (Saule, 2018).

³⁰ Centro que publica su serie de *Documentos* desde 2001. A esta nueva revista cabe añadir *Guineana*, serie de monografías publicada en la Universidad del País Vasco desde 1995.

³¹ Su estudio ambiental fue llevado a cabo en 1985 por el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), centro de investigación vinculado a la Universidad de Oviedo que ha potenciado la cartografía multidisciplinar.

Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina". En la vecina Cantabria, si nos limitamos a las áreas montañosas, podemos citar los parques naturales del Macizo de Peña Cabarga, los Collados del Asón y Saja-Besaya.

Por toda Francia se fueron creando nuevas instituciones llamadas "Conservatoires botaniques", que vinieron a complementar las investigaciones de las universidades, fomentar el conocimiento o contribuir a la gestión sostenible de la flora. Tres de ellos se ocupan de los Pirineos, coordinados por el *Conservatoire botanique National des Pyrénées* et de Midi-Pyrénées, CBNPMP, con sede en Bagnères de Bigorre (Hautes-Pyrénées), que viene desarrollando múltiples actividades, estudios y publicaciones desde hace veinte años.

Además, en la parte aquitana de los Pirineos, la *Société botanique du Centre-Ouest* (SBCO, <http://www.sbco.fr>) organiza excursiones o edita publicaciones periódicas y monografías de calidad (Baudière, 2001 o la ya citada de Dupont, 2015). Por su parte, el *Centre d'Étude et de Conservation des Ressources végétales* (CECRV) organiza coloquios internacionales y en los últimos años publica la magnífica revista *Botanique* (Heugas 2015-). Todas estas entidades se interesan, estudian y dan a conocer trabajos sobre nuestras montañas.

VII. ALGUNOS RESULTADOS DE NUESTROS COLOQUIOS

A la vista de los escenarios territoriales y científicos que hemos esquematizado, en la Tabla I, comentaremos ahora algunos datos orientativos de nuestros coloquios I a XI.

Se han celebrado 5 en Francia, 5 en España y 1 en Andorra. A pesar de no mantener una estructura organizativa fija, la buena voluntad de los responsables siempre encontró el apoyo de diversas instituciones o sociedades, y gracias a ello se pudieron difundir buena parte de los resultados. Las sesiones temáticas en que se han ido dividiendo oscilan de 4 a 8, un promedio cercano al 6, y el número de comunicaciones presentadas se ha acercado a las 500, unas 50 por cada reunión, de las cuales se ha publicado un 80% aproximadamente.

Nuestros encuentros han durado tres días, y por regla general uno se dedicó a excursiones guiadas, con el fin de reconocer las especies y sus comunidades, comentar los paisajes, exponer proyectos en curso, visitar determinados espacios naturales protegidos, etc. Quienes hemos podido seguir todos los coloquios, guardamos buen recuerdo de esas jornadas, desde el Puigmal (Gerona) al Mampodre (León) o al Puerto Ventana (Asturias), pasando por Behorléguy (Pyrénées-Atlantiques), Lhieris (Hautes-Pyrénées), Valle de Ordesa (Aragón), Sorteny (Ordino, Andorra), etc. Se empezó por comunicaciones orales seguidas de discusión, pero pronto se admitieron en forma de póster y se añadieron conferencias.

Como era de esperar, los temas tratados se han ido diversificando: siempre se ha hablado de flora, corología, taxonomía o sistemática; estas sesiones, junto con las de fitocenología o fitosociología han estado bien representa-

das, pudiendo sobrepasar las 10 comunicaciones. Señalemos también que la botánica criptogámica -briófitos en especial- se ha tratado en la mitad o más de los coloquios, alcanzando a veces 8 comunicaciones.

La conservación de la naturaleza, la ordenación del territorio, los recursos vegetales o su gestión son otros aspectos que han merecido atención desde el II Coloquio en 1989 al actual. Igualmente, sobre la historia de la botánica, la palinología o la etnobotánica también se han presentado comunicaciones. Del tratamiento de los datos de los herbarios o su informatización mediante programas específicos ya fue novedad en el II Coloquio (1989), y luego han seguido aportaciones sobre grandes bancos de datos sobre flora o vegetación; primero se relacionaban con determinadas colecciones o con una región concreta pero después se han ido ampliando a varias regiones o amplios territorios.

Por otra parte, en algunos de los últimos coloquios se han presentado comunicaciones sobre pastos, ecología del suelo o aspectos genético-moleculares de plantas, más otras para ilustrar los cambios de la vegetación a lo largo del tiempo, ya sea en relación con las actividades humanas o debido al incremento de las temperaturas y descenso de las precipitaciones.

También conviene señalar que la idea de elaborar una flora de los Pirineos ya se planteaba desde los años 90, dado que los citados bancos de datos permitían abordarla (Villar y Lazare, 1997). Y afortunadamente vemos que ha frugado hace poco en el referido Atlas de la Flora, consultable en Internet (www.florapyrenaea.es), gracias a la colaboración de universidades y centros de investigación de Francia, España y Andorra, junto con el apoyo de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (Consejo de Europa).

Esta obra de síntesis reúne, ordena e ilustra las especies vasculares de la Cordillera fronteriza, 120 años después de que Bubani (l. c.) publicara la primera flora del ámbito. Mencionemos asimismo que otros atlas paralelos sobre grupos de criptógamas (Briófitos, Hongos, Líquenes.) se vienen elaborando y se pueden consultar en línea, al menos en algún territorio regional o autonómico (Aragón, Cataluña, etc.). Otros recursos relativos a biodiversidad en línea como *Anthos* (Sistema de Información sobre las plantas de España www.anthos.es), el SIVIM (Sistema de Información de la vegetación ibérica y macaronésica <http://www.sivim.info/>), el "Banc de Dades sobre Biodiversitat de Catalunya" biodiver.bio.ub.es/biocat), varios más en Francia u otros de más amplia proyección (Global Biodiversity Information Facility, GBIF) facilitan la introducción a la flora, las comunidades vegetales, las mencionadas listas rojas, etc. En conclusión, durante los últimos lustros, ya es posible el acceso a infinidad de datos, mapas e imágenes, no solo por parte de los investigadores sino también de cualquier persona interesada.

Síntesis, varias fortalezas y una debilidad

El resultado global de nuestros encuentros se eleva a 500 comunicaciones, presentaciones o conferencias,

	Lugar	Fecha y Responsable	Nº de comunicaciones
Colloque International de Botanique Pyrénéenne	La Cabanasse (Pyrénées-Orientales)	5-7 Julio 1986 A. Baudière (Univ. de Toulouse)/Société botanique de France	2 + 2 + 2 + 5 + 7 + 11 = 29, Présentation et Conclusion. Total 31
II Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-cantábrica	Jaca (Huesca)	3-5 Julio 1989 L. Villar (Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC/Société botanique de France)	8 + 12 + 15 + 13 + 8 + 3 + 9 = 68, Alloc. Bienvenida, Guía Excursión. Total 70
III Colloque International de Botanique Pyrénéo-Cantabrique	Biarritz (Pyrénées-Atlantiques) J.J. Lazare	17 -19 Septiembre 1992 J.-J. Lazare (Univ. de Bordeaux)	1+3+10+6+2+4 = 26 publicadas (+ textos que no se escribieron + Pósters). Total aproximado 50
IV Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-cantábrica	Oviedo (Asturias)	11-13 Septiembre 1995 T. E. Díaz (Univ. de Oviedo)	Sin datos
V Colloque International de Botanique Pyrénéo-Cantabrique	Mauléon-Soule (Pyrénées-Atlantiques)	2-4 Julio 1998 J.-J. Lazare (Univ. de Bordeaux)	Sin datos
VI Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-cantábrica	Barruera-Vall de de Boí (Lleida)	5-7 Julio 2001 J. Ninot & E. Carrillo (Univ. de Barcelona)	3 + 9 + 5 + 7 + 8 = 32, Total 32
VII Col. Int. Bot. Pyr.-Cantabrique	Bagnères Bigorre (Hautes-Pyrénées) G. Largier	8-10 Julio 2004 G. Largier (Conservatoire Botanique National des Pyrénées)	8 + 4 + 8 + 5 + 17 = 42, Total 42
VIII Col. Int. Bot. Pyr.-Cantabrique	León	4 -6 Julio 2007 F. Llamas & C. Acedo (Univ. de León)	2 + 9 + 25 + 20 + 11 = 67, Total 67
IX Col. Int. Bot. Pyr.-Cantabrique	Ordino (Andorra)	1 -7 Julio 2010 M. Domènech & J. Ninot (Centre d'Estudis de la Nui la Muntany d'Andorra y Univ. de Barcelona)	12 + 8 + 3 + 2 + 14 + 10 = 49, Total 49
X Col. Int. Bot. Pyr.-Cantabrique	Bagnères-Luchon (Haute-Garonne)	8 - 10 Julio 2013 G. Largier (Conservatoire Botanique National des Pyrénées)	9 + 4 + 9 + 6 + 18 + 1 = 47, Total 47
XI Col. Int. Bot. Pyr.-Cantabrique	Bertiz-Arana (Navarra)	4-6 Julio 2016 I Aizpuru, D. Gómez, J. Garmendia, M. Lorda & J. L. Remón	3 + 11 + 12 + 4 = 30
			PROMEDIO: c. 50
			TOTAL APROXIMADO: 500 comunicaciones

Tabla 1. - Coloquios de botánica pirenaico-cantábrica (resumen 1986-2016).

de las cuales aproximadamente un 70% se han escrito y publicado. Buena parte de ellas en volúmenes de actas, el más voluminoso de ellos fue el del VIII Coloquio, León 2007, editado por F. Llamas y C. Acedo, y pasa de las 700 páginas. Otra parte se difundió en forma de artículos de revistas como *J. Bot. Soc. bot. Fr.*, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* o *Acta Bot. Barcinonensis*.

Sin duda, algunos de los resultados comentados han sido posibles gracias a las discusiones o planteamientos iniciados en las sesiones o excursiones de nuestros encuentros. De ese modo surgieron nuevos equipos o se revitalizaron los ya existentes, todo lo cual propició la presentación de proyectos de investigación, nacionales o internacionales.

También nos parece importante señalar que muchos jóvenes han podido presentar en los Coloquios los primeros resultados de sus trabajos y conocer a otros investigadores de su misma especialidad o de otras paralelas. Sea como fuere, los avances científicos presentados, las relaciones internacionales que se han fomentado en torno a los Coloquios o las publicaciones a las que han dado

lugar, han ampliado la perspectiva de muchos de nosotros y han animado a otras personas a acercarse a nuestras disciplinas.

Como ya hemos dicho, los datos obtenidos han permitido elaborar listas rojas de flora amenazada a distintas escalas, así como sustanciar las correspondientes propuestas para una mejor conservación de las especies, para la ampliación de espacios protegidos, la declaración de otros nuevos y, en general, para una gestión más racional, sostenible, de los recursos vegetales. En otras palabras, *el haber sido útiles a la sociedad sería nuestra mayor fortaleza*.

Estos coloquios internacionales se han celebrado por la buena voluntad de muchas personas y equipos que no han escatimado esfuerzos, así como por el apoyo de organismos públicos, sociedades científicas o autoridades responsables de la gestión y conservación de la naturaleza (Francia, España y Andorra), a todos ellos cabe renovar nuestro agradecimiento. Igualmente, las asambleas han servido para expresar nuestra gratitud a distinguidos profesores o botánicos que han desarrollado labores me-

Nº de Sesiones o Temas	Nº Asistentes	Publicación Actas	Observaciones
6 (Histoire de la Botanique et Bibliographie, 2; Botanique Historique, Anthracologie, Palynologie, 2; Sapinières pyrénéennes, 2; Forêts pyrénéennes, 5; Systématique et Floristique, 7; Phytocoenologie et Écologie, 11)	c. 60	Amigo, J. J., Baudière, A. & Muscat, A. (Eds.) 1987	Co-patrocinado por la SBF. Dedicadas al Prof. P. Montserrat
8 (7 más Guía Excursión) (Criptogamia, 8; Florística y Corología, 12; Taxonomía, 15; Ecología, 13; Fitosociología, 8; Cartografía, 3; Conservación, 9; Guía excursión, 1)	c. 123	Villar, L. (Ed.) 1990	Excursión al Puigmal d'Err. Co-patrocinado por la SBF. Excursión Jaca-Ordesa
6	Sin datos	J. Bot. Soc. bot. Fr., 5 1998	Homenaje a M. Saule por su Grande Flore Illustrée des Pyrénées (1991) Exc. à Behorleguy
Sin datos	Sin datos	NO	Excursión al Puerto Ventana. Con el apoyo de la Asociación Española de Fitosociología
Sin datos	Sin datos	Sin datos	3 Julio Excursion a Kakoueta, Arbailles
5 (Taxonomía y Florística, 3; Conservación de la flora, 9; Criptogamia, 5; Fitocenología y Ecología de comunidades, 7; Estudios de paisaje y ordenación del territorio, 8)	Sin datos	J. Ninot & E. Carrillo (Eds.), Acta Bot. Barc. 49 (2003)	Excursiones a Aigüestortes y a Durro
5	?	Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 141 (2006)	Premios a: O. de Bolòs y J. Vigo por su Flora dels Països Catalans, 4 vols. (1984-2001) y a L. Villar, J. A. Sesé y J. V. Ferrández, por su Atlas de la Flora del Pirineo Aragonés, 2 vols. (1997-2001)
4 Taxon. y Flor.; Biogeogr., Fitos. y Cartogr. Veg.; Gest. y Cons. de Fl., Veget. y Territ.; Criptog., Palinol. Recursos Vegetales	c. 140	Univ. León 2009	Homenaje a P. Montserrat, por sus 60 años de estudios pirenaico-cantábricos. Excursión al Mampodre (Maraña, León)
6 Flor.; Taxon.; Fitos.; Etnob.; Cons.; Ecol.	c. 118	Cenma 2011	Actas en homenaje a A. Baudière (1932-2010). Excursión al Parc Natural de Sorteny (El Serrat)
6 Con, Fl., hist. Bot. y corol., 9; Conoc. Fl. diversidad genet., 4; Ecol. y Com. Veg., 9; Gest. y análisis de datos fl.; Síntesis, 6; Fl. y Veg.: cambios, 18	Sin datos		Homenaje a S. Rivas. Sesiones Dedicadas a Baudière, Vivant (1923-2010). Excursion al Mont Burat
4			
			Homenaje a P. Dupont por sus 60 años de estudios pirenaico-cantábricos y a Luis Villar por su jubilación y asistencia a los 11 coloquios

ritorias o escrito obras que incrementaron el conocimiento en el eje pirenaico-cantábrico, entre otros Baudière, Bolòs, Dupont, Montserrat, Saule, Rivas Martínez o Vigo. Prácticamente todos ellos nos han acompañado en algunas de las reuniones.

Sin embargo, es cierto que en las últimas ediciones se advierte el adelgazamiento de algunos equipos consolidados, así como la precariedad en que se desarrollan muchos estudios faltos de la necesaria financiación. Al llegar la crisis económica en 2008 se tuvieron que interrumpir los trabajos de jóvenes bien formados y, paralelamente, comprobamos que nos llegan menos estudiantes universitarios de las facultades de Ciencias biológicas, ambientales u otras. He ahí una debilidad.

Perspectiva

Ahora bien, aun sabiendo que treinta años no es poco, si perseveramos y conseguimos la necesaria continuidad se podrá superar esa debilidad. De cara al futuro, una segunda o tercera generación ya va tomando el relevo en Gerona (2019), y esperamos otras sucesivas.

Si las tres décadas transcurridas han permitido aumentar nuestros conocimientos y difundirlos en varias lenguas, desde Asturias hasta Cataluña. Si también se han confeccionado mapas de vegetación o hábitats y, finalmente, se ha conseguido elaborar obras de síntesis como el mencionado Atlas franco-español y andorrano de la flora, es evidente que disponemos de un volumen de datos más que apreciable.

COROLARIO

Ahora nos corresponde mantener la ilusión, y conseguir en los próximos trienios el soñado Atlas de la Flora pirenaico-cantábrica.

Estoy seguro de que lo podremos conseguir. Nuestra biodiversidad genética, específica –c. 4300 especies-, ecológica –ocho subprovincias corológicas, por lo menos otros tantos tipos climáticos- y cultural –varias lenguas-, una red importante de espacios naturales protegidos, bastante información etnobotánica, etc., así nos lo demandan. Para mayor abundamiento, en el marco de la Unión Europea, gozamos de uno de los mosaicos de vegetación, hábitats y paisajes más abigarrado.

BIBLIOGRAFIA

- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarría, P. M., Urrutia, P., Zorrakin, I., 1999. Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes. Gobierno Vasco. Vitoria.
- Alejandre, J. A., Benito, J., García, J. M., Mateo, G., 2014. Actualización del Catálogo de la flora silvestre de Burgos. Jolube, Jaca.
- Alejandre, J. A., García, J. M., Mateo, G., 2006. Atlas de la flora vascular silvestre de Burgos. Junta de Castilla y León, Caja Rural de Burgos, Burgos. Disponible en: http://www.floramontiberica.org/Atlas_BU/Atlas_BU.htm.
- Alonso, J. I., González, 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 8, 1-309.
- Amigó, J., Baudière, A., Muscat, A. (eds.), 1987. Colloque International de Botanique pyrénéenne. Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Arrieu, F., 1944. Végétation des Picos de Europa. Les paysages pastoraux. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 79, 359-377.
- Aseginolaza, C., 1987-1992. Mapa de vegetación de Álava, Bizkaia y Guipúzcoa. Escala 1: 25.000. 67 hojas con sus leyendas. Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- Aseginolaza, C., 1988. Vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Gobierno Vasco, Vitoria.
- Asso, I. de, 1781. Mantissa stirpium indigenarum Aragoniae. Amsterdam.
- Aymerich, P., López-Alvarado, J., Sáez, L., 2014. *Primula subpyrenaica* (Primulaceae) a new species from the Pyrenean range. *Phytotaxa* 163(2), 77-90.
- Bañares, A., Blanca, G., Güemes Heras, J., Moreno Saiz, J. C., Ortiz, S., 2003. Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Dir. Gen. de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Báscones, J. C., 1978. Relaciones suelo-vegetación en la Flora y vegetación de Navarra húmeda del Noroeste. Estudio florístico-ecológico. Tesis doctoral. Universidad de Navarra, Pamplona.
- Baudière, A., 2001. Partie orientale des Pyrénées. Bull. Soc. bot. Centre-Ouest, Nouvelle Série 32, 409-606.
- Benito Alonso, J. L., 2006a. Catálogo florístico del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo Aragonés). Institut d'Estudis Ilerdencs. Col·lecció Plus Font i Quer 4, 1-391.
- Benito Alonso, J. L., 2006b. Vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo Aragonés). Serie Investigación. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza. (421 p. + mapa de vegetación a 1:40 000).
- Benito Alonso, J. L., 2014. Relación aproximada de las plantas vasculares descritas para la flora ibero-macaronésica en 2011. Bol. Asoc. Herb. Ibero-Macaronésicos 16, 31-38.
- Bohn, U., Gollub, G., Hettwer, C., 2000. Vegetation Map of Europe. Scale 1: 2 500 000. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn.
- Bolòs, O. de, 1957. Les zones de vegetació de Catalunya. Anuari I. E. C. (Soc. Cat. Geogr.) (20 p. + 1 mapa).
- Bolòs, O. de, 1985. Corologia e la flora dels Països Catalans. Volum introductorí. ORCA, Not. i coment. 1. Inst. Est. Cat., Sec. Cièn, Barcelona.
- Bolòs, O. de, Masalles, R., 1983. Mapa de vegetació de Catalunya 1:50 000. Banyoles. Barcelona.
- Bolòs, O. de, Montserrat, P., 1984. Datos sobre algunas comunidades vegetales, principalmente de los Pirineos de Aragón y de Navarra. *Lazaroa* 5, 89-96.
- Bolòs O. de, Montserrat, P., Báscones J. C., Creus J., 1986. Fitogeografía. En: Gran Atlas de Navarra I, 95-102. Caja de Ahorros de Navarra, Pamplona.
- Bolòs O. de, Vigo, J., 1984-2001. Flora dels Països Catalans (4 v.). Ed. Barcino, Barcelona.
- Bolòs O. de, Vigo, J., Masalles, R., Ninot, J. M., 1990. Flora Manual dels Països Catalans. Pòrtic, Barcelona. [2ª ed. 1993; 3ª ed. 2005].
- Braun-Blanquet, J., 1923. L'origine et le développement des flores dans le Massif Central de France, avec aperçu sur les migrations des flores de l'Europe Sud-Occidentale. Paris-Zurich.
- Braun-Blanquet, J., 1948. La végétation alpine des Pyrénées Orientales. Monografías de la Estación de Estudios Pirenaicos 9. Barcelona.
- Braun-Blanquet, J., 1967. Vegetationsskizzen aus dem Basenland mit Ausblicken auf das weitere Ibero-Atlantikum. Teil I. *Vegetatio* 13(3), 117-147.
- Bubani, P., 1897-1901. Flora Pyrenaea per Ordines Naturalis Gradatim digesta (4 v.). Ulricus Hoeplius, Milán.
- Burroughs, W. J., 2006. Climate change in Prehistory. The end of the Reign of Chaos. Cambridge University, Cambridge.
- Buyse, J., 1993. Los tresmiles del Pirineo. Ed. M. Roca S. A., Barcelona.
- Cadevall, J., 1913-1937. Flora de Catalunya (6 v.). Institut de Ciències, Barcelona.
- Cambecèdes, J., Sauter, N., 2017. Un plan national d'actions pour la préservation de l'Aster des Pyrénées. Les fiches techniques du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées 11.
- Candolle, A. de, 1999. Voyage de Tarbes 1807. Ed. Loubatières, Portet sur Garonne.
- Cantoral, A. L., 2015. Valoración de la influencia del manejo agro-silvo-pastoral como elemento clave en el mantenimiento de la biodiversidad y repercusión de su abandono en la conservación del territorio de montaña comprendido entre los ríos Esla y Porma por debajo de los embalses de Riaño y Porma (León). Tesis doctoral, Universidad de León.
- Carlón, L., 2014. Seis décadas de investigaciones florísticas en el Norte de España. La obra botánica del Padre Lainz, S. J. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.
- Carlón Ruiz, L., Casares, G., Lainz, M., Moral, G., Pedraja, Ó., Schneeweiss, G., 2005. Más, a propósito de algunas *Orobanchaceae* y *Phelipanche* Pomel (*Orobanchaceae*) del Oeste del Paleártico. Documentos Jard. Bot. Atlántico 3, 1-70.
- Carrillo, E., Carreras, J., Ninot, J., Ferré, A., Font Castell, X., Mercadé, A., 2008. Check-list i Llista vermella de la flora d'Andorra. CENMA-IEA, Andorra la Vella.
- Carrillo, E., Ninot, J., 1992. Flora i vegetació de les Valls d'Espòt i de Boí. *Arxius Secc. Ci.*, Institut d'Estudis Catalans XCIX(2), 1-351.
- Castroviejo, S. (coord. Gen.), 1986-2019. Flora iberica 1-18, 20-21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

- Catalán, P., Marques, I., Draper, D., Segarra-Moragues, J. G., Acedo, C., Llamas, F., Sahuquillo, E., Pérez-Collazos, E., Komac, B., Viruel, J., Sancho, M. C., Manso, J. A., Villar, L., 2018. Genética del paisaje y conservación de pastos subalpinos de *Festuca* (*Festuca* gr. *eskiá*, Poaceae) en los Parques Nacionales pirenaico-cantábricos españoles. *Botanique* 4, 5-17.
- Chouard, P., 1928. Excursions botaniques dans les Pyrénées centrales espagnoles entre le Cinquetta et le rio Ara. *Bull. Soc. Bot. France* 75, 957-966.
- Chouard, P., 1948. Démonstrations tirées des excursions (Garnie, Pic du Midi de Bigorre, Néouvielle). *Bull. Soc. bot. France* 86, 29-52.
- Conesa, J. A., Recasens, J. (eds.), 1992. Actes del Simposi Internacional de Botànica "Pius Font i Quer". Institut d'Estudis Ilerdencs, Lleida.
- Costa, A. C., 1864. Introducción a la flora de Cataluña y catálogo razonado de las plantas observadas en esta región. Imprenta del Diario de Barcelona, Barcelona.
- Costa, A. C., 1877. Introducción a la flora de Cataluña y catálogo razonado de las plantas observadas en esta región corregida y aumentada con un suplemento al catálogo y un apéndice al vocabulario. Imprenta Barcelonesa, Barcelona.
- Coste, H., 1901-1906. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrofes. Librairie Paul Klincksieck, Paris.
- Coste, H., Soulié, J., 1913. Florule de la Val d'Aran. *Bull. Acad. Géogr. Bot. XXIII*, 177-208.
- Cuatrecasas, J., 1931. De Flora pyrenaea. Ojeada a la cliserie del Valle de Ordesa. *Cavanillesia* 4, 113-127.
- Díaz, T. E., 1975. La vegetación del litoral occidental asturiano. *Rev. Fac. Ci. Univ. Oviedo* 15-16(2), 369-545.
- Díaz, T. E., 2013. El paisaje vegetal de Asturias en el contexto bioclimático y biogeográfico. Real Instituto de Estudios Asturianos, Oviedo.
- Dupias, G., 1985. Végétation des Pyrénées. Notice détaillée des feuilles pyrénéennes de la Carte de végétation. CNRS, Paris.
- Dupont, P., 2015. Les plantes vasculaires atlantiques, les Pyrénéo-cantabriques et les éléments floristiques voisins dans la Péninsule Ibérique et en France. *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest, Nouvelle Série, Num. spécial* 45, 1- 494.
- Durán, J. A., 2014. Catálogo de la flora vascular de Cantabria. Jolube, Jaca.
- Erviti, J., 1989. Paisaje vegetal de la Navarra media oriental. Príncipe de Viana, Supl. Ciencias 9, 95-166.
- Fernández Prieto, J. A., 1976. Estudio de la flora y vegetación del concejo de Somiedo. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.
- Fillat, F., 1974. Estacionalidad de las precipitaciones. En: Avances sobre la investigación en Bioclimatología, 73-88. Universidad de Salamanca-CSIC, Salamanca.
- Font Quer, P., 1924 Datos para el conocimiento de la flora de Burgos. *Treb. Mus. Cienc. Nat. Barcelona, ser. Bot.* 5(5), 3-56.
- Font Quer, P., 1948. Flórlula de los valles de Bohí. *Ilerda* 9, 7-94.
- Font Quer, P., Rothmaler, W., 1936. Seguint les petjades de Durieu. (Amb motiu del centenari del seu viatge a Astúries). *Cavanillesia* 7(10-12), 173-180.
- Gandoger, M., 1917. Catalogue des plantes recoltées en Espagne et en Portugal pendant mes voyages de 1894 à 1912. Hermann, Lhomme, Masson, libraires, Paris.
- García González, M. A., 1981. Estudio de las comunidades vegetales de la cuenca alta del Río Cares (Picos de Europa). Tesis doctoral, Universidad de León.
- Gausсен, H., 1926. Végétation de la moitié orientale des Pyrénées. Sol, climat et végétation. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 55, 4-564.
- Gausсен, H., 1934a. Note sur les endémiques pyrénéo-cantabriques dans la région orientale des Pyrénées. *Bull. Soc. bot. France* 80, 849-855.
- Gausсен, H., 1934b. Sol, climat et végétation des Pyrénées espagnoles. *Rev. Acad. Ci. Zaragoza* 18, 109-175.
- Gausсен, H., 1953-1982. Catalogue-Flore des Pyrénées. *Monde des Plantes* 293-410.
- Gausсен, H., 1956. La végétation des Pyrénées espagnoles. *Veröff. Geobot. Rübel* 31, 90-123.
- Gausсен, H., Bagnouls, F., 1952. L'indice xérothermique. *Bull. Ass. Géogr. Français.* 29, 10-16.
- Gausсен, H., Bagnouls, F., Dupont, P., 1957. Sous-régions climatiques de la péninsule Ibérique. Carte au 1: 4 000 000. En Gausсен, H. Les ensembles écologiques de la péninsule Ibérique. *Pub. Inst. Biol. Aplic.* 26, 9-17.
- Gausсен, H., Leredde, Cl., 1948. Les endémiques pyrénéo-cantabriques dans la région centrale des Pyrénées. *Bull. Soc. bot. France* 96, 55-83.
- Gómez, D., 2005. Atlas Digital de la Flora de Aragón. *Bol. Asoc. Herb. Ibero-Macaronésicos* 7, 29. Disponible en: <http://www.ipe.csic.es/floragon/>.
- Gómez, D., 2014. Atlas de la Flora de los Pirineos. *Bol. Asoc. Herb. Ibero-Macaronésicos* 16: 39-40. Disponible en: <http://florapirineos.ipe.csic.es/index.html>.
- Gómez, D., Lorda, M., Font, X., García, M. B., Aizpuru, I., 2020. Rareza en la flora pirenaica. Materiales preliminares para una lista roja. En: La flora y los hábitats pirenaico-cantábricos ante el reto del cambio climático. XI Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-Cantábrica. Señorío de Bertiz. Navarra. *Munibe Monographs. Nature Series* 4.
- Gouan, A., 1773. Illustrationes et observationes botanicae. Apud Orell, Gessner, Fuesslin & Socios, Tiguri.
- Gredilla, A. F., 1913. Apuntes para la Corografía botánica vasco-navarra. Introducción. Ed. Alberto Martín, Barcelona.
- Grenier, J. C. M., Godron, D. A., 1847-1856. Flore de France. Ed. J.-B. Bailliére, Paris.
- Guinea, E., 1948. De mi primer viaje botánico a los Picos de Europa. *Anales Jard. Bot. Madrid* 7, 335-356.
- Guinea, E., 1949. Vizcaya y su paisaje vegetal. Junta de Cultura de Vizcaya, Bilbao.
- Guinea, E., 1953. Geografía botánica de Santander. Diputación Provincial de Santander, Santander.
- Guinea, E., 1948. De mi primer viaje botánico a Los Picos de Europa. *Anales. Jard. Bot. Madrid* 7, 335-356.

- Herrera, M., 1995. Estudio de la vegetación y flora vascular de la Cuenca del Río Asón. *Guineana* 1, 1-438.
- Izard, M., 1988. Sur la continentalité dans les Pyrénées et son impact sur la végétation. In: Villar, L. (Ed.), Homenaje a Pedro Montserrat, Monogr. Inst. Pirenaico Ecol. 4, 73-78. Instituto de Estudios Altoaragoneses e Instituto Pirenaico de Ecología, Huesca y Jaca.
- Jalas, J., Suominen, J., (eds.) 1972. Atlas Florae Europaeae. Helsinki.
- Jordán de Urriés, J., 1954. Mapa forestal de la Provincia de Lérida. IFIE, Madrid.
- Küpfer, Ph., 1974 Recherches sur les liens de parenté entre la flore orophile des Alpes et celle des Pyrénées. *Boissiera* 23, 1-322.
- Lacaita, C. C., 1929a. Duriaei Iter Asturicum Botanicum. *J. Bot.* 67, 107-332.
- Lacaita, C. C., 1929b. Observations sur la flore des Picos de Europa. *Bull. Soc. Bot. Genève*, 21, 135-142.
- Lacoizqueta, J. M. De, 1884-1885. Catálogo de las plantas que espontáneamente crecen en el Valle de Vertizarana, observadas por don José María de Lacoizqueta. *Anales Soc. Española Hist. Nat.* XIII, 131-225 y XIV, 185-238.
- Laínz, M., 1982 Mis contribuciones al conocimiento de la flora de Asturias. Instituto de Estudios Asturianos, Oviedo.
- Laínz, M., 1988. Sobre las más importantes contribuciones del Prof. Montserrat al conocimiento florístico de la Cordillera Cantábrica. En: Villar, L., Homenaje Pedro Montserrat, Monogr. Inst. Pirenaico Ecol. 4, 73-78. Instituto de Estudios Altoaragoneses e Instituto Pirenaico de Ecología, Huesca y Jaca.
- Lamarck, J. B., 1779 *Flore française*. París.
- Lamarck, J. B., Candolle, A. P. De, 1805-1815. *Flore française*. París.
- Lapeyrouse, Picot de P. I., 1813. *Histoire abrégée des plantes des Pyrénées*. Imprimerie de Bellegarrigue éd., Toulouse.
- Lapeyrouse, Picot de P. I., 1818. *Supplément à l'Histoire abrégée des plantes des Pyrénées*. Imprimerie de Bellegarrigue éd., Toulouse.
- Lascombes, G., 1944. *Végétation des Picos de Europa. Les paysages forestiers*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 79, 339-358.
- Lazare, J.-J. 1992. Intérêt des Pyrénées occidentales pour les études de Biologie évolutive. *Bull. Soc. Bot. France, Lettres bot.* 139(1), 67-73.
- Lazare J. J., Cantenot, Y., Riba, S., Darquistade, A., Pujos J., 2005. Additions à la flore d'Andorre. *J. Bot. Soc. Bot. France* 29, 77-85.
- Lefebvre, Th., 1933. *Les modes de vie dans les Pyrénées atlantiques orientales*. Thèse Lettres, Armand Colin, París.
- Lence, C., Penas, A., Pérez Moreno, C., Llamas, F., 1996. *Saponaria caespitosa* DC. nueva para la Cordillera Cantábrica. *Studia Botanica* 15, 185-187.
- Leresche L., Levier, E., 1881. Deux excursions botaniques dans le Nord de l'Espagne en 1878 et 1879. Lausanne.
- Loidi, J., 1981. Estudio de la flora y vegetación de las Cuencas de os Ríos Deva y Urola en la provincia de Guipúzcoa. Tesis doctoral, Univ. Complutense de Madrid.
- Loidi, J., Bascos, J. C., 1995. Memoria y Mapa de series de vegetación de Navarra 1: 200.000. Gobierno de Navarra, Pamplona.
- López, M. L., 1970. Flora y paisaje vegetal de Urbasa, Andía, Santigo de Lóquiz y Perdón. Tesis doctoral, Universidad de Navarra.
- Lorda, M., 2001. Flora del Pirineo navarro. *Guineana* 7, 1-557.
- Losa, J. M. (ed.), 1994 Jornadas conmemorativas del 1er Centenario del nacimiento del Prof. T. M. Losa España (Burgos, 1993). Granada.
- Losa, M. T., 1948. Notas sobre la flora y vegetación de la Sierra de Guara (Huesca). *Collect. Bot. (Barcelona)* 2, 65-98.
- Losa, M. T., 1955. Resumen de un estudio comparativo entre las floras de los Pirineos franco-españoles y los montes cántabro-leoneses. *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 13, 233-267.
- Losa, M. T., Montserrat, P., 1947. Aportaciones para el conocimiento de la Flora del Valle de Ordesa. *Collect. Bot.* 1(2), 127-195.
- Losa, M. T., Montserrat, P., 1951. Aportación al conocimiento de la flora en Andorra. Primer Congreso Internacional del I. de EE. Pirenaicos, Com. 53. Zaragoza.
- Losa, M. T., Montserrat, P., 1952. Aportación al estudio de la flora de los Montes Cantábricos. *Anales Jard. Bot. Madrid* 10(2), 413-509.
- Losa, M. T., Montserrat, P., 1953. Nueva aportación al estudio de la flora de los montes cántabro-leoneses. *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 11(2), 385-462.
- Loscos F., 1876-1877. *Tratado de plantas de Aragón*. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel (Reeditado en 1986).
- Margerie E. de, Schrader, Fr., 1891 Aperçu sur la structure géologique des Pyrénées. *Ann. Cl. A. F.* 18, 557-619.
- Mateo, G., Egido, F., 2011. Especies nuevas del género *Hieracium* L. (Compositae) en la provincia de León. *Flora Montiber.* 48, 24-37.
- Merino, P., 1905-1909. *Flora descriptiva é ilustrada de Galicia*. 3 vols. Santiago de Compostela.
- Montserrat, J. M., 1987. Flora y vegetación de la Sierra de Guara. *Naturaleza en Aragón* 1, 3-343. Gobierno de Aragón. Zaragoza.
- Montserrat, J. M., 1992. Evolución glaciaria y postglaciaria del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: Estudio paleontológico. *Monogr. Inst. Pir. Ecología* 6, 1-147.
- Montserrat J. M., Romo, A. M., 1984. Contribution à la flore des Pyrénées et des Montagnes Cantabriques. Plantes de l'Abbé J. A. Soulié conservées dans l'herbier Sennen (BC). *Lejeunia* 115, 1-35.
- Montserrat, P., 1953. El Turbón y su flora. *Pirineos* 29, 169-228.
- Montserrat, P., 1956. Los pastizales aragoneses. Avance sobre los pastos aragoneses y su mejora. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Montserrat, P., 1964-66. Vegetación de la Cuenca del Ebro. *P. Cent. pir. Biol. Exp.* 1(5), 1-22 + mapa en blanco y negro a 1:1 000 000.
- Montserrat, P., 1961. El clima subcantábrico en el Pirineo occidental español. *Pirineos* 102, 5-19.
- Montserrat, P., 1971a. La Jacetania y su vida vegetal. 109 pp. + 40 fotos + mapa en color a 1: 200 000. Ed. Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja, Zaragoza.

- Montserrat, P., 1974. L'exploration floristique des Pyrénées occidentales. *Bol. Soc. Brot.*, 47 Supl., 227-241.
- Montserrat, P., 1975. Enclaves florísticos mediterráneos en el clima subcantábrico en el Pirineo occidental español. *Pirineo*. En: Primer Centenario de la R. Soc. Española de Hist. Nat. 2, 363-376. Madrid.
- Montserrat, P., 1980. Continentalidades climáticas pirenaicas. *P. Cent. pir. Biol. Exp.* 12, 63-83.
- Montserrat, P., 1985. *Aster pyrenaicus* y *Ephedra nebrodensis* en los Picos de Europa. *Anales Jard. Bot. Madrid* 41(2), 463.
- Montserrat, P. (coord.), 1987. Flora. Enciclopedia Temática de Aragón. vol. 6. Ed. Moncayo, Zaragoza
- Montserrat, P., 1991. Los viajes de P. Bubani por el Pirineo español. *Monografías Inst. Pir. Ecología* 5, 169-174.
- Montserrat, P., Villar, L., 1974. El endemismo ibérico. Aspectos ecológicos y fitopográficos. *Bol. Soc. Brot.* 46, 506-527.
- Montserrat, P., Villar, L., 2006. Aspectos teóricos y prácticos de los mapas forestales. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* Fuera de serie, 71-78.
- Mora, A., 2008 Manual de flora vascular amenazada del Parque Nacional de los Picos de Europa. Parque Nacional Picos de Europa, Cangas de Onís.
- Nava, H., 1986. Estudio de la flora y vegetación orófila de los Picos de Europa. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo. Cf. *Ruizia* 6, 1-245 (1988).
- Navarro, C., 1982. Contribución al estudio de la flora y vegetación del Duranguesado y la Busturia (Vizcaya). Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Navarro Andrés, F., 1974. La vegetación de la Sierra del Aramo y sus estrabaciones (Asturias). *Rev. Fac. Ci. Univ. Oviedo* 15(1), 111-243.
- Nualart, N., Ibáñez, N., 2015. Las colecciones históricas del Herbario BC (Instituto Botánico de Barcelona). *Bol. Asoc. Herb. Ibero-Macaronésicos* 17, 10-18.
- Olivier L., Galland, J.-P., Maurin, H., (coord.), 1995. Liste rouge de la flores menacée de France. Tome I: espèces prioritaires. Muséum National d'histoire naturelle, Paris.
- Penas, A., 1980. Flora y vegetación de la cuenca media leonesa de Río Esla. Tesis doctoral, Universidad de León.
- Peralta, J., Olano, J. M., 2001. La transición mediterráneo-eurosiberiana en Navarra: Caracterización de los tomillares y aliagares submediterráneos (*Thymelaeo-Aphyllanthesum monspeliensis*). *Pirineos* 156, 27-56.
- Pezzoli, S. (ed.) 2006. *Dagli Appennini ai Pirenei. Pietro Bubani: un botanico nel Risorgimento*. Ed. Faenza, Faenza.
- Puigdefàbregas, J., 1970. Características de la inversión térmica en el extremo oriental de la depresión interior altoaragonesa. *Pirineos* 96, 21-50.
- Rivas Martínez, S., 1981. Les étages bioclimatiques de la Végétation de la Péninsule Ibérique. *Anales Jard. Bot. Madrid* 37(2), 251-268.
- Rivas-Martínez, S. (ed.), 1987. Memoria y mapa de series de vegetación de España. Escala 1: 400.000. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., Asensi, A., Garretas, B., Valle, F., Cano, E., Costa, M., López, M., Díaz, T., Fernández Prieto, J. A., Llorens, L., Del Arco Aguilar, M., Osorio, V. E., Paz, P., Wildpret, W., Reyes-Betancort, J., Gallo, A., Rodríguez, O., Acebes, J., Gaisberg, M., Soriano, P., 2011. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. [Memoria del mapa de vegetación potencial de España] Parte I. *Itinera Geobot. N. S.* 18(1), 1-424.
- Rivas-Martínez, S., Asensi, A., Garretas, B., Valle, F., Cano, E., Costa, M., López, M., Díaz, T., Fernández Prieto, J. A., Llorens, L., Del Arco Aguilar, M., Osorio, V. E., Paz, P., Wildpret, W., Reyes-Betancort, J., Gallo, A., Rodríguez, O., Acebes, J., Gaisberg, M., Soriano, P., 2011. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. [Memoria del mapa de vegetación potencial de España] Parte II. *Itinera Geobot. N. S.* 18(2), 425-800.
- Rivas-Martínez, S., Díaz, T. E., Fernández Prieto, J. A., Loidi, J., Penas, A., 1984. La Vegetación de la alta montaña cantábrica. Los Picos de Europa. Ed. Leonesas, León.
- Rivas-Martínez, S., Izco, J., Costa, M., 1971. Sobre la flora y la vegetación del macizo de Peña Ubiña. *Pub. Dep. Bot. Fisiol. Veg.* 3, 47-123.
- Rivas-Martínez, S., Penas, A., Díaz, T. E., Llamas, F. 2003. *Quercus orcantabrica* sp. nov. *Itinera Geobot.* 15, 706.
- Rivas-Martínez, S., Penas, A., Díaz, T. E., 2007. Biogeographic Map of Europe. Cartographic Service, University of León, Spain.
- Romo, A., 1989. Flora i vegetació del Montsec (Pre-pirineus catalans). *Arxius Secc. Ci., Institut d'Estudis Catalans* XC, 1-534.
- Rouy G., Foucaud, J., 1893-1913. *Flore de France*, 14 t. Asnières et Rochefort.
- Ruiz Casaviella, J., 1880. Catálogo metódico de las plantas observadas como espontáneas en Navarra. *Anales Soc. Esp. Hist. Nat.*, 9.
- Ruiz de la Torre, J. (ed.), 1986-1997. Mapa forestal de España escala 1:200 000. ICONA. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Saule, M., 1991. *La Grande Flore illustrée des Pyrénées*. Ed. Milan, Toulouse.
- Saule, M., 2018. *Nouvelle Flore illustrée des Pyrénées*. Ed. Le Pin à crochets, Pau.
- Segarra-Moragues, J. G., Palop-Esteban, M., González-Candelas, F., Catalán, P., 2007. Nunatak survival versus tabula rasa in the Central Pyrenees. A study on the endemic species *Borderea pyrenaica* (Dioscoreaceae). *Journal of Biogeography* 34(11), 1893-1906.
- Saule-Sorbé, H., Largier, G., 2010. Les botanistes de la Flore pyrénéenne. *Les Feuilles du pin à crochets* 9, 1-312.
- Tejero, P., García, M. B., Gómez, D., 2017. Spatial distribution and environmental description of the endemic flora of the Pyrenees. *Pirineos* 172, e031. <https://doi.org/10.3989/Pirineos.2017.172002>
- Tison, J.-M., Foucault, B. de (coords.), 2014. *Flora Gallica. Flore de France. Biotope, Méze*.
- Torreccilla, P., Acedo, C., Marques, I., Díaz-Pérez, A. J., López-Rodríguez, J. A., Mirones, V., Sus, A., Llamas, F., Alonso, A., Pérez-Collazos, E., Viruel, J., Sahuquillo, E., Sancho, M. C., Komac, B., Manso, J. A., Segarra-Moragues, J. G., Draper, D., Villar, L., Catalán, P., 2013. Morphometric and molecular variation in con-

cert: taxonomy and genetics of the reticulate Pyrenean and Iberian alpine spiny fescues (*Festuca eskia* complex, Poaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 173, 676-706.

Torres, P. de, 1971. La Navarra húmeda del Noroeste. CSIC, Madrid.

Uribe-Echebarría, P., 2007. Parte de una historia: pasos hacia una flora del País Vasco. *L'Atzavara* 15, 37-45.

Uribe-Echebarría, P., 2015. El legado botánico de Lorenzo Prestamero (1733-1817). Diputación Foral de Álava, Vitoria.

Van Dijk P., 1990. The distribution of diploid and tetraploid cytotypes of *Plantago media* in the Pyrenees. En: *Botánica pirenaico-cantábrica. Actas del II Coloquio Internacional de Botánica pirenaico-cantábrica*, jaca, 3-5 juillet 1989. Monografías del Inst. Pirenaico de Ecología 5, 331-335.

Van Dijk, P., Hartog, M., 1988. The geographical distribution of cytotypes of *Plantago media* in the Pyrenees and its importance for the study of the evolutionary significance of polyploidization in plants. *Documents d'Ecologie Pyrénéenne* 5, 121-131.

Vigo, J., 1976. L'Alta muntanya catalana. Flora i vegetació. Institut d'Estudis Catalans y Centre Excursionista de Catalunya, Barcelona.

Vigo, J., 1983. Flora de la Vall de Ribes. *Acta. Bot. Barcinonensis* 35, 1-793.

Vigo, J., Masalles, R., 1996. El poblament vegetal de la Vall de Ribes. Les comunitats vegetals i el paisatge/Mapa de vegetació 1:50 000. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.

Vigo, J., Ninot, J. M., Masalle, R. M., Soriano, I., Font, X., Aymerich, P., Carreras, J., 2003. Flora del Parc Natural del Cadí-Moixeró i de les serres veïnes. *Monografies del Museu de Ci. Nat.* 1, 407.

Villar, L., 1977. Una prueba biológica de la existencia de refugios glaciares ("nunataks") en el Pirineo occidental. *Trabajos sobre Neogeno-Cuaternario* 6, 299-303.

Villar, L., 1978. La vegetación del Pirineo occidental español. Estudio florístico y geobotánico-ecológico. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.

Villar, L. (ed.), 1990. *Botánica Pirenaico-Cantábrica*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 5.

Villar, L. (ed.), 1999. *Espacios Naturales Protegidos del Pirineo. Ecología y Cartografía*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza

Villar, L., 2004. Les herbières en Espagne et Portugal ces 30 dernières années. Situation et perspectives. In: Pierre, R, Reduron, J. P. (eds.), *Les herbiers: un outil d'avenir. Tradition et modernité*, 99-110. AFCEV, Nancy.

Villar, L. (ed.), 2006. *Flora medicinal del Alto Gállego (Pirineo aragonés)*. Herbario de D. Vicente Latorre (1823-1888) farmacéutico de Larrés (Huesca), conservado en Jerez (Cádiz). Ed. Amigos de Serrablo, Huesca.

Villar, L., 2009. La obra botánica del Dr. D. Pedro Montserrat Recoder o sesenta años de estudios pirenaico-cantábricos. En: Llamas, F., Acedo, C. (coords.), *Botánica pirenaico-cantábrica en el siglo XXI*, 15-60. León. [cf. www.pedromontserrat.es].

Villar, L., Aseginolaza, C., García, D., Martí, G., Romo Diez, A. M., Díaz, P., 1990. Los hayedos prepirenaicos aragoneses: fitosociología, fitotopografía y conservación. *Acta Bot. Malacitana* 15, 283-295.

Villar, L. (coord.), Aseginolaza, C., Gómez, G., Montserrat, G., Romo, A., Uribe-Echebarría, P., 1999. Los hayedos prepirenaicos aragoneses y su conservación. 140 p. + 9 hojas a escala 1: 50.000. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza.

Villar, L., Benito, J. L., 2001. Memoria del mapa de vegetación actual del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido escala 1: 25 000. 145 p. + mapa en tres hojas. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Villar, L., Gómez, D., Saule, M., 1988. Lista ilustrada de los taxa descritos por el Prof. Montserrat o que le han sido dedicados. En: Villar, L. (ed.), *Homenaje a Pedro Montserrat*. Monografías Inst. Pir. Ecología 4, 37-68.

Villar, L., Lazare, J.-J., 1991. Avance del Atlas ICAFF (Inventario y cartografía automática de la flora de los Pirineos). *Itinera Geobot.* 5, 481-504.

Villar L., Lazare J.-J., 2018. P. Montserrat Recoder (1918-2017), botánico pirenaico. En recuerdo de sus primeras campañas entre Ordesa y Andorra (1946-1961). *Botanique* 4, 139-154.

Villar L., Sesé, J. A., Ferrández, J. V., 1997-2001. Atlas de la Flora del Pirineo Aragonés, 2 vols. 648 + 790 p. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón e Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca.

Willkomm M., Lange, J., 1861-1880. *Prodromus Florae Hispanicae*. 3 vols. E. Schweizerbart, Stuttgart.

Zetterstedt, J. E. (1857) *Plantes vasculaires des Pyrénées principales*. Librairie A. Frank, Paris

Otras fuentes (Consultadas en abril 2019)

ANTHOS. www.anthos.es/Sistema de Información sobre las plantas de España.

Banc de Dades sobre Biodiversitat de Catalunya [biodiver.bio.ub.es/biocat]

SIVIM (Sistema de Información de la vegetación ibérica y macaronésica <http://www.sivim.info/sivi/>)

Le programme partenarial Espagne-France-Andorre FLORAPYR: Maintenir et développer les bases de connaissance sur la Flore des Pyrénées et les indicateurs de suivi en lien avec le changement climatique

The FLORAPYR Spain-France-Andorra partnership program:
Maintaining and developing knowledge bases on Pyrenean flora,
and monitoring guidelines for climate change

Gérard Largier (coordination)¹

¹ Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNMP), Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex, gerard.largier@cbnmp.fr.

En collaboration avec Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMed), Instituto Botánico de Barcelona (IBB-CSIC), Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Aranzadi Zientzia Elkartea - Sociedad de Ciencias Aranzadi, Bazzania S.C., Investigación y Gestión en Biodiversidad, ainsi que Universitat de Barcelona (UB), Consorci del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (CMCNB), Ligue pour la protection des oiseaux (LPO), Office national des Forêts (ONF), Nature Midi-Pyrénées (NMP), Institut d'Estudis Andorrans (IEA-CEN-MA) et Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP-OPCC).

RÉSUMÉ

Le projet FLORAPYR constitue la poursuite, la capitalisation et le confortement des collaborations, des ressources partagées et des résultats du volet biodiversité de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique (projet POCTEFA OPCC EFA235/11). Il regroupe 6 partenaires principaux français et espagnols, et associe également un partenaire andorran et la CTP-OPCC. Il propose ainsi une couverture complète du territoire pyrénéen pour la connaissance de la diversité végétale, caractère emblématique des Pyrénées et qui pourrait être affectée par les évolutions climatiques.

L'objectif général du projet est de poursuivre et compléter l'atlas de la flore des Pyrénées et le suivi des combes à neige pour améliorer la qualité des données, leur diffusion et la robustesse des résultats, de valoriser les données rassemblées pour l'évaluation et l'alerte sur les enjeux de conservation, de s'impliquer dans un dispositif international sur le changement climatique, de développer l'observation participative des Pyrénéens, et de communiquer sur les travaux menés et les résultats obtenus dans les Pyrénées.

FLORAPYR va contribuer ainsi au programme transversal OPCC-2 visant à développer et mettre en œuvre la stratégie et le plan d'action de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique.

Les principaux résultats escomptés du projet sont la production d'indicateurs, la mise à disposition de données floristiques en lien avec le climat ainsi que la communication et la sensibilisation sur le sujet.

MOTS-CLÉS: Changement climatique, atlas de la flore des Pyrénées, suivi des combes à neige, GLORIA, Phénoclim, science citoyenne.

ABSTRACT

FLORAPYR project represents the continuation, capitalization and enhancement of partnerships, shared resources and results of Biodiversity section of Pyrenees Climate Change Observatory (POCTEFA project OPCC - EFA235/11). 6 main French and Spanish partners are regrouped, associating also an Andorran partner and the CTP-OPCC. Thus the project proposes the complete coverage of the Pyrenean region for the understanding of the plant diversity, an emblematic feature of the Pyrenees that could be affected by climate changes. The overall project aim is to continue and complete the Atlas of the Flora of the Pyrenees and the monitoring of snowfields to improve the quality of data, their publication and the robustness of their results, to enhance the compiled data in order to assess on conservation problems, to join an international platform on climate change, to develop public participation by the Pyrenean population and to ensure the outreach of the work carried out and the results obtained in the Pyrenees.

FLORAPYR will contribute the new transversal OPCC-2 program, which aims to develop and implement the strategy and action plan of the Pyrenean Observatory for Climate Change.

The main expected results obtained from the FLORAPYR project are the production of monitoring indicators, the publication of floristic data in relation to climate and also the divulgation and public awareness on this issue.

KEY WORDS: Climate change, atlas of the flora of the Pyrenees, snowbeds monitoring, GLORIA, Phenoclim, citizen science.

INTRODUCTION

L'idée d'une collaboration des botanistes des Pyrénées pour mettre en commun leurs travaux est très ancienne. Elle s'inscrit dans l'objectif de tous ceux qui depuis 4 siècles ont voulu produire une synthèse sur la flore pyrénéenne, d'abord sous la forme de catalogues puis de cartes de répartition. Depuis 1986, les colloques internationaux de botanique pyrénéo-cantabriques rassemblent tous les trois ans les spécialistes espagnols, français et andorrans.

Le projet d'une collaboration globale a émergé dans ces réunions et s'est concrétisé une première fois dans le cadre de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique avec le volet biodiversité du projet OPCC EFA 235/11. Une dizaine d'institutions et une quarantaine de botanistes ont ainsi collaboré à l'Atlas de la flore des Pyrénées et au réseau de suivi des combes à neige. Les institutions partenaires ont souhaité poursuivre ces travaux et proposer de nouveaux développements.

LE CONTEXTE DU PROJET

Le massif des Pyrénées, haute montagne alpine au sud-ouest de l'Europe entre l'océan Atlantique et la Méditerranée, est particulièrement représentatif des principaux défis climatiques dans les zones de montagne. Ce territoire présente un haut degré de vulnérabilité en particulier vis-à-vis de la biodiversité. La flore et la végétation des Pyrénées sont susceptibles d'être affectées par les évolutions climatiques avec des conséquences tant sur le maintien de ce patrimoine exceptionnel (espèces, milieux, paysages, cadre de vie) que sur la valorisation des ressources qu'elles représentent.

L'Observatoire pyrénéen du changement climatique (OPCC) est l'initiative de coopération territoriale entre Espagne, France et Andorre en matière de changement climatique, piloté par la Communauté de travail des Pyrénées (CTP). Il a été créé pour l'observation et la mesure des impacts du changement climatique sur le territoire et les risques naturels associés, afin d'aider les gestionnaires publics et privés, à la prise de décision. Cet observatoire est la seule plate-forme visant à étudier le changement climatique à l'échelle des Pyrénées et, grâce à lui, a été publiée en 2013 la première base de données de température et de précipitations pour les Pyrénées.

Dès sa mise en place, de 2011 à 2014, l'OPCC a souhaité prendre en compte la biodiversité, à travers deux actions emblématiques (CBNPMP & IHOBE, 2014):

- la première base de connaissance partagée et actualisée de la flore des Pyrénées (Espagne-France-Andorre) grâce à la mise en commune de plus de 1,8 millions de données élémentaires apportées par 7 institutions des 3 pays: l'atlas en ligne de la flore des Pyrénées (1.855.302 observations floristiques, pour 5.469 taxons, avec des cartes de distribution mises à disposition sur un site web interactif, des fiches pour chaque taxon, avec des données relatives à leur biologie, leur

distribution et leur taxonomie, un indice de sensibilité au changement climatique, calculé pour 77 plantes de haute montagne);

- la mise en place d'un réseau de suivi d'un type de végétation sensible aux évolutions climatiques, en initiant un dispositif de suivi des combes à neige pyrénéennes, type d'habitat à déterminisme essentiellement climatique, avec des indicateurs pertinents vis-à-vis des évolutions climatiques.

Sur la base des attentes, faiblesses et menaces identifiées par le programme INTERREG POCTEFA dans l'analyse synthétique des matériaux étudiés, les défis et opportunités territoriales communes traitées par le projet OPCC-2 2016-19, sont les suivants:

- les zones de montagne pyrénéennes concernées par ce projet doivent faire face à des problèmes similaires ou communs découlant des effets du changement climatique. Les interventions ne doivent pas être limitées à des approches régionales ou locales, mais s'intégrer dans une approche entièrement transfrontalière en matière de réponse méthodologique et concrète, en particulier en ce qui concerne la résilience pour faire face aux défis du changement climatique;
- suivre et mieux comprendre l'évolution du climat au niveau des Pyrénées pour accompagner les acteurs locaux dans la voie de l'adaptation;
- réaliser un suivi et mieux comprendre le phénomène du changement climatique ainsi que des études et poursuivre ou initier des actions nécessaires pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains face aux impacts du changement climatique et s'adapter à ses effets;
- diffuser les concepts et exemples de bonnes pratiques en matière d'adaptation au changement climatique afin de les intégrer dans la prise de décision stratégique des territoires, tant dans le secteur public que privé;
- accompagner les systèmes naturels et humains dans le processus d'adaptation au changement climatique afin de réduire leur vulnérabilité aux impacts, présents et futurs du changement climatique dans les Pyrénées.

Ainsi, les objectifs stratégiques du projet OPCC-2 sont:

- analyser et faciliter la connaissance des impacts du changement climatique sur les systèmes naturels et humains des Pyrénées.
- préparer des recommandations et des conseils opérationnels pour permettre une meilleure adaptation des systèmes naturels et humains et diffuser les travaux de l'observatoire auprès des acteurs sectoriels.
- contribuer au développement d'une visibilité européenne et internationale du caractère transnational des Pyrénées en termes d'observation et d'adaptation au changement climatique.

LES OBJECTIFS DU PROJET FLORAPYR

Le projet FLORAPYR, participe au projet OPCC-2 avec 4 autres projets thématiques sur le climat (CLIMPY), la forêt (CANOPEE), les lacs et les tourbières (REPLIM) et l'eau (PI-RAGUA), avec comme objectifs stratégiques:

- compléter, synthétiser, faciliter l'accès aux connaissances sur l'état de la flore et des végétations des Pyrénées pour les mettre en relation avec celles sur l'évolution du climat;
- définir les principaux problèmes de conservation de la diversité végétale, sélectionner les espèces et les communautés prioritaires pour la conservation et orienter des politiques de préservation communes pour l'ensemble du territoire des Pyrénées;
- produire et compléter les indicateurs sur le suivi de la flore et des végétations pyrénéennes en relation avec le climat.

Les principaux résultats escomptés du projet FLORAPYR sont la poursuite de la coopération transfrontalière, l'échange d'expérience, la coordination entre acteurs de la connaissance de la flore et de la végétation pour produire des résultats utilisables et appropriables largement à l'échelle pyrénéenne:

- accès aux données sur la flore et à des données de synthèse sur le patrimoine floristique pyrénéen;
- production d'outils d'évaluation des menaces et des enjeux à l'échelle du massif pyrénéen et des ses territoires (liste rouge);
- production d'indicateurs de suivi en lien avec le climat;
- communication et appropriation des enjeux par les publics.

Ces résultats seront concrétisés par 6 réalisations principales abondant les réflexions pour définir les stratégies d'adaptation au changement climatique:

- Atlas en ligne de la flore des Pyrénées;
- Catalogue des végétations d'altitude des Pyrénées;
- Liste rouge de la flore vasculaire;
- Dispositif de suivi des combes à neige;
- Mise en place de deux sites pour le dispositif international GLORIA;
- Développement du programme de science citoyenne Phénoclim sur l'ensemble des Pyrénées.

LES PARTENAIRES

Le partenariat du programme FLORAPYR est constitué par le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP, chef de file), le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMed), l'*Instituto Botánico de Barcelona* (IBB-CSIC), le *Consorci del Museu de Ciències Naturals de Barcelona* (CMCNB), l'*Universitat de Barcelona* (UB), l'*Instituto Pirenaico de Ecología* (IPE-CSIC), *Aranzadi Zientzia Elkar-*

tea - Sociedad de Ciencias Aranzadi, *Bazzania S.C.*, *Investigación y Gestión en Biodiversidad*, l'*Institut d'Estudis Andorrans* (IEA-CENMA), la Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) au titre du Réseau éducation Pyrénées Vivantes, pour l'animation du dispositif Phénoclim, ainsi que l'Office national des Forêts (ONF) et Nature Midi-Pyrénées (NMP, actuellement Nature en Occitanie), pour le dispositif de suivi des combes à neige. La Communauté de travail des Pyrénées (CTP) est également associée au titre de l'animation de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique et du projet OPCC-2.

LES RÉSULTATS ATTENDUS

L'atlas en ligne de la flore des Pyrénées

L'une des tâches essentielles pour pouvoir évaluer l'impact du changement climatique sur la biodiversité est la connaissance des êtres vivants présents et de la distribution de leurs populations sur le territoire.

L'Atlas de la flore des Pyrénées (<http://atlasflorapyre-naea.org/>) réalisé lors du précédent projet, est venu combler un manque important concernant la connaissance de la répartition des espèces de flore vasculaire à l'échelle du massif, la flore étant l'une des parties les plus visibles et représentatives de l'indiscutable richesse de la biodiversité pyrénéenne. Ce travail a permis d'intégrer et d'homogénéiser les données existantes, plus de 1.800.000, tout en permettant l'actualisation du catalogue des espèces avérées sur ce massif. La présence de plus 5.000 taxons de plantes vasculaires a été attestée dans les Pyrénées. Il s'agit d'une information remarquable si elle est comparée aux 6.100 présentes dans la Péninsule Ibérique ou aux plus de 11.000 espèces indiquées pour le continent européen. De plus, il faut souligner qu'environ 200 de ces espèces sont endémiques, c'est-à-dire avec une responsabilité très forte pour les Pyrénées.

L'élaboration de l'Atlas s'est basée sur le travail commun et coordonné de professionnels des 10 organismes publics de toutes les Pyrénées, qui se sont chargés du travail et qui, en outre, ont pu compter sur la collaboration d'autres Institutions et de botanistes à titre individuel. La mise en place de l'atlas s'est appuyée sur les outils développées pour la base de données de biodiversité de Catalunya (cartes de répartition, <http://biodiver.bio.ub.es/bio-cat/>) et pour l'atlas en ligne de la flore de l'Aragón (fiches descriptives, <http://floragon.ipe.csic.es/>).

Ce travail considérable ouvre des perspectives très intéressantes sur l'utilisation des données et leur croisement avec d'autres comme les données climatiques. Toutefois, la gestion et la valorisation d'une telle quantité de données nécessite une évolution des outils et une amélioration de la qualité des informations. D'autres groupes que la flore vasculaire méritent également d'être intégrés à l'atlas.

Aussi, cette action développe les objectifs suivants:

- améliorer la gestion des données de l'atlas de la flore des Pyrénées et sa pertinence grâce à des outils infor-

matiques et géomatiques plus performants, à la validation d'un référentiel floristique partagé entre les 3 pays, et à un travail sur la qualité et la précision des données;

- intégrer les données de nouveaux groupes biologiques (bryophytes) ou préparer leur intégration à moyen terme (champignons, végétations).

La flore vasculaire a été intégrée en premier lieu dans l'Atlas compte tenu de son caractère représentatif de la biodiversité pyrénéenne, de l'avancement de la structuration des données et des possibilités de mise en place rapide d'un partenariat entre institutions. Toutefois d'autres thèmes sont importants à prendre en compte et il est possible aujourd'hui de travailler à différents niveaux sur les bryophytes, les champignons et la végétation.

Depuis des décennies, depuis différentes instances et à travers de différents travaux et projets, l'activité dans le domaine des bryophytes s'est beaucoup développée des deux côtés des Pyrénées, en conformant une importante base de connaissances qui permet d'envisager un atlas. En particulier, il a été effectué une liste de référence de bryophytes pyrénéennes qui inclut 1069 taxons (Infante Sánchez y Heras Pérez, 2013). Il existe une base de données bibliographiques sur les bryophytes des Pyrénées (Bazzania S.C.), et des bases de données contemporaines dans différents organismes (Bazzania, CBNPMP, CBNMED, Université autonome de Barcelone).

Le catalogue des végétations d'altitude des Pyrénées

Les végétations d'altitude sont parmi celles qui peuvent être le plus sensibles aux évolutions climatiques. Elles sont aussi celles dont l'endémisme est le plus important.

De nombreux travaux ont été menés depuis des décennies sur les types de végétations, mais on manque d'une synthèse globale à l'échelle pyrénéenne et d'un référentiel commun qui permettront à terme de mettre en commun les données. De nombreux relevés de végétations ont été également organisés en bases de données (SIVIM en Espagne, CBNPMP en France) et permettent d'accéder à une information structurée.

Le catalogue des végétations des étages alpins et sub-alpins concernera les classes de végétation suivantes:

- pelouses:
 - alpines des crêtes calcaires ventées: *Carici rupes-tris-Kobresietea bellardii* Ohba 1974;
 - subalpines calcicoles: *Festuco-Seslerietea caeruleae* Barbero & Bonin 1969 et *Festuco hystri-cis-Ononidetea striatae* Rivas-Mart. et al. 1991;
 - alpines acidophile: *Caricetea curvulae* Br.-Bl. 1948;
 - landines orophiles: *Loiseleurio procumbentis-Vaccinieta microphylli* Egger ex Schubert 1960;
 - alpines des combes à neiges: *Salicetea herbaceae* Br.-Bl. 1948;
- milieux rocheux:
 - végétations des parois verticales: *Asplenieta trichomanis* (Br.-Bl. in Meier & Br.-Bl. 1934) Oberdorfer 1977 pp.;
 - végétations des éboulis: *Thlaspietea rotundifolii* Br.-Bl. 1948 pp.;
 - végétations des dalles rocheuses: *Sedo albi-Scleranthetea biennis* Br.-Bl. 1955;

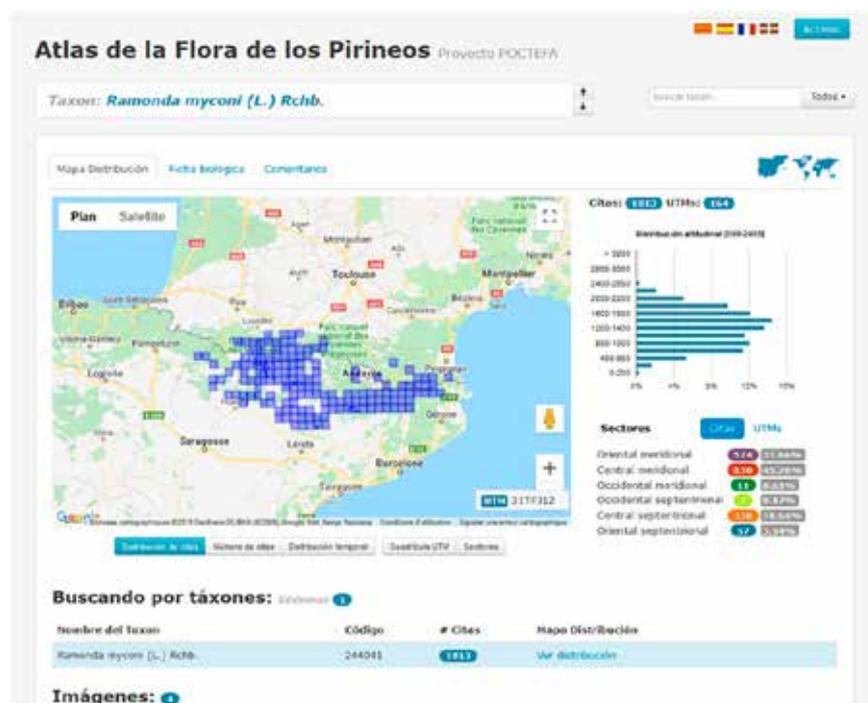


Fig. 1. - Copie écran d'une carte de répartition de l'atlas en ligne de la flore des Pyrénées (version initiale, en ligne de 2014 à 2019, la nouvelle version produite dans le cadre du programme FLORAPYR est ligne depuis juillet 2019 à la même adresse).

- milieux humides et aquatiques:
 - tourbières basses: *Scheuchzeria palustris-Caricetea fuscae* Tüxen 1937 pp.;
 - végétations amphibies: *Littorelletea uniflorae* Br.-Bl. & Tüxen ex Westhoff, Dijk & Passchier 1946;
 - tourbières ombrophiles: *Oxycocco palustris-Sphagnetetea magellanici* Br.-Bl. & Tüxen ex V. West., Dijk & Passchier 1946 pp.;
 - végétations de gouilles oligotrophes: *Utricularieta intermedio-minoris* Pietsch ex Krausch 1968 pp.;
 - végétations aquatiques: *Potametea pectinati* Klika in Klika & V. Novák 1941 pp. et *Charetea fragilis* F. Fukarek ex Krausch 1964 pp.;
 - végétations des sources: *Montio fontanae-Cardaminetea amarae* Br.-Bl. & Tüxen ex Klika & Hadač 1944 pp.;
- hautes herbes:
 - mégaphorbiaies orophiles: *Mulgedio alpini-Aconitetea variegati* Hadač & Klika in Klika & Hadač 1944
- formations ligneuses:
 - pineraies sèches: *Pino sylvestris-Juniperetea sabinae* Rivas-Martínez 1964;
 - pineraies et sapinières subalpines: *Vaccinio myrtilli-Piceetea abietis* Br.-Bl. in Br.-Bl., Sissingh & J. Vlieger 1939 pp.;
 - saulaies arbustives subalpines: *Betulo carpaticae-Alnetea viridis* Rejmánek in Huml, Lepš, Prach & Rejmánek 1979 pp.

Sur la base des premières synthèses réalisées par les partenaires, il s'agit d'identifier les travaux et références complémentaires, dresser le catalogue des unités élémentaires, préciser la répartition des unités selon les territoires biogéographiques définis pour l'Atlas et assurer la validation du catalogue et du référentiel ainsi constitué. Toutes les informations seront mises en ligne sur le site de l'atlas.

La liste rouge de la flore vasculaire

L'atlas de la flore des Pyrénées constitue un état des lieux sur la répartition de la flore des Pyrénées qui peut être analysé vis-à-vis de différents paramètres. Sa complémentation au fil du temps permettra de donner des indicateurs de l'évolution de la flore. Il est notamment possible de valoriser cette connaissance sur la flore des Pyrénées pour alerter sur les enjeux de conservation et orienter les suivis.

Les listes rouges réalisées selon la méthodologie de l'UICN (UICN, 2012a) permettent d'évaluer le risque d'extinction des espèces dans un territoire donné. Les espèces classées dans les catégories en danger critique (CR), en danger (EN) et vulnérable (VU) constituent la liste rouge des espèces menacées de disparition. Les autres espèces peuvent être classées en quasi menacées (NT), préoccupation mineure (LC), données insuffisantes (DD) ou déjà présumées éteintes à l'échelle du territoire régional considéré (RE).

Une liste rouge permet de constituer un indicateur régulièrement mis à jour (5 à 10 ans). Les données rassemblées par l'Atlas de la flore des Pyrénées permettent d'évaluer d'ores et déjà une bonne partie des espèces. Travailler à l'échelle des Pyrénées représente un grand intérêt car ce territoire est cohérent avec l'aire de répartition de nombreuses espèces. La liste rouge de la flore des Pyrénées sera d'un apport conséquent par rapport aux listes rouges régionales et nationales déjà réalisées sur les territoires concernant les Pyrénées.

Ce travail s'appuiera sur l'expérience des différents partenaires (CBNPMP et CBNMED, participation à la liste rouge de la flore vasculaire de France métropolitaine, UICN France *et al.*, 2018; CBNPMP, listes rouges de Midi-Pyrénées pour la flore vasculaire, les bryophytes et les champignons, Corriol, 2013, Corriol, 2014, Infante Sanchez, 2015; CBNMED, liste rouge de la flore vasculaire de Languedoc-Roussillon (en cours); UB et IEA-CENMA: liste rouge de la flore vasculaire d'Andorre, Carillo *et al.*, 2008; IPE: flore vasculaire menacée d'Aragon, Garcia *et al.*, 1998, Alcántara, 2007; IHOBE, Sociedad de Ciencias Aranzadi, Museo de Ciencias Naturales de Álava, Sociedad de Ciencias Naturales de Sestao et Universidad del País Vasco: Lista Roja de la Flora Vasculare de la CAPV, Aizpuru *et al.* 2010,). La réalisation de la liste rouge appliquera la méthodologie de l'UICN (UICN, 2012a, 2012b). Elle sera priorisée sur une liste «cœur» de la flore des Pyrénées, comprenant les espèces représentatives du territoire biogéographique. En fonction des difficultés rencontrées, des adaptations méthodologiques seront proposés à l'UICN, afin de garantir que l'application aux Pyrénées reste conforme. La méthodologie et les résultats seront présentés à l'UICN afin d'obtenir l'agrément de la liste.

Le dispositif de suivi des combes à neige

La végétation alpine est particulièrement sensible aux changements environnementaux et répond aux variations climatiques. Les végétations de combes à neige, sont probablement l'habitat alpin où les conditions méso-climatiques changeront le plus rapidement: Ainsi toute évolution du temps de la couverture neigeuse, des températures hivernales et estivales, d'humidité du sol, sont en mesure de contribuer à l'évolution du milieu.

Sur le plan écologique, cela pourrait induire l'expression d'un autre cortège d'espèces moins spécialistes et plus opportunistes. Les végétations de combes à neige, essentiellement vivaces, sont adaptées pour intégrer des variations climatiques inter-annuelles très importantes et donc à réagir plutôt à des tendances sur un plus long terme. Cela permet donc de lire au travers de cette végétation les modifications liées au climat et non à des phénomènes météo annuel.

Ainsi, il est possible d'observer l'impact du changement climatique sur ces communautés végétales par quelques indicateurs tel que:

- la composition floristique des habitats de combe à neige;

- la phénologie de *Salix herbacea* L. et des espèces spécifique aux combes à neige;
- l'enregistrement des températures sur les stations.
- le suivi de la durée du recouvrement neigeux.

C'est sur ces bases qu'a été mis en place le dispositif de suivi pyrénéen des combes à neige (Komac and Ollivard, 2014) dans le cadre de la première phase de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique (2011-14) qui comprend 14 sites répartis sur la chaîne pyrénéenne, d'est en ouest, et sur chacun des versants, suivis avec la participation de 9 structures (Figure 2).

Le dispositif, permet d'enregistrer l'influence des épisodes météorologique à moyen terme mais permet surtout sur le long terme, de déterminer l'effet du changement climatique sur les communautés végétales de combe à neige et par extension sur l'ensemble des communautés végétales de la haute montagne. Il pourra également être un révélateur de l'adaptation de la végétation à de nouvelles conditions climatiques. La définition des trajectoires potentielles des différents types d'habitats permet aussi d'organiser, d'anticiper, la gestion et la conservation de la biodiversité ainsi que les activités humaines liées à l'utilisation des ressources naturelles. Le dispositif permet de renseigner les indicateurs définis lors du précédent programme.

Le projet propose de poursuivre les observations sur ce dispositif à moyen et long terme, et de le compléter, afin d'obtenir des résultats plus robustes, sur plusieurs axes:

- caractérisation des sols des sites et de leur fonctionnement notamment hydrique pour rendre compte de l'influence de ce paramètre dans la réponse de la végétation aux variations climatiques: analyses physico-chimiques et interprétation par un spécialiste;

- caractérisation du microclimat des sites à partir de la réalisation d'héliogramme pour chacun des sites, de la caractérisation de la topographie et du type d'enneigement, et des données pluviométriques recueillies par les radars des services météorologiques (mobilisation des données et de l'expertise de Météo France et de l'AEMET), en relation avec le projet CLIMPY;
- la caractérisation des traits de vie des espèces (étude bibliographique et observations de terrain);
- suivi de la couverture neigeuse par télédétection (satellite SENTINEL 2) sur les secteurs des 14 sites et sur des secteurs complémentaires, en relation avec le projet CLIMPY;
- simulation du réchauffement climatique par Open Top Chambers (OTC), pour tester l'impact de l'augmentation de la température sur la communauté de combe à neige sur 4 sites, extension pyrénéenne de travaux préliminaires menés par l'Universitat de Barcelona (Anadon-Rosell *et al.*, 2017).

La mise en place de deux sites pour le dispositif international GLORIA

Le dispositif international GLORIA (*Global Observation Research Initiative In Alpine Environments* ou Initiative pour la Recherche et le Suivi Global des Environnements Alpains, <https://www.gloria.ac.at/>) a pour objectif d'établir et de maintenir un réseau de vigilance de la flore de haute montagne à long terme au niveau international. Il concerne actuellement 100 massifs montagneux dans le monde entier, avec seulement 2 sites dans les Pyrénées aragonaises.

Le projet FLORAPYR permettra de compléter le dispositif pyrénéen actuel par deux sites supplémentaires:

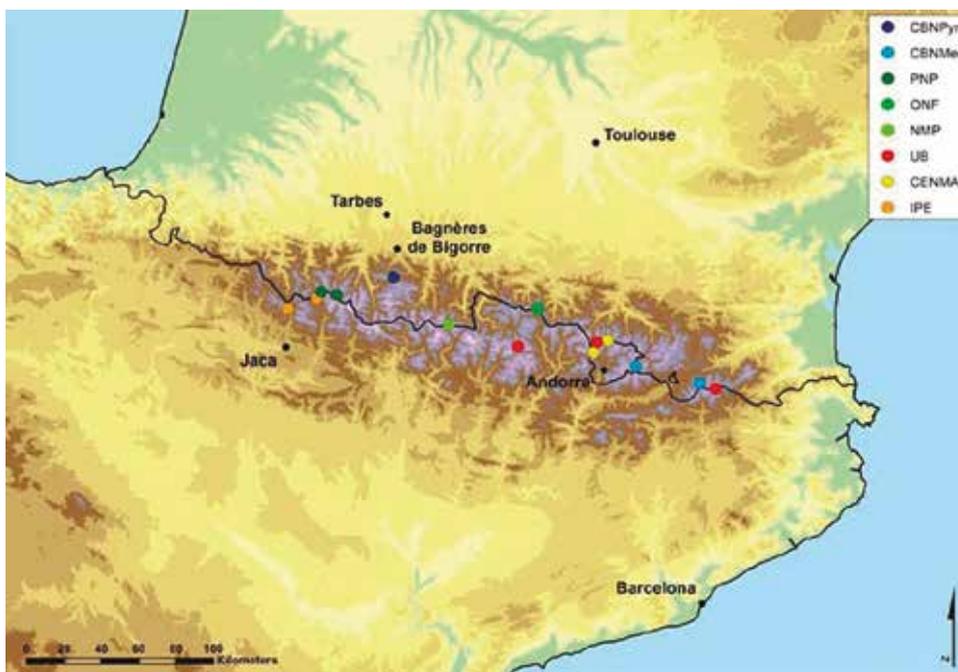


Fig. 2. - Carte de localisation des 14 sites du dispositif de suivi des combes à neige. Suivi assuré par CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPyr), CBN méditerranéen (CBNMed), Parc national des Pyrénées (PNP), Office national des Forêts (ONF); Nature en Occitanie (NMP), Universitat de Barcelona (UB), Instituto Pirenaico de Ecología avec Aranzadi (IPE), Institut d'Estudis Andorrans (CENMA).

un site en Pyrénées orientales à l'interface Espagne-France-Andorre, et un site dans les Pyrénées centrales françaises. Pendant la durée du programme l'état des lieux initial sera réalisé (le suivi a lieu tous les 7 ans).

Une analyse géomatique permettra de présélectionner des sites potentiels dans les secteurs oriental et centro-occidental sur la base des critères d'éligibilité des sites (pour chaque site, 3 sommets d'altitudes différentes avec l'ensemble des expositions dans un périmètre de 50 km²). Des visites de terrain permettront de confirmer le choix définit des deux sites.

L'état initial sera réalisé en suivant le protocole normalisé GLORIA (Pauli *et al.*, 2015). La réalisation sera participative en associant tous les partenaires du projet qui le souhaitent. Pour le site oriental, le réseau de suivi de la flore des Pyrénées catalanes (FLORACAT) sera associé. Les données seront communiquées au coordonnateur du programme GLORIA selon la procédure définie par le protocole.

Le développement du programme de science citoyenne Phénoclim sur l'ensemble des Pyrénées

Déployé dans les Alpes françaises par le Centre de recherches sur les écosystèmes d'altitude (CREA Mont-Blanc, <https://phenoclim.org/fr>), Phénoclim est un programme scientifique et pédagogique qui invite le public à mesurer l'impact du changement climatique sur la végétation en montagne par des observations participatives du développement phénologique d'espèces cibles (Mathieu and Delestrade, 2006). Il permet ainsi de développer l'appropriation du grand public vis-à-vis des questions de changement climatique (Macian, 2011). Le dispositif est testé depuis 2013 par le Parc naturel régional des Pyrénées catalanes.

Parce que les phénomènes climatiques sont perceptibles par un public profane via des observations simples de la vie de tous les jours, il s'agira de : développer la notoriété de ce dispositif participatif auprès des habitants, des établissements scolaires, des gestionnaires d'espaces protégés, des associations et professionnels afin d'amplifier le nombre de point d'observation sur le massif des Pyrénées, en s'appuyant sur la dynamique du Réseau éducation Pyrénées vivantes réseau transfrontalier d'éducation à l'environnement regroupant plus de 60 structures en Espagne, France et Andorre.

CONCLUSION

Grace au Programme opérationnel transfrontalier Espagne-France-Andorre (INTERREG POCTEFA) de l'Union européenne, une forte dynamique a pu être impulsée entre structures référentes en matière de botanique dans l'ensemble de la cordillère pyrénéenne. Le programme FLORAPYR est mené de 2016 à 2019. Les résultats seront communiqués à l'occasion de colloques et publications, et en ligne sur le site Internet de l'atlas de la flore des Pyrénées et celui de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique (<https://opcc-ctp.org/es>). Au-delà de cette période,

la question se posera du maintien de la dynamique et des moyens nécessaires, en particulier pour inscrire dans une longue durée les dispositifs de suivi.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des institutions partenaires, les experts associés et les financeurs qui ont permis le développement des projets FLORAPYR et OPCC2. Le projet FLORAPYR EFA 100/15 est cofinancé à 65 % par l'Union européenne (Fonds européen de développement régional, INTERREG POCTEFA) ainsi que par l'État français (Fonds national pour l'aménagement et le développement de territoire) et les régions françaises Occitanie et Nouvelle-Aquitaine. Le programme OPCC2-Observatoire pyrénéen du changement climatique est animé par la Communauté de travail des Pyrénées (CTP). Il est cofinancé à 65 % par l'Union européenne (Fonds européen de développement régional, INTERREG POCTEFA), la Fondation Biodiversité du Ministère de la Transition Écologique d'Espagne, l'État français (Fonds national pour l'aménagement et le développement de territoire) et la région française Occitanie.

BIBLIOGRAPHIE

- Aizpuru, I., Tamaio, I., Uribe-Echebarría, P.M., Garmendia, J., Oreja, L., Balentzia, J., Patino, S., Prieto, A., Biurrun, I., Campos, J. A., Garcia, I., Herrera, M., 2010, Lista Roja de la Flora Vasculare de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), Gobierno Vasco.
- Alcántara de la Fuente M. (coord.), 2007. Catálogo de Especies Amenazadas en Aragón (Flora). Gobierno de Aragón, Departamento de Medio Ambiente, Zaragoza.
- Anadon-Rosell, A., Ninot, J. M., Palacio, S., Grau, O., Nogués, S., Navarro, E., Sancho, C., Carrillo, E., 2017. Four years of experimental warming do not modify the interaction between subalpine shrub species. *Oecologia* 183, 1167–1181. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-3830-7>
- Carrillo, E., Mercadé A., Ninot J. M., Carreras J., Ferré A., Font X., 2008. Check-List i Llista Vermella de la Flora D'Andorra. Institut d'Estudis Andorrans –Centre d'estudis de la neu i de la muntanya d'Andorra, Ministeri de Turisme i Medi Ambient, Andorra-la-Vella.
- CBNPMP, IHOBE (coord.), 2014. Observatoire pyrénéen du changement climatique. Volet biodiversité. Rapport final (1. Atlas floristique des Pyrénées et sélection des espèces les plus sensibles au changement climatique, 2. Suivi des végétations de combes à neige alpines à *Salix herbacea* dans les Pyrénées). Rapport pour l'Union européenne, projet INTERREG OPCC EFA 235/11.
- Corriol G. (coord.), 2013. Liste rouge de la flore vasculaire de Midi-Pyrénées. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.
- Corriol G. (coord.), 2014. Liste rouge des champignons de Midi-Pyrénées. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.
- García, M. B., Guzmán, D., Goñi, D., Ascaso, J., 1998. Investigación y conservación de las especies de flora pirenaica amenazada en Aragón durante 1997 (LIFE - Flora Amenazada). Gobierno de Aragón. Informe inédito.

Infante Sánchez, M., Heras Pérez, P., 2013. Brioflora del Pirineo: un checklist bibliográfico global. Xe Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique Luchon, Pyrénées françaises, 8-10 juillet 2013.

Infante Sánchez, M. (coord.), 2015. Liste rouge des bryophytes de Midi-Pyrénées. Conservatoire botanique national des Pyrénées et Midi-Pyrénées.

Komac, B., Olicard L., 2014. Monitoring protocol for vegetation in the Pyrenees snowfields. Mountain Research Initiative News 8, 16-17.

Macian, F., 2011. Les apports d'un programme de science participative dans la perception de la nature par le public. Retour d'expérience sur le programme Phénoclim. In: Giordan, A., Martinand, J. L., Eastes, R.-E. (Éds.), L'idée de nature dans la médiation et l'éducation scientifiques, Actes des 31es Journées internationales de l'éducation scientifique.

Mathieu, G., Delestrade, A., 2006. Phénoclim, a research project on phenology in the Alps. Proceeding of the International Congress of Alpine and Arctic Botanical Gardens.

Pauli, H., Gottfried, M., Lamprecht, A., Niessner, S., Rumpf, S., Winkler, M., Steinbauer, K., Grabherr, G. (coord. y ed.), 2015. Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Métodos básico, complementarios y adicionales. 5ª edición. GLORIA-Coordination, Academia Austriaca de Ciencias y Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida, Viena, Austria. Edición en español a cargo de Benito, J. L. & Villar, L., Jaca, España.

IUCN France, FCBN, AFB, MNHN, 2018. La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine. Paris.

IUCN, 2012a. Catégories et Critères de la Liste rouge de l'IUCN: Version 3.1. Deuxième édition. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni: IUCN. vi + 32pp. Originellement publié en tant que IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).

IUCN., 2012b. Lignes directrices pour l'application des Critères de la Liste rouge de l'IUCN aux niveaux régional et national: Version 4.0. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni: IUCN. iv + 44pp. Originellement publié en tant que Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0 (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).

Sites Internet

Atlas de la flora de Aragón: <https://floragon.ipe.csic.es/>

Atlas de la flore des Pyrénées: <https://www.atlasflorapyrenaea.org/>

GLORIA: <https://www.gloria.ac.at/>

Observatoire pyrénéen du changement climatique: <https://opcc-ctp.org/es>

Phénoclim: <https://phenoclim.org/fr>

Banc de dades de biodiversitat de Catalunya: <https://biodiver.bio.ub.es/biocat/>

Conservación *ex situ* de *Lilium pyrenaicum* Gouan: un endemismo pirenaico-cantábrico

Ex situ conservation of *Lilium pyrenaicum* Gouan: a Pyrenean-Cantabrian endemism

Asier Jáñez¹, Agustí Agut¹, José Ignacio García-Plazaola²

¹ Banco de Germoplasma del Jardín Botánico de Olarizu. Dpto. de Medio Ambiente y Salud Pública del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. Casa de la Dehesa de Olarizu s/n. 01006. Vitoria-Gasteiz (Álava/Araba). País Vasco. España (ajplanez@gmail.com; aagut@vitoria-gasteiz.org).

² Dpto. Biología Vegetal y Ecología. Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa (Bizkaia). País Vasco. España.

RESUMEN

Lilium pyrenaicum Gouan (Liliaceae) es un endemismo pirenaico-cantábrico que crece en hábitats muy reducidos y específicos: megaforbios de pies de roquedos y cantiles, así como herbazales frescos con suelos húmedos y eutrofos, incluidos en el Hábitat 6430.

Los objetivos del estudio son: establecer los protocolos de conservación *ex situ*, viabilidad y germinación a partir de semillas tanto del Banco Base como del Banco Activo. Pese a no presentar graves factores de amenaza, el estudio de esta especie cobra especial relevancia al no existir estudios previos sobre su conservación *ex situ*, viabilidad y germinación.

Para determinar la viabilidad de las semillas se realizaron tres pruebas: el Test del Tetrazolio, el Test de la Catalasa y el Test de la Conductividad. Las semillas mostraron una elevada viabilidad en todas las pruebas obteniendo un porcentaje de viabilidad máximo del 84% mediante el Test de Tetrazolio.

Por otra parte, se estableció el protocolo óptimo de germinación realizando el análisis estadístico de los resultados, basado en el modelo de regresión binomial logística. Para las semillas del Banco Activo se obtuvo un porcentaje de germinación máximo del 84% con el tratamiento que combinaba una estratificación templada (15°C, oscuridad; 60 días) con una estratificación fría (4°C, oscuridad; 60 días) seguida de 30 días a 15°C y fotoperiodo 12/12 h luz/oscuridad, tras los cuales se realizó una escarificación, para finalizar tras 30 días más en las mismas condiciones de ensayo.

Todo ello ha permitido comprobar que es posible la conservación *ex situ* de esta especie a largo plazo en bancos de germoplasma.

PALABRAS CLAVE: Germinación, Viabilidad, Banco Base, Banco Activo, Regresión binomial.

ABSTRACT

Lilium pyrenicum Gouan (Liliaceae) is a Pyrenean-cantabrian endemism that grows in very specific and small habitats: megaphorbic of foot of crags and cliffs, as well as fresh grasslands with moist and eutrophic soils, included in the 6430 Habitat.

The main purposes of the study are: establish *ex situ* conservation protocols, viability and germination from seeds of both the Base Bank and the Active Bank. Although there are no serious threat factors, the study of this species is very relevant since there isn't any previous study about its *ex situ* conservation, viability and germination. To determine the viability of the seeds, three type of tests were carried out: the Tetrazolium Test, the Catalase Test and the Conductivity Test. The seeds showed a high viability in all the tests, obtaining a maximum viability percentage of 84% by means of the Tetrazolium Test.

On the other hand, the optimal germination protocol was established by carrying out the statistical analysis of the results, based on the logistic binomial regression model. For the seeds of the Active Bank, a maximum germination rate of 84% was obtained with the treatment that combined a temperate stratification (15°C, darkness; 60 days) with a cold stratification (4°C, darkness; 60 days) followed by 30 days at 15°C and 12/12 h light/dark photoperiod, after which scarification was performed, to end after 30 more days under the same test conditions.

This has made it possible to check that the *ex situ* conservation of this species in the long term is possible in germoplasm bank.

KEY WORDS: Germination, Viability, Active Bank, Base Bank, Regression Binomial.

INTRODUCCIÓN

Tanto a nivel mundial como peninsular, la biodiversidad vegetal está disminuyendo a gran velocidad durante los últimos años (Bañares *et al.*, 2010; Phartyal *et al.*, 2002). Para evitarlo, la protección del hábitat en el que residen las especies, la conservación *in situ*, se presenta como la mejor opción. A su vez, es imprescindible disponer de herramientas complementarias de conservación *ex situ*, es decir, fuera del hábitat natural, con el fin de asegurar a largo plazo y en situaciones de amenaza o peligro de extinción, la conservación de las especies vegetales (Ferrer *et al.*, 2013).

Los Bancos de Germoplasma son los centros encargados de llevar a cabo estas acciones de conservación *ex situ*, almacenando la biodiversidad vegetal contenida en el germoplasma (Bachetta *et al.*, 2008). El germoplasma puede ser cualquier parte de la planta susceptible de ser propagada y/o mantenida a largo plazo, como las semillas. Son estas precisamente, las mejor capacitadas para la recolección, transporte, almacenamiento, reproducción y cultivo, debido a que constituyen un estadio del ciclo vi-

tal compacto, pequeño, resistente y longevo (Ferrer *et al.*, 2013). Por otra parte, estos centros se encargan de desarrollar los protocolos de germinación, con el fin de optimizar el aprovechamiento de semillas en el cultivo de planta para futuros planes de recuperación y reforzamiento poblacional de especies en peligro (Gómez-Campo, 1985).

En este contexto, el Jardín Botánico de Olarizu constituyó el Banco de Germoplasma Vegetal en 2011, con el objetivo de conservar a largo plazo la flora silvestre amenazada, endémica, singular y rara de la Comunidad Autónoma del País Vasco (Agut, 2012), como es el caso de *L. pyrenaicum* Gouan.

L. pyrenaicum, la azucena de los Pirineos, es una especie perteneciente al género *Lilium* (Liliaceae), el cual incluye 100 especies distribuidas en el Hemisferio Norte (Paric *et al.*, 2008). Es una planta herbácea, bulbosa y endémica en la Península Ibérica, donde se distribuye en los Pirineos y Montes Cantábricos, con buena presencia en el este del País Vasco (Castroviejo, 2014; Aizpuru *et al.*, 1999; Anthos, 2016) (Fig. 1 y 2). En los Montes de Vitoria (Álava), se localizan las poblaciones más meridionales de su área



Fig. 1. - Detalle de la flor de *L. pyrenaicum* en una de sus poblaciones en Montes de Vitoria (Álava).

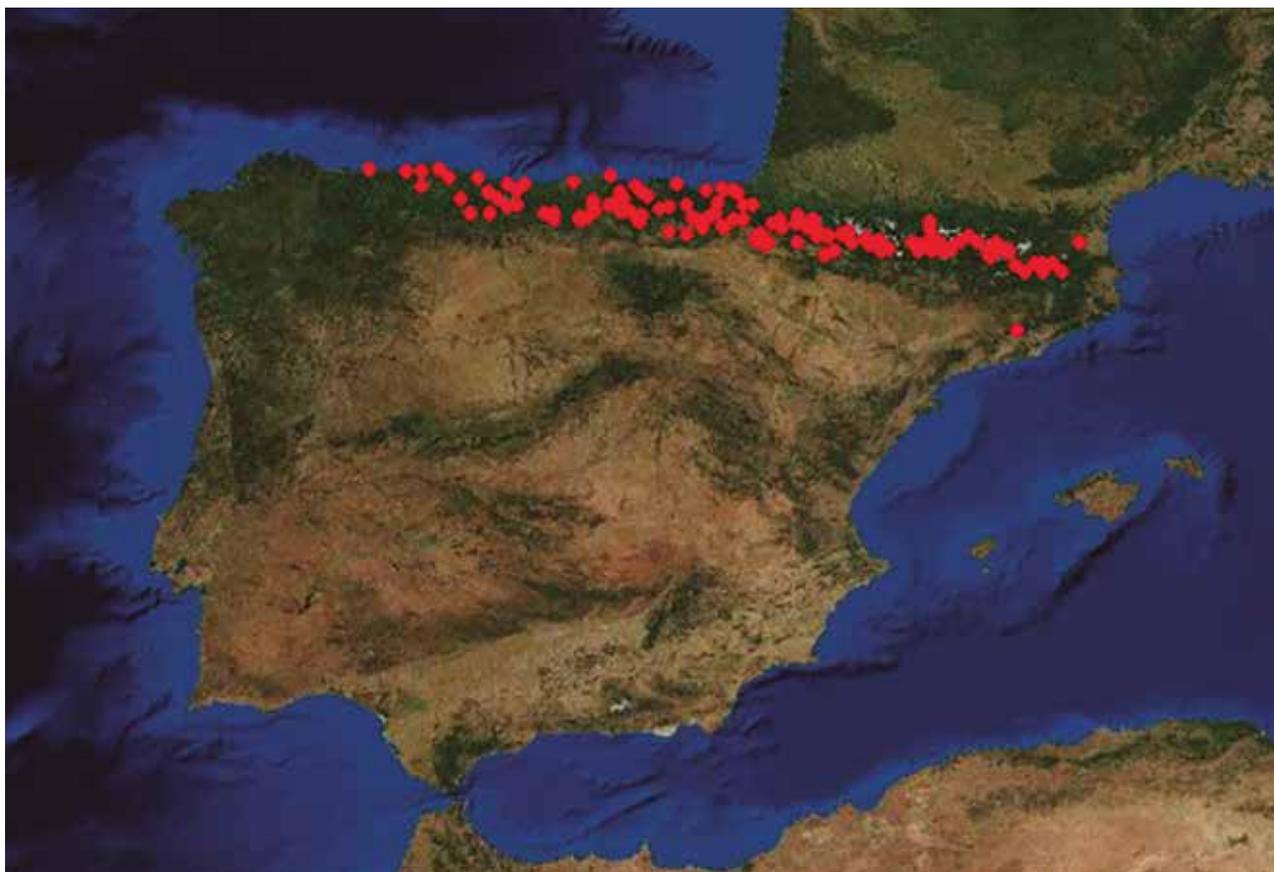


Fig. 2. - Área de distribución de *L. pyrenaicum*. Fuente: Anthos-Sistema de Información de las Plantas de España (2015).

de distribución, las cuales contienen un número escaso de ejemplares (Uribe-Echebarría, 2012). Por todo esto, esta planta es un objetivo de conservación prioritario para el Jardín Botánico de Olarizu (Vitoria-Gasteiz) (Agut, 2014). Crece en megaforbios de pies de roquedos y cantiles, así como en herbazales frescos de orla y, claros de bosques de hoja caduca, sobre suelos eutrofos y siempre con cierta humedad edáfica, incluidos en el Hábitat 6430 (Remón *et al.*, 2009; Directiva 92/43/CEE).

Las semillas del género *Lilium* poseen dormiciones morfofisiológicas profundas, y son varios los autores que han estudiado la dificultad de estas semillas para obtener germinaciones (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006; Paric *et al.*, 2008; Dhyani *et al.*, 2014).

En estos casos, es imprescindible definir métodos rápidos e indirectos de evaluación, que permitan establecer la viabilidad de las semillas conservadas *ex situ* sin la necesidad de pruebas de germinación. Entre los métodos más eficientes para analizar la viabilidad de las semillas, en el presente estudio se han optimizado y adecuado tres: un indicador de actividad metabólica como el Test del Tetrazolio, un indicador de daño/integridad como el Test de la Conductividad y un indicador de actividad enzimática como el Test de la Catalasa.

Por otra parte, además de estudiar la posibilidad de conservar *ex situ* a largo plazo este taxón, se ha estable-

cido un protocolo óptimo de germinación a partir del cual se ha realizado una primera aproximación al protocolo de producción y cultivo de la especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Semillas empleadas

La realización de las pruebas de viabilidad y de germinación se llevó a cabo a partir de semillas del Banco Activo, almacenadas en la cámara de secado a 12,5°C y 15% de Humedad Relativa (HR) durante 2 años, y a partir de semillas del Banco Base, almacenadas en la cámara de conservación a -18°C y 5-10% HR durante 2 años, con el fin de evaluar posibles diferencias entre ambos estados de conservación. Las semillas se recolectaron en su estado óptimo de maduración, en una población de Montes de Vitoria (Tabla 1 y 2).

Extracción de semillas de la cámara de conservación

Las muestras de semillas conservadas en la cámara de conservación (-18°C, 5-10% HR) y en la cámara de secado (12,5°C 15% HR) se seleccionaron aleatoriamente. Antes de proceder a realizar las pruebas de viabilidad y las siembras, se realizó un proceso de paulatina rehidratación y atemperamiento de las semillas. Las semillas conserva-

Fecha de recolección	03/10/2013
Lugar de recolección	Cerro de San Miguel, Montes de Vitoria. Subijana de Álava, Vitoria-Gasteiz (Álava)
UTM	30TWN1838
Altitud (m)	920
Hábitat	Megaforbio a pie de roquedo y cantil
Litología	Conglomerados

Tabla 1. - Datos de la población en la que se recolectaron las semillas de *L. pyrenaicum*.

Talla	6-8 x 5-7mm
Características Morfológicas	Circumalada
Estado de conservación	Banco Activo y Banco Base
Contorno	Obtriangular
Ornamentación	Ruminada
Color	Marrón
Sección	Plana
Número de cotiledones	Monocotiledónea

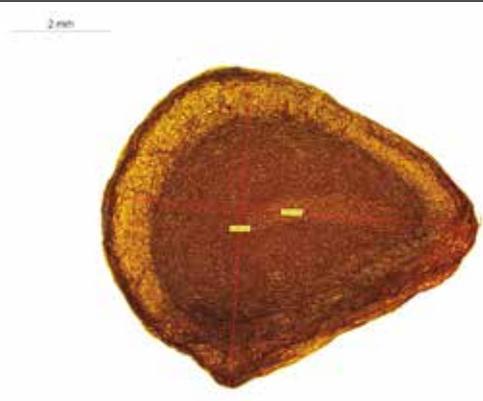



Tabla 2. - Caracterización morfo-colorimétrica de las semillas objeto de estudio.

das en la sala de conservación (Banco Base) se extrajeron y se depositaron en la cámara de secado durante 24 horas. Posteriormente, junto con las semillas ultradeseccadas (Banco Activo), conservadas en la cámara de secado, todas las muestras de semillas se extrajeron de la cámara de secado al laboratorio, manteniéndolas expuestas a las condiciones ambientales de laboratorio de temperatura y humedad (con valores medios de 20°C y 40% HR) durante otras 24 horas. Seguidamente, las semillas fueron introducidas en un envase hermético en ambiente saturado de humedad y temperatura ambiental durante otras 24 horas, antes de proceder a su siembra.

Desinfección

Con el objetivo de eliminar la contaminación fúngica durante el ensayo de germinación y las pruebas de viabilidad, se realizó una desinfección superficial de las semillas empleando hipoclorito de sodio al 1% durante 20 minutos (García *et al.*, 2007; Bachetta *et al.*, 2008). Posteriormente se realizaron varios lavados con agua destilada con el fin de eliminar los restos de hipoclorito.

Ensayos de viabilidad

Los ensayos de viabilidad se realizaron con las semillas tanto del Banco Activo como del Banco Base (T0). Con el fin de obtener información adicional también se realizaron, por un lado, con semillas no germinadas al finalizar los tratamientos control de los ensayos de germinación (T1), y por otro lado, con las semillas no germinadas al finalizar los diferentes tratamientos empleados en el resto de pruebas germinativas (T2). En estos dos casos se empleó una muestra aleatoria de 25 semillas del total de semillas no germinadas para cada tratamiento.

Test de Catalasa

Se embebieron 4 réplicas de 10 semillas cada tratamiento en 10 mL de disolución de peróxido de hidrógeno 3% p/v. Empleando tiras reactivas semicuantitativas Quantofix (1-1000mg/L) se realizaron mediciones de la concentración de peróxido cada hora durante las 8 horas de imbibición, repitiendo las medidas pasadas 24 y 30 horas.

Test de Conductividad

Se incubaron 10 semillas de cada tratamiento en viales de vidrio con 10 mL de agua desionizada. Posteriormente se realizaron medidas con un conductímetro Crison Basic 30 cada hora durante las primeras 8 horas de imbibición, repitiendo las medidas pasadas 24, 48, 72 y 96 horas a temperatura de laboratorio de 20,9°C.

Test de Tetrazolio

La prueba se llevó a cabo con 25 semillas de cada tratamiento. Para exponer el embrión de las semillas a la sal de Tetrazolio, se realizó una escarificación mecánica de cada una de las semillas con las que se llevó a cabo la prueba empleando un bisturí. Posteriormente, las semillas fueron embebidas durante 24 horas en 25 mL de una solución 1% Tetrazolio, en condiciones de oscuridad. Finalmente, se evaluó la coloración de cada una de las semillas empleando un equipo de microscopía estereoscópica apocromática Leica S8APO, obteniendo las imágenes digitales mediante el software asociado a dicho equipo, Leica LAS. Los criterios de identificación visual para evaluar las semillas fueron los propuestos por la International Seed Association (ISTA, 2003) para especies de la familia *Liliaceae*, los cuales indican que las semillas viables no pueden tener ningún tejido sin colorear tras la realización de la prueba, a excepción de una pequeña necrosis superficial en la parte exterior del endospermo, sin ninguna relación con la cavidad del embrión.

Ensayos de germinación: siembra y tratamientos

El medio de germinación empleado fue Agar al 1% esterilizado (autoclavado 20 minutos a 121°C) en placa Petri de 90 mm (Bachetta *et al.*, 2008; González de Arrilucea y Agut, 2013). Se sembraron 5 semillas por placa y un total de 5 placas por tratamiento, realizando recuentos de germinación tres veces por semana.

Con el objetivo de romper las dormiciones que presentan las semillas del género *Lilium*, y según los estudios analizados (Baskin and Baskin, 1989; Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006; Paric *et al.*, 2008) se realizaron pre-tratamientos germinativos. Estos consistieron en una combinación de estratificaciones en condiciones de oscuridad como paso previo a las distintas condiciones de ensayo, realizando posteriormente una escarificación manual para la eliminación de la testa. El esquema seguido en cada caso fue el siguiente:

- **Tratamiento Control:** las cuatro condiciones de ensayo establecidas: 15°C, 20°C, 20/10°C y 25/15°C, con fotoperíodo 12/12 horas luz/oscuridad, sin estratificaciones y sin escarificación.
- **Tratamiento 1A:** Estratificación fría (4°C, 60 días) + Estratificación templada (15°C, 60 días) + Condiciones ensayo (60 días).

- **Tratamiento 1B:** Estratificación fría (4°C, 60 días) + Estratificación templada (15°C, 60 días) + Condiciones ensayo (30 días) + Escarificación + Condiciones ensayo (30 días).
- **Tratamiento 2A:** Estratificación templada (15°C, 60 días) + Estratificación fría (4°C, 60 días) + Condiciones ensayo (60 días).
- **Tratamiento 2B:** Estratificación templada (15°C, 60 días) + Estratificación fría (4°C, 60 días) + Condiciones ensayo (30 días) + Escarificación + Condiciones ensayo (30 días).

Parámetros germinativos

Una vez finalizados los ensayos, los resultados se expresaron gráficamente mediante la curva de germinación obtenida en cada una de las condiciones de ensayo y se calcularon los siguientes parámetros germinativos, con el objetivo de establecer el protocolo óptimo de germinación:

- Velocidad de germinación (T50): corresponde al tiempo necesario para obtener el 50% de la capacidad germinativa del lote (Come, 1970).
- Retardo germinativo (RG): tiempo necesario para observar la primera semilla germinada (Bachetta *et al.*, 2008).
- Tiempo medio de germinación (GMT): permite conocer el tiempo medio de germinación de las semillas analizadas (Bachetta *et al.*, 2008).
- Valor pico (VP): es el porcentaje de germinación en un punto T respecto al número de días necesario para alcanzar este punto (Bachetta *et al.*, 2008).
- Germinación Media Diaria (GMD): indica el porcentaje de semillas que germina cada día (Bachetta *et al.*, 2008).
- Vigor de Germinación (VG): relaciona los parámetros Valor Pico (VP) y Valor de Germinación Media Diaria (GMD) y mide la calidad germinativa resultante de ambas variables. Un mayor valor indica mejor calidad germinativa (Bachetta *et al.*, 2008).

Análisis estadísticos

Con el objetivo de conocer si existían diferencias significativas entre las distintas condiciones de ensayo y los distintos tratamientos, se analizaron los resultados de germinación final obtenidos en los ensayos de germinación con el software estadístico R (R Development Core Team, 2015). El procedimiento seguido atendió a un modelo de regresión binomial, un ensayo de Bernoulli (Hosmer and Lemeshow, 1989) en el cual la variable aleatoria se ajustó a dos resultados posibles: éxito (germinación) o fracaso (no germinación), donde p = probabilidad de éxito y su varianza = $p(1-p)$. A su vez, se consideró como variable continua del modelo la temperatura, y el tratamiento como variable categórica.

RESULTADOS

Test de Tetrazolio

Al igual que indican las reglas de la International Seed Association (ISTA, 2003), las semillas viables de *L. pyrenaicum*, adquirieron una coloración completa tanto del embrión como del endospermo, mientras que las no viables no se colorearon (Fig. 3). Los porcentajes de viabilidad obtenidos fueron elevados, alcanzando entre un 78 y 84% (Tabla 3), no observándose diferencias significativas ni entre estados de conservación ni entre tratamientos.

Test de Catalasa

El peróxido se redujo antes de las primeras 6 horas, independientemente del tratamiento y/o estado de conservación de las semillas (Fig. 4). Por ello, las semillas de este taxón se consideraron viables, ya que la reducción del peróxido debido a la actividad catalasa fue completa (Reff, 1980).

Test de Conductividad

Los resultados de la prueba de conductividad para los dos tratamientos de conservación mostraron patrones similares (Fig. 5). Las semillas sometidas al tratamiento control (T1) en los dos estados de conservación, mostraron los menores valores de conductividad, seguido de las semillas sometidas a tratamiento (T2). Por otro lado, las semillas originales (T0) tanto del Banco Base como del Banco Activo, fueron las que obtuvieron valores más altos de conductividad. En ambos casos, no se observó ningún lote de semillas con una conductividad elevada, a diferencia de lo descrito por otros autores (Soto y Valeri, 2011; Milosevic *et al.*, 2010), donde los lotes de semillas no viables presentaban elevadas cantidades de iones lixiviados y por tanto valores elevados de conductividad frente a los lotes viables. Además, se observó una estabilización de la cantidad de iones lixiviados a medida que avanzaban las horas, debido a la reorganización de las membranas (Salinas *et al.*, 2001), parámetro que fue igualmente in-

Tratamiento	Semillas viables	Semillas no viables	Porcentaje viabilidad
T0 Banco Activo	16	9	84%
T0 Banco Base	15	10	80%
T1 Banco Activo	17	8	78%
T1 Banco Base	16	9	84%
T2 Banco Activo	16	9	84%
T2 Banco Base	15	10	80%

Tabla 3. - Porcentajes de viabilidad obtenidos tras el Test de Tetrazolio.

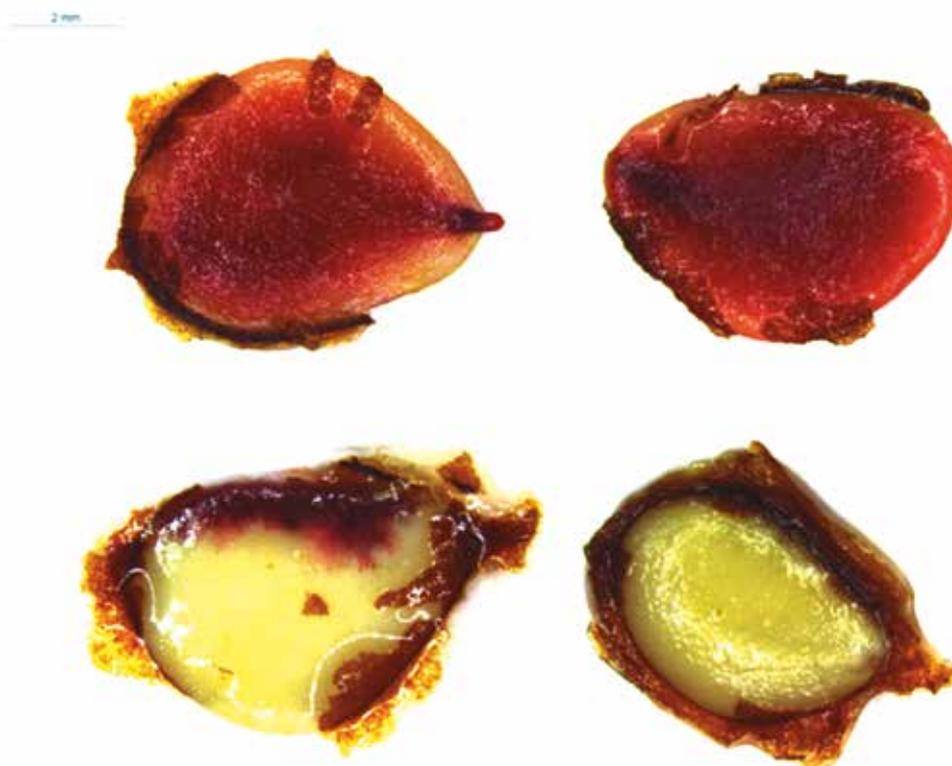


Fig. 3. - Coloración de semillas de *L. pyrenaicum* finalizado el Test de Tetrazolio. Arriba: semillas viables. Abajo: semillas no viables.

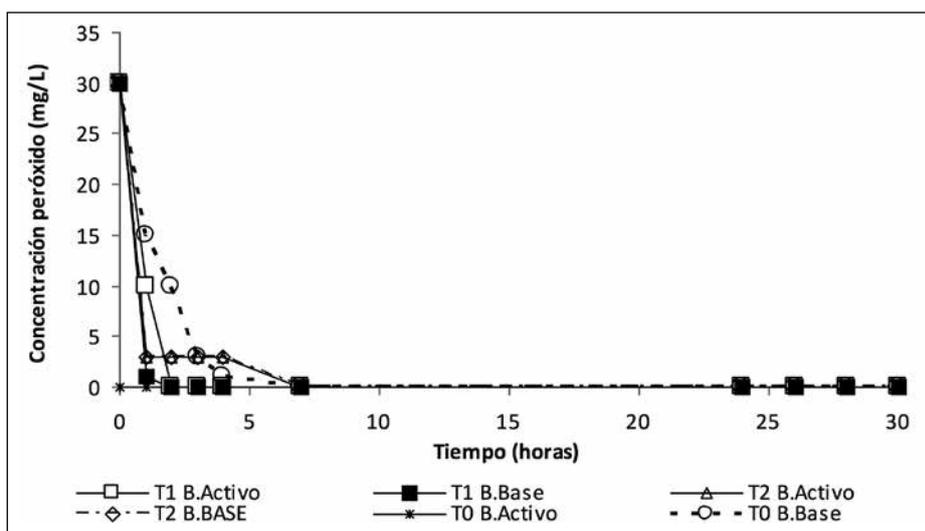


Fig. 4. - Reducción de peróxido de hidrógeno en semillas de *L. pyrenaicum* durante el Test de Catalasa.

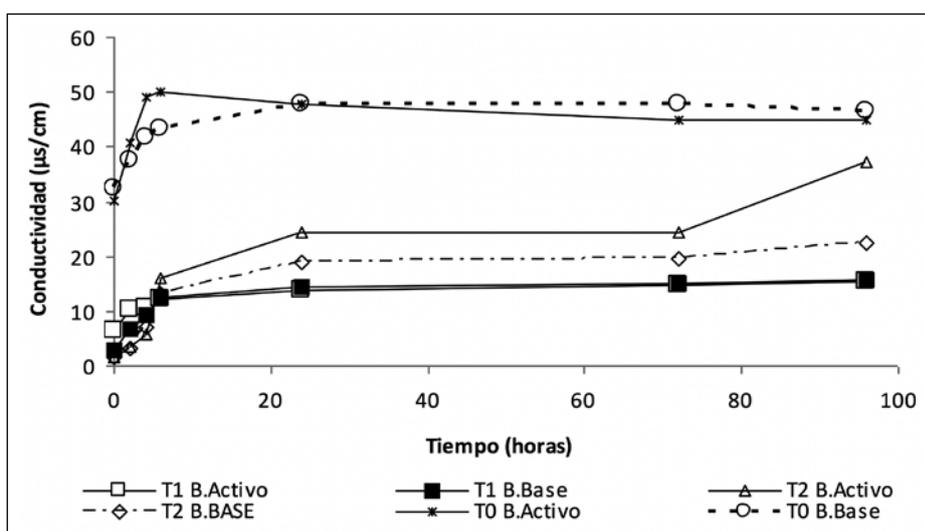


Fig. 5. - Lixiviación de iones durante el Test Conductividad.

dicativo para establecer como viables las semillas de *L. pyrenaicum* conservadas *ex situ*.

Ensayos de germinación y parámetros germinativos

Tanto para semillas del Banco Base como para semillas del Banco Activo, los mayores porcentajes germinativos se obtuvieron realizando la escarificación (Tratamiento 1B y 2B), ya que en aquellas semillas no escarificadas (Control, Tratamiento 1A y 2A), sólo germinaron las semillas del Banco Activo del Tratamiento 2A en condiciones de ensayo de 15°C y 20/10°C, con porcentajes muy bajos, 16% y 20% respectivamente. En cambio, con las semillas escarificadas, se obtuvieron germinaciones en todos los tratamientos (1B y 2B), alcanzando los porcentajes más elevados a 15°C, en todos los casos (Fig. 6). El protocolo óptimo de germinación para semillas del Banco Activo, obteniendo un 84% de germinación (Fig. 7) fue el Tratamiento 2B a 15°C y fotoperiodo 12/12 h luz/oscuridad. Además, los parámetros germinativos indicaron que con este trata-

miento, la germinación de *L. pyrenaicum* es más rápida. De hecho, cuando la velocidad de germinación comienza a descender (VP), las semillas que se encontraban a esta temperatura alcanzaron un mayor porcentaje de germinación que el resto de tratamientos, diferencia que se mantuvo hasta que terminó el ensayo. A su vez, las semillas alcanzan el 50% de germinación en un día y logran la Germinación Media Diaria (GMD) más alta de todos los tratamientos realizados (3días). Estos datos, junto con el Vigor de Germinación (VG) más elevado obtenido, afianzan el hecho de que este tratamiento es el más favorable para la germinación de las semillas de *L. pyrenaicum* (Tabla 4).

Por otra parte, el porcentaje germinativo más elevado obtenido con semillas del Banco Base fue del 72% (Tratamiento 1B), ligeramente inferior al 84% obtenido con las semillas del Banco Activo, lo cual indica una ligera pérdida de la viabilidad de las semillas tras el proceso de conservación. A su vez, es destacable que este 72% se obtuvo a la misma temperatura de ensayo que el óptimo obtenido con semillas del Banco Activo (15°C) pero invirtiendo el or-

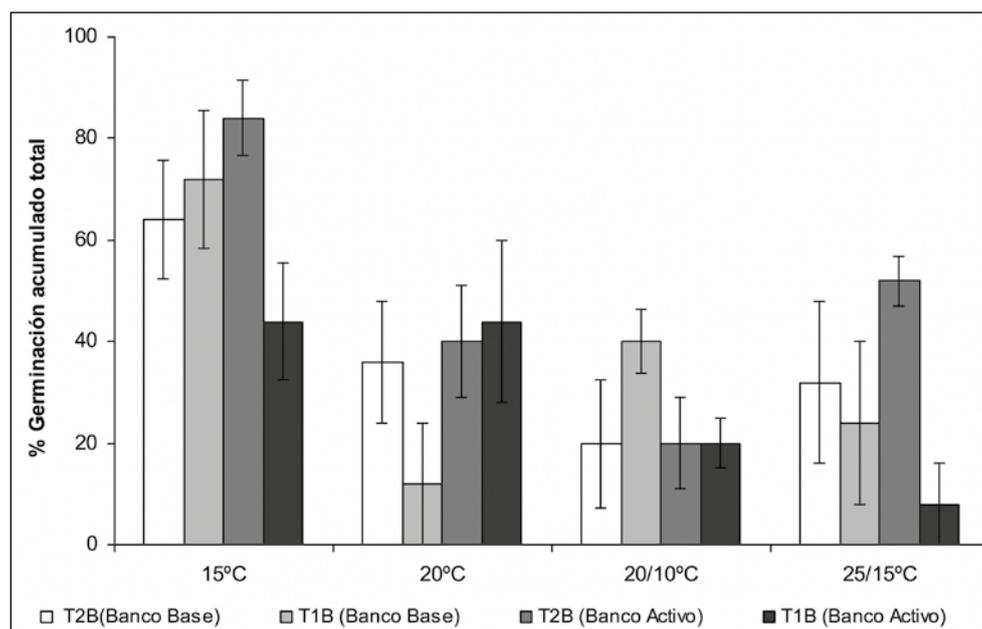


Fig. 6. - Resultados germinación acumulada en semillas escarificadas.

	TRATAMIENTO	Tª (°C)	T50 (Días)	GMT (Días)	VP	GMD (%)	RG (Días)	VG	GERM± E.S. (%)
SEMILLAS BANCO BASE	TRATAMIENTO 1B	15	4	4.8	18	2.4	2	43.2	72± 13,56
		20	10	2.2	1.09	0.4	2	0.43	12± 12
		20/10	9.88	10.4	3.27	1.33	2	4.35	40± 6,32
		25/15	4.75	2.05	2.28	0.8	2	1.824	24± 16
	TRATAMIENTO 2B	15	1.33	4.04	24	2.133	2	51.19	64± 11,66
		20	1.5	1.5	12	1.2	2	14.4	36±12
		20/10	1.25	1.73	8	0.667	2	5.33	20±12,64
		25/15	1.33	2.5	12	1.066	2	12.79	32± 16
SEMILLAS BANCO BASE	TRATAMIENTO 1B	15	2.2	6.8	1.71	1.466	2	2.51	44± 11,66
		20	1.57	3.58	14	1.466	2	20.52	44± 16
		20/10	14.75	10	0.75	0.667	2	0.501	20± 0
		25/15	1	0.4	4	0.267	2	1.068	8± 8
	TRATAMIENTO 2B	15	1.235	5.12	34	3	2	102	84± 7,48
		20	1.25	2.43	16	1.428	2	22.72	40± 10,95
		20/10	1,25	2.2	8	0.714	2	5.71	20± 8,94
		25/15	1	2	26	1.85	2	48.1	52± 4,89

Tabla 4. - Resultados obtenidos de los parámetros germinativos calculados.

den de las estratificaciones, es decir, tras realizar primero la estratificación fría (4°C) y posteriormente la estratificación templada (15°C) (Fig. 8).

Análisis estadísticos

Los modelos estadísticos indicaron que para las semillas procedentes del Banco Activo, el pretratamiento fue el parámetro significativo, el principal factor para obtener

el éxito germinativo (Tabla 5). A su vez, el efecto de las temperaturas de ensayo también fue importante, aunque con menor significancia, afianzando que la temperatura de ensayo de 15°C favorece la germinación de *L. pyrenaicum* respecto al resto de condiciones. En cambio, en las semillas procedentes del Banco Base, los modelos indicaron una mayor significatividad del efecto debido a las condiciones de ensayo, frente al pretratamiento para lograr la germinación (Tabla 6).

	Parámetros estimados	Error estándar	Valor de z	Pr(>|z|)
β_0	4,0093	1,4861	2,698	0,00698**
$\beta_1(\text{pret})$	-0,9527	0,1608	-5,924	3,14e-09***
$\beta_2(\text{temp})$	2,3735	2,0192	1,175	0,23981
$\beta_3(\text{temp}^2)$	-1,7733	0,9088	-1,951	0,05101.
$\beta_4(\text{temp}^3)$	0,2854	0,1224	2,332	0,01968*
LnOdds= $\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{pret} + \beta_2 \cdot \text{temp} + \beta_3 \cdot \text{temp}^2 + \beta_4 \cdot \text{temp}^3$				
LnOdds= $4,0093 - 0,9527 \cdot \text{pret} + 2,3735 \cdot \text{temp} - 1,7733 \cdot \text{temp}^2 + 0,2854 \cdot \text{temp}^3$				

Tabla 5. - Modelo de Regresión Binomial Logística para semillas de *L. pyrenaicum* del Banco Activo.

*** Nivel de significancia de 0,001
 ** Nivel de significancia de 0,01
 * Nivel de significancia de 0,05.

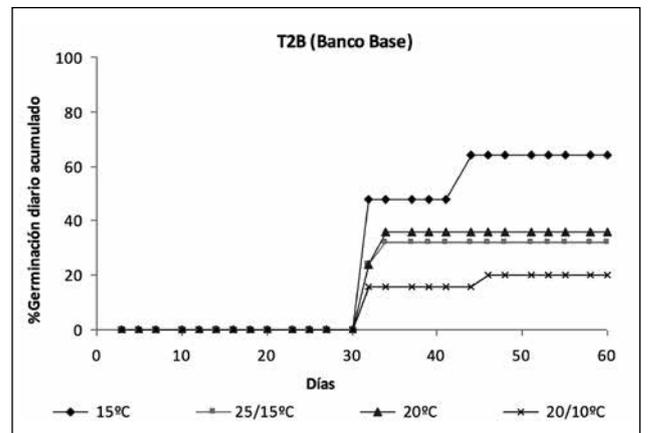
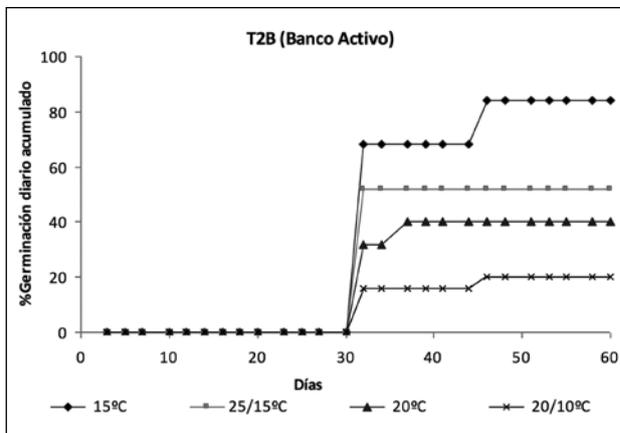
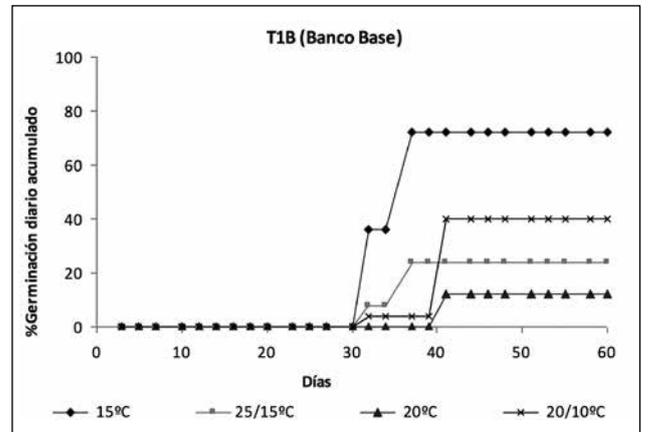
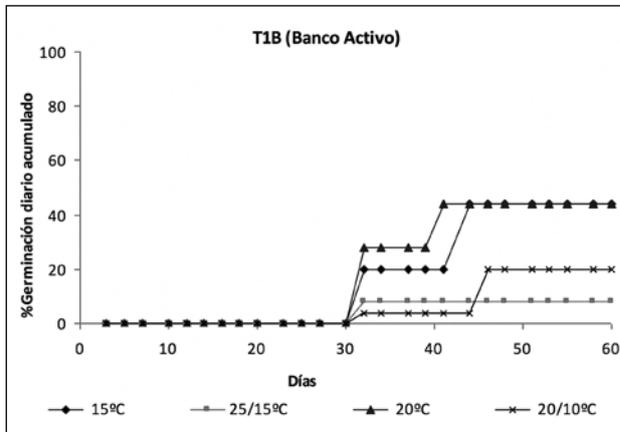


Fig. 7. - Resultados de germinación acumulada diaria para semillas del Banco Activo.

Fig. 8. - Resultados de germinación acumulada diaria para semillas del Banco Base.

	Parámetros estimados	Error estándar	Valor de z	Pr(>|z|)
β_0	8,3742	1,5133	5,534	3,14e-08***
$\beta_1(\text{pret})$	-0,2949	0,1512	-1,950	0,051164
$\beta_2(\text{temp})$	-9,1930	2,0381	-4,511	6,47e-06***
$\beta_3(\text{temp}^2)$	3,2620	0,8966	3,638	0,000275***
$\beta_4(\text{temp}^3)$	-0,3584	0,1184	-3,028	0,002461**
LnOdds= $\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{pret} + \beta_2 \cdot \text{temp} + \beta_3 \cdot \text{temp}^2 + \beta_4 \cdot \text{temp}^3$				
LnOdds= $8,3742 - 0,2949 \cdot \text{pret} - 9,1930 \cdot \text{temp} + 3,2620 \cdot \text{temp}^2 - 0,3584 \cdot \text{temp}^3$				

Tabla 6. - Modelo de Regresión Binomial Logística para semillas de *L. pyrenaicum* del Banco Base.

*** Nivel de significancia de 0,001
 ** Nivel de significancia de 0,01
 * Nivel de significancia de 0,05.

DISCUSIÓN

La conservación *ex situ* de especies amenazadas en Jardines Botánicos y Bancos de Germoplasma resulta fundamental para la ejecución de planes de restauración y/o de recuperación de poblaciones (Godefroid *et al.*, 2011). En los Bancos de Germoplasma, el material depositado es de gran valor, y por ello resulta fundamental la evaluación periódica de su calidad propagativa, dado que la viabilidad de las semillas se reduce con el tiempo y las condiciones de almacenamiento (Probert *et al.*, 2009). Para ello la mejor opción es, una vez que se establecen las condiciones precisas para cada especie, la realización de pruebas de germinación. El principal inconveniente de estas pruebas es que son muy costosas tanto en tiempo como en recursos e implican la utilización de una gran cantidad de material propagativo, en este caso semillas. En cambio, la realización de pruebas de viabilidad se presenta como una alternativa más rápida y económica a la realización de ensayos de germinación, en la que se establece la calidad del material en base a la realización de pruebas que reflejen alguna actividad biológica. Sin embargo, al igual que los ensayos de germinación, las pruebas de viabilidad exigen su optimización para cada especie. En el presente trabajo se ha puesto a punto el protocolo de germinación y evaluación de la viabilidad de semillas para *L. pyrenaicum*, especie de interés para la conservación y sobre la que es urgente el desarrollo de estos protocolos ya que no existe a día de hoy ninguna información ni estudio al respecto.

Se estudió la aplicabilidad de tres tests de viabilidad (Tetrazolio, Conductividad y Catalasa) para establecer la calidad del material conservado *ex situ*. Los porcentajes de viabilidad obtenidos con la prueba del Tetrazolio y los porcentajes de germinación fueron similares pero ligeramente más elevados en las semillas conservadas en el Banco Activo respecto a las semillas del Banco Base. Esta similitud entre viabilidad y germinación nos indica que los tratamientos empleados para establecer los protocolos germinativos fueron adecuados y que el test es adecuado para evaluar las semillas de esta especie. Además, sugiere una posible relación del efecto de un menor contenido de humedad y el envejecimiento de las semillas con la pérdida de viabilidad y germinabilidad, retos a los que debe hacer frente la conservación *ex situ* a largo plazo.

En concordancia con el papel fundamental de la catalasa en la fisiología de la semilla, el Test de Catalasa fue también un buen indicador de viabilidad. Debido a la actividad catalasa de las semillas, se redujo el peróxido por completo, lo cual permitió considerar las semillas como viables. Y es que, se ha descrito que la disminución en la actividad catalasa muestra una relación directa con la eficiencia de germinación. En ausencia de actividad de esta enzima, no se eliminan los radicales libres y se acumulan en las semillas, resultando en la pérdida completa de la viabilidad de la semilla (Bailly *et al.*, 1996).

En comparación con los dos test anteriores, que se basan en actividades metabólicas, el Test de la Conductividad se basa en la medida del nivel de daño de los tejidos

de las semillas, que se manifiesta en forma de mayor o menor capacidad de retención de electrolitos. No se observaron diferencias significativas en los valores de conductividad de *L. pyrenaicum* comparando los dos estados de conservación. En ambos casos, se observó una estabilización de los iones lixiviados a medida que avanzaban las horas, una vez finalizado el pico alcanzado durante las primeras horas. Tanto los valores bajos de conductividad, como la estabilización de los mismos a medida que transcurre el período de imbibición, son factores indicativos de la reorganización de las membranas en semillas viables (Soto y Valiengo, 2011), por lo que las semillas de este taxón se consideraron viables al finalizar esta prueba.

Las condiciones de propagación de este género han sido muy estudiadas dado su uso ornamental, pero ningún trabajo se refiere de modo específico a esta especie, únicamente a algunas especies con características ecológicas similares (Royal Botanic Gardens, 2015; Paric *et al.*, 2008). Finalizado el ensayo, se observó que la eliminación de la testa de la semilla fue el factor indispensable para alcanzar un buen porcentaje de germinación, además de la combinación de estratificaciones. De acuerdo con Paric *et al.* (2008) y JiaJun *et al.* (2009), en este estudio se comprobó que la presencia de la testa inhibe la germinación de las semillas de esta especie. Igualmente es destacable que mientras que en semillas del Banco Activo el pretratamiento fue crucial para obtener porcentajes altos, en las del Banco Base el principal factor que determinó el porcentaje de germinación fue la temperatura (Tabla 5 y 6). En resumen, se consiguieron eliminar las dormiciones morfofisiológicas características de las semillas de *L. pyrenaicum*, las cuales habían impedido la germinación en otros trabajos previos. Con todo ello se estableció como protocolo óptimo de germinación el Tratamiento 2B: combinación de una estratificación templada (15°C, oscuridad) con una estratificación fría (4°C, oscuridad) seguido de 30 días a condiciones de ensayo (15°C, 12/12 horas luz/oscuridad), tras los cuales se realizó una escarificación, para finalizar introduciendo las semillas durante 30 días a condiciones de ensayo (15°C, 12/12 horas luz/oscuridad). Este tratamiento permitió obtener un porcentaje de germinación del 84%, en las semillas conservadas en las condiciones del Banco Activo.

Los resultados de germinación y viabilidad comparados en este estudio entre semillas del Banco Activo y del Banco Base permiten afirmar que *L. pyrenaicum* puede ser conservada *ex situ* a largo plazo en bancos de germoplasma. Sería conveniente seguir llevando a cabo nuevos estudios con semillas frescas, de cara a estudiar los efectos de las condiciones de conservación en la viabilidad de las semillas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agut, A., 2012. El Banco de Germoplasma Vegetal del Jardín Botánico de Olárizu. *Biogaia* 6-7.
- Agut, A., 2014. Conservación de la flora amenazada de los Montes de Vitoria. *El Botánico* 12-15.

- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarria, P. M., Urrutia, P., Zorrakin, I., 1999. Claves ilustradas del País Vasco y territorios limítrofes. Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- Anthos.2011, [2015]. Information System of the plants of Spain. Real Jardín Botánico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Fundación Biodiversidad. Disponible en: www.anthos.es. (Consulta 2 de junio de 2015).
- Bachetta, G., Bueno, A., Fenu, G., Jimenez, B., Mattana, E., Piotto, B., Virevaire, M., 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. La Caixa, Principado de Asturias.
- Bañares, A., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J. C., Ortiz, S., 2010. Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid.
- Baskin, J. M., Baskin, C. C., 1989. Seed Germination Ecophysiology of *Jeffersonia diphylla*, a Perennial Herb of Mesic Deciduous Forest. *American Journal of Botany* 76(7), 1073-1080.
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., Côme, D., 1996. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. *Physiologia Plantarum* 97, 104-110.
- Castroviejo, S., 2014. Flora iberica, Volumen XX. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Côme, D., 1970. Les obstacles a la germination. Masson, París.
- Dhyani, A., Sharma, G., Bhagwati, P. N., Mohan, C. N., 2014. Propagation and conservation of *Lilium polyphyllum* D. Don ex Royle. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 1, 144-147.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora silvestres.
- Ferrer, P. P., Ferrando, I., Gago, C., Laguna, E., 2013. Manual para la conservación de germoplasma y el cultivo de la flora valenciana amenazada. Colección Manuales Técnicos Biodiversidad. Conselleria d'infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana, Valencia.
- Finch-Savage, W. E., Leubner-Metzger, G., 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* 171(3), 501-523.
- García, Y., Freire, M., Tejada, M., Reyes, M. 2007. Germinación *in vitro* de semillas de *Dendrocalamus strictus* (Rosb.) Nees. *Biociencia Vegetal* 7(1), 41-44.
- Godefroid, S., Rivière, S., Waldren, N., Boretos, R., Vanderborcht, T., 2011. To what extent are threatened European plant species conserved in seed banks *Biological conservation* 144(5), 1494-1498.
- Gómez-Campo, C., 1985. Plant conservation in the mediterranean area. W. Junk Publishers, Dordrecht (Holanda).
- González de Arrilucea, G., Agut, A. (com. Pers.), 2013. Desarrollo de mejoras e innovación en el protocolo de ensayos de germinación de semillas del Banco de Germoplasma del Jardín Botánico de Olarizu. Banco de Germoplasma Vegetal, Centro de Estudios Ambientales, Vitoria-Gasteiz.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., 1989. Applied Logistic Regression. John Wiley and Sons, Nueva York.
- ISTA, 2003. Working Sheets on Tetrazolium Testing. Agricultural, Vegetable and Horticultural Species. International Seed Association, Suiza.
- JiaJun, L., Lan, P., Yifei, L., JingZhu, G., 2009. Embryo culture of interspecific hybrids from *Lilium lancifolium* Thunb. *Journal of Shenyang Agricultural University* 40(1), 84-87.
- Milosevic, M., Vujakovic, M., Karagic, D., 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika* 42, 103-118.
- Paric, A., Hindija, J., Muratovic, N., Pojskic, N., Bajrovic, K., 2008. Breaking dormancy of two endemic *Lilium* species: *Lilium bosniacum* (G.Beck) Beck ex Fritsch and *Lilium martagon* L. var. *cattaniae*. *Vis. Seed Science and Technology* 36(3), 788-791.
- Phartyal, S. S., Thapliyal, R. C., Koedman, N., Godefroid, S., 2002. *Ex situ* conservation of rare and valuable forest tree species through seed-gene bank. *Current Science* 83, 1351-1357.
- Probert, R. J., Daws, M. I., Hat, R. F., 2009. Ecological correlates of *ex situ* seed longevity: a comparative study on 195 species. *Annals of Botany* 104(1), 57-69.
- R Development Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena.
- Reff, G. O., 1980. Peroxide Levels and the Activities of Catalase, Peroxidase, and Indoleacetic Acid Oxidase during and after Chilling Cucumber Seedlings. *Plant Physiology* 65, 407-408.
- Remón, J. L., Gómez, D., García-González, R., 2009. Megaforbios eótrofos e higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino. En: VV.AA, Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Royal Botanic Gardens Kew. 2015. Seed Information Database (SID). Disponible en: <http://data.kew.org/sid/>. (Consulta enero de 2015).
- Salinas, A. R., Yoldijan, A. M., Cracvotto, R. M., Bisaro, V., 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(2), 371-379.
- Soto, J. L., Valeri, S., 2011. Electrical conductivity test in the evaluation of physiological quality in seeds of *Zeyheria tuberculosa*. *Bosque* 32(2), 197-202.
- Uribe-Echebarria, P. M., 2012. Estudio de la Flora Vascular de Montes de Vitoria (Álava). Centro de Estudios Ambientales, Ingurugiro Galetarako Ikastegia. Vitoria-Gasteiz. Inédito.
- Witt, S., 1985. Biotechnology and genetic diversity. California Agricultural Lands Project, San Francisco.

Flora amenazada y vegetación del monte Jaizkibel

Threatenet flora and vegetation in Jaizkibel mountain

Anaïs Mitxelena¹, Leire Oreja¹, Yoana García¹, Mari Azpiroz¹

¹ Departamento de Botánica, Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagaina 11, 20014 Donostia-San Sebastián
Correspondencia: botanika@aranzadi.eus

RESUMEN

Se aporta la cartografía actualizada entre 2017 y 2020 de los hábitats y el inventario de la flora amenazada de la Zona Especial de Conservación Jaizkibel (ES2120017). En un área comprendida de 2.470 ha, el 63 % está ocupado por 21 hábitats naturales y seminaturales, de los cuales 12 son hábitats de interés comunitario. Respecto a la flora amenazada se nombran 19 especies citadas de las que cabe destacar por su grado de amenaza en la Comunidad Autónoma Vasca *Drosera intermedia* Hayne y *Thelypteris palustris* Schott. La presencia de 4 de las especies citadas no ha podido ser confirmada. La diversidad de formaciones vegetales y el número elevado de plantas amenazadas, hacen del monte Jaizkibel un área importante desde el punto de vista botánico, de ahí el aumento de estudios y trabajos encaminados a la conservación del lugar.

PALABRAS CLAVE: Cartografía, hábitats, flora amenazada, conservación, Jaizkibel.

ABSTRACT

The habitat cartography updated between 2017 and 2020 has been provided as well as the inventory of the threatened flora in Jaizkibel Special Area of Conservation. In an area of 2,470 ha, 63% is occupied by 21 natural and semi-natural habitats and twelve of these are community interest habitats. Regarding endangered 19 species have been mentioned and especially notable due to their degree of endanger in the Basque Autonomic Community are *Drosera intermedia* Hayne and *Thelypteris palustris* Schott. However, it has not been possible to confirm the presence of four of the previously mentioned species. The diversity of the vegetal formation and the great number of the threatened plants render the Jaizkibel mountain an important area from the botanical point of view, consequently there is an increase in the number of studies and works aimed at the preservation of this zone.

KEY WORDS: Cartography, habitat, threatened flora, preservation, Jaizkibel.

INTRODUCCIÓN

Durante años, el paisaje del monte Jaizkibel ha sido modelado por la intensa intervención humana. Su vegetación potencial, formada mayoritariamente por marojal, y, en menor medida por robledal, vegetación típica de acantilados costeros y aliseda, ha sido modificada hasta conseguir como resultado el paisaje que presenta actualmente el macizo: un paisaje mucho más complejo formado por un mosaico de pequeñas manchas de bosques, grandes superficies de matorrales, prados y pastos, plantaciones forestales y acantilados costeros (Mitxelena *et al.*, 2014).

Del mismo modo, la localización de Jaizkibel, en plena costa cantábrica, y su orografía compleja han ayudado en parte a esta diversidad de hábitats y microhábitats, lo que a su vez ha facilitado la presencia de plantas endémicas o poco comunes en la zona. Son de destacar, por ejemplo, las comunidades herbáceas y fruticasas y algunas especies de flora casmofítica silicícola características del medio salino y ventoso que encuentran cabida en los escabrosos acantilados litorales, los prados de *Molinia* que ocupan suelos con un nivel freático alto o algunos helechos paleotropicales que buscan cobijo en los encajonados y sombríos valles que dan al mar.

Así, dada la enorme diversidad biológica que alberga, Jaizkibel fue designado en 2013 Zona Especial de Conservación (DECRETO 357/2013). Igualmente, se asignaron medidas de conservación necesarias para el mantenimiento o el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y seminaturales y especies silvestres más interesantes.

No obstante, los trabajos sobre los hábitats y flora del lugar previos a la designación de Jaizkibel como Zona especial de Conservación (ZEC) fueron más bien escasos, al igual que ocurrió con los trabajos sobre el resto de las áreas de ciencias naturales. Además, esta información sobre el patrimonio natural de Jaizkibel se encontraba dispersa en distintas publicaciones y, por ello, fue recopilada en un monográfico denominado *Revisión sobre el patrimonio natural de la montaña de Jaizkibel (Gipuzkoa, País Vasco)* publicado en 2014 (Arizaga (Ed.), 2014). En lo que respecta a la rama botánica, hasta entonces solamente existían estudios sobre determinados hábitats o especies de la zona, como trabajos de gestión de turberas y esfagnales (Zendoia *et al.*, 2003; Zendoia *et al.*, 2006; Zendoia *et al.*, 2007; Heras *et al.*, 2009; Azpiroz *et al.*, 2013) u observaciones de flora realizadas intencionadas o al azar

(Allorge and Allorge. 1941; Braun-Blanquet, 1967; Catalán y Aizpuru, 1985).

Esta tendencia, de poca actividad investigadora en dicho monte, ha sido claramente invertida a partir de la designación como ZEC del lugar. En apenas siete años el número de trabajos de investigación y gestión del medio natural en general sufre un aumento considerable. Solamente, en lo que respecta al seguimiento, la conservación y la gestión de la flora vascular y vegetación, entre 2014 y 2020 se han llevado a cabo más de una docena de estudios y/o proyectos tal como se detalla más abajo en el apartado *Resultados*.

Este artículo pretende recopilar los datos de vegetación y flora amenazada de Jaizkibel, actualizando gran parte de la cartografía de hábitats naturales y seminaturales mediante la inclusión de datos obtenidos entre 2017 y 2020 (Mitxelena *et al.*, 2018; Garmendia *et al.*, 2018) y, al no observarse cambios, manteniendo la lista de la flora amenazada presentada en 2014, a raíz del trabajo recopilatorio de hábitats y flora amenazada realizado para el monográfico de Jaizkibel (Mitxelena *et al.*, 2014).

ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se centra en ZEC Jaizkibel (ES2120017) (Fig.1). Esta superficie montañosa es considerada como el límite oeste (W) de la cadena montañosa de los Pirineos. Ubicada en plena costa cantábrica, está incluida en los municipios de Pasaia (Donibane), Lezo y

Hondarribia de la provincia Gipuzkoa (norte de España). El clima es oceánico con temperaturas suaves y precipitaciones elevadas, con valores medios anuales en torno a los 1.200 l/m² y los 11,6 °C respectivamente (Mitxelena *et al.*, 2014). En total, se calcula una superficie de 2.470 ha con un rango altitudinal que va desde los 0 m, a nivel del mar, hasta los 540 m. Se trata de una elevación montañosa de geomorfología compleja, orientada de suroeste (SW) a noreste (NE) en el que predomina la vertiente norte frente a la sur. El sustrato arenoso es dominante y la vertiente NE incluye areniscas y conglomerados, mientras que la vertiente SW incluye rocas algo más diversas.

Actualización de la cartografía de hábitats

El mapa de vegetación base de este trabajo ha sido la unión de la cartografía de los hábitats costeros de interés comunitario realizado en 2017 a escala 1:2.000 (Garmendia *et al.*, 2018) con la cartografía de los hábitats pascícolas realizada en 2018 a escala 1:5.000 (Mitxelena *et al.*, 2018).

Se han calculado los siguientes datos con cada hábitat natural y seminatural de Jaizkibel: superficie en hectáreas para cada hábitat y porcentaje que ocupa el hábitat en relación con la superficie total de Jaizkibel.

Para la discusión de los datos de los hábitats naturales y seminaturales se han consultado el mapa de ZECs oficiales de la Comunidad Autónoma Vasca (CAV) (Gobierno Vasco, 2016), el mapa de Hábitats de Interés Comunitario (Gobierno Vasco, 2013) y el mapa de vegetación potencial (Biurrun *et al.*, 2011). De este modo se calcularon datos de interés como el porcentaje que ocupan los hábitats natura-

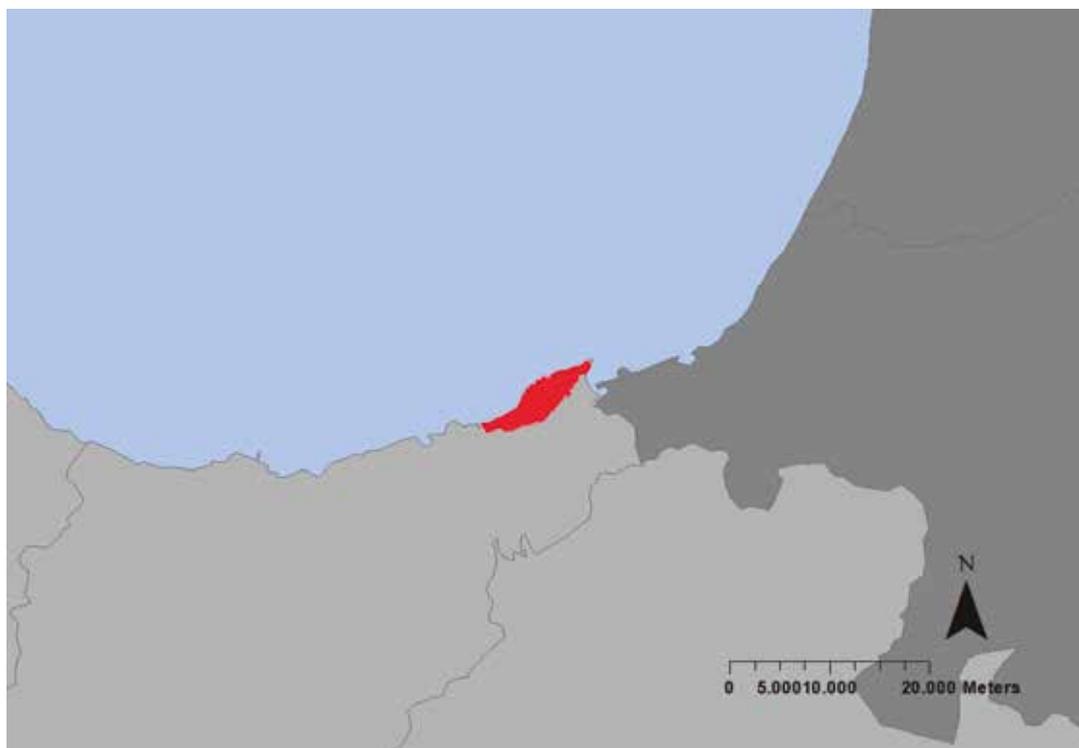


Fig. 1. - Localización de la ZEC Jaizkibel.

les y seminaturales de Jaizkibel en relación con la superficie de los hábitats en toda la CAV o en la Red Natura 2000 (RN2000) de toda la CAV o en relación con la superficie potencial en Jaizkibel.

Listado y revisión de la flora amenazada

Se ha utilizado la lista de la flora amenazada aportada en el artículo presentado en el monográfico de Jaizkibel por Mitxelena *et al.* (2014). El listado incluye las especies que aparecen en la legislación vigente: los anexos II, IV y V de la Directiva Hábitat 92/43/CEE (DOCE, 1992), la Lista Roja Española (Moreno *et al.*, 2011) y el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas (BOPV, 2011).

Para la discusión sobre la flora amenazada se han utilizado datos provenientes de nuevas citas bibliográficas, observaciones directas y proyectos de seguimiento y conservación en el entorno de Jaizkibel realizados a posteriori (Etxeberria *et al.*, 2018; Garmendia *et al.*, 2017; Mitxelena *et al.*, 2016a; Mitxelena *et al.*, 2016b; Mitxelena *et al.*, 2017a; Mitxelena *et al.*, 2017b; Sanz-Azkue *et al.*, 2014).

Recopilación de las actuaciones de conservación

Se ha efectuado una revisión bibliográfica de los proyectos de seguimiento y conservación de la flora y vegetación realizadas en Jaizkibel desde su inclusión como ZEC en 2013 por las distintas administraciones para la discusión de los datos.

RESULTADOS

Hábitats naturales y seminaturales

De las 2.470 ha del área de estudio, 1.549 ha (63%) son hábitats naturales y seminaturales distribuidos en 21 tipos de hábitats EUNIS (Tabla 1). Una superficie de 897 ha (36% del área de estudio) está ocupada por 12 hábitats de interés comunitario de los cuales 5 se consideran prioritarios. Un hábitat se considera prioritario cuando está amenazado de desaparición y su conservación supone una especial responsabilidad para la Unión Europea.

Mapa de vegetación y otros usos

El mapa de vegetación actual (Fig. 2) difiere mucho del de la potencial, es decir, del mapa de vegetación climática que presentaría Jaizkibel sin la intervención humana que está constituido por marojales (79%), robledales (13%), acantilados costeros (4%) y alisedas (4%) (Biurrun *et al.*, 2011). Salvo los acantilados costeros, el resto de los hábitats potenciales han sido sustituidos tanto por hábitats seminaturales como por artificiales en una gran parte de su extensión. En especial, los marojales y las alisedas han sido sustituidos en más del 90% de su superficie.

Hábitats EUNIS naturales y seminaturales presentes en la actualidad en Jaizkibel

Se realiza el siguiente agrupamiento en función de los tipos de hábitats EUNIS naturales y seminaturales que se

Nombre de hábitats EUNIS	DH	CE	S	%ZEC
Acantilados y rocas costeras sin vegetación		B3.23	55	2
Repisas y acantilados costeros con angiospermas halófilas	1230	B3.31	24	1
Trampales acidófilos-esfagnales	7140	D2.3	6	<1
Trampales de <i>Cladium mariscus</i>	7210*	D5.24	<1	<1
Praderas silicícolas de <i>Deschampsia flexuosa</i>	6230*	E1.73	146	6
Prados pastados y pastos no manipulados		E2.11	64	3
Prados de siega atlánticos, no pastoreados	6510	E2.21	41	2
Prados húmedos acidófilos dominados por <i>Molinia</i>	6410	E3.51	139	6
Helechales atlánticos y subatlánticos, colinos		E5.31(X)	97	4
Zarzal acidófilo atlántico, con espinos (<i>Rubus</i> gr. <i>glandulosus</i>)		F3.13	40	2
Argomal atlántico de <i>Ulex europaeus</i>		F3.15(Y)	226	9
Brezal húmedo con <i>Erica ciliaris</i> y <i>E. tetralix</i>	4020*	F4.12	49	2
Brezal atlántico dominado por <i>Ulex</i> sp.	4030	F4.23(X)	255	10
Brezal costero de <i>Erica vagans</i>	4040*	F4.231	67	3
Sauceda no riparia, de laderas rezumantes		F9.2(Y)	8	<1
Seto de especies autóctonas		FA.3	<1	<1
Aliseda ribereña eurosiberiana	91E0*	G1.21(Z)	1	<1
Marojal eurosiberiano	9230	G1.7B1	158	6
Bosques o plantaciones viejas de castaños	9260	G1.7D	10	<1
Bosque acidófilo dominado por <i>Quercus robur</i>		G1.86	130	5
Bosques naturales jóvenes de frondosas		G5.61	31	1

Tabla 1. - Superficie ocupada por hábitats naturales y seminaturales en Jaizkibel. Los hábitats que presentan asterisco son prioritarios según la Directiva Hábitat. Abreviaturas: DH, Código de la Directiva Hábitat; CE, Código EUNIS; S, Superficie (en ha); % ZEC, porcentaje de la superficie.

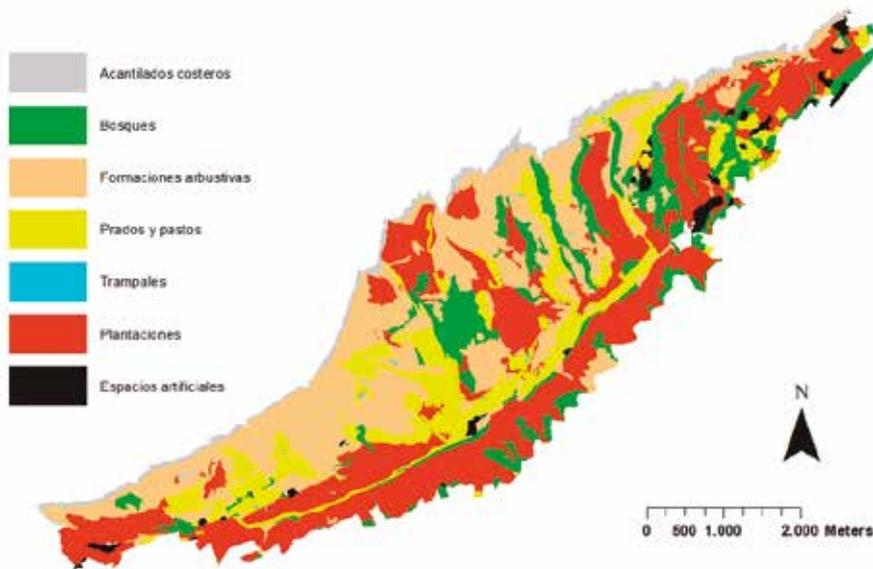


Fig. 2. - Mapa de vegetación y otros usos en la ZEC de Jaizkibel.

Formaciones arbustivas

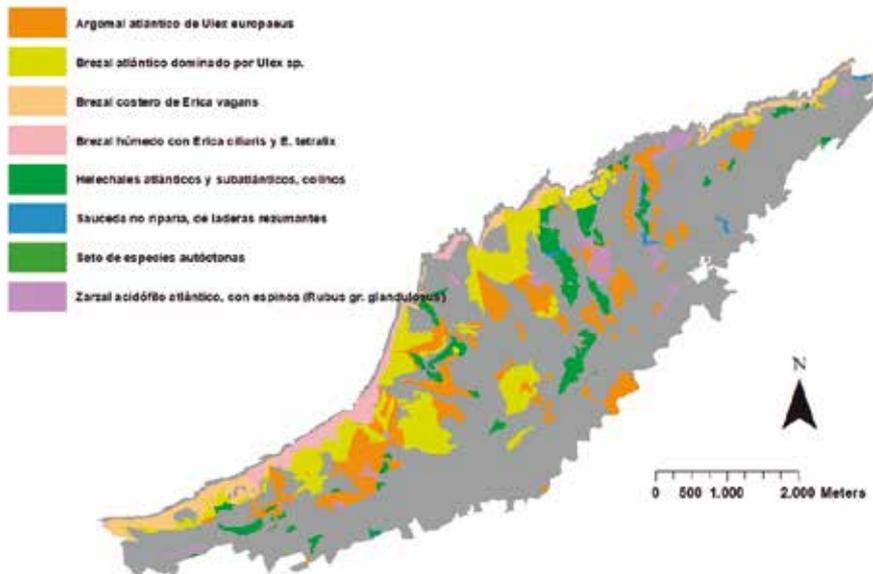


Fig. 3. - Formaciones arbustivas en la ZEC de Jaizkibel.

encuentran en Jaizkibel: acantilados costeros, bosques, formaciones arbustivas, prados y pastos, acantilados costeros y trampales y esfagnales.

Las formaciones arbustivas (Fig.4) son las que ocupan la mayor superficie con 742 ha (30%). Además, son las que más tipos de hábitats EUNIS presentan con 8 hábitats que se muestran a continuación ordenados en función del área que ocupan: "Brezal atlántico dominado por *Ulex* sp." 255 ha (10%), "Argomal atlántico de *Ulex europaeus*" 226 ha (9%), "Helechales atlánticos y subatlánticos, colinos" 97 ha (4%), "Brezal costero de *Erica vagans*" 67 ha (3%), "Brezal húmedo con *Erica ciliaris* y *E. tetralix*" 49 ha (2%), "Zarzal acidófilo atlántico, con espinos (*Rubus* gr. *glandulosus*)" 40 ha (2%), "Sauceda no riparia, de laderas

rezumantes" 8 ha (<1%), y "Seto de especies autóctonas <1ha (<1%). El "Brezal costero de *Erica vagans*" y el "Brezal húmedo con *Erica ciliaris* y *E. tetralix*" son hábitats de interés prioritario.

En segundo lugar se encuentran los prados y pastos (Fig.4), con una superficie de 390 ha (16%) y 4 tipos de hábitats EUNIS: "Praderas silicícolas de *Deschampsia flexuosa*" 146 ha (6%), "Prados húmedos acidófilos dominados por *Molinia*" 139 ha (6%), "Prados pastados y pastos no manipulados" 64 ha (3%), y "Prados de siega atlánticos, no pastoreados" 41 ha (2%). Salvo los "Prados pastados y pastos no manipulados" son hábitats de interés comunitario, con las "Praderas silicícolas de *Deschampsia flexuosa*" como prioritarias.

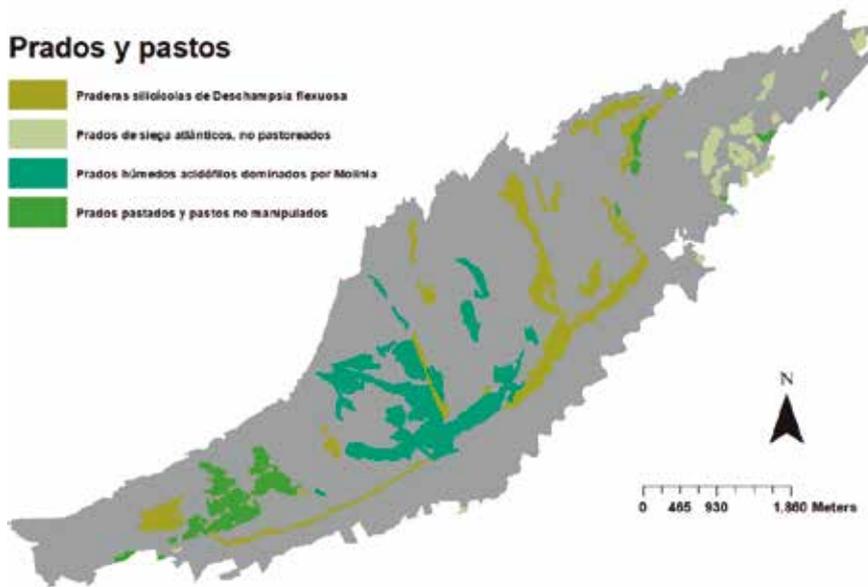


Fig. 4. - Prados y pastos en la ZEC de Jaizkibel.

A los prados y pastos les siguen los bosques con 331 ha (13%) (Fig.5) repartidos en los siguientes hábitats EUNIS: “Marojal eurosiberiano” 158 ha (6%), “Bosque acidófilo dominado por *Quercus robur*” 130 ha (5%), “Bosques naturales jóvenes de frondosas” 31 ha (1%), “Bosques o plantaciones viejas de castaños” 10 ha (<1%) y “Aliseda ribereña eurosiberiana” 1 ha (<1%). Los “Bosques o plantaciones viejas de castaños”, el “Marojal eurosiberiano” y la “Aliseda ribereña eurosiberiana” son hábitats de la Directiva Hábitats y este último prioritario.

En cuarto lugar, se sitúan los acantilados costeros con una ocupación de 79 ha (3%) y dos tipos de hábitats EUNIS: “Acantilados y rocas costeras sin vegetación” 55 ha

(2%) y “Repisas y acantilados costeros con angiospermas halófilas” 24 ha (1%), el último de ellos prioritario.

Por último, se citan los trampales y esfagnales que ocupan una superficie de 6 ha (<1%) (Fig.7) y los siguientes hábitats EUNIS: “Trampales acidófilos-esfagnales” 6 ha (<1%) y “Trampales de *Cladium mariscus*” <1 ha (<1%). Ambos son de interés comunitario y el último de ellos además prioritario.

Flora amenazada

Las especies de flora amenazada en Jaizkibel son 15 (Tabla 2). Todas ellas se encuentran incluidas en el Catá-

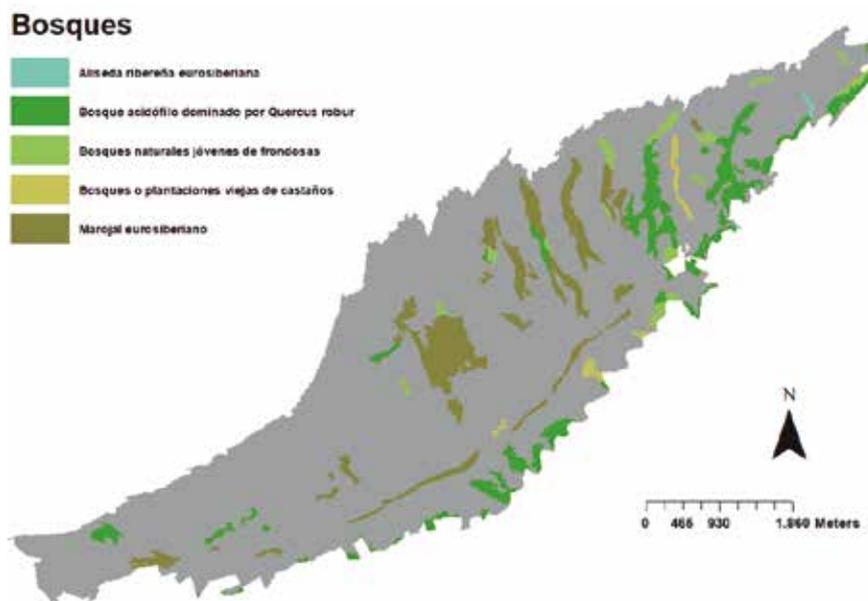


Fig. 5. - Bosques en la ZEC de Jaizkibel.

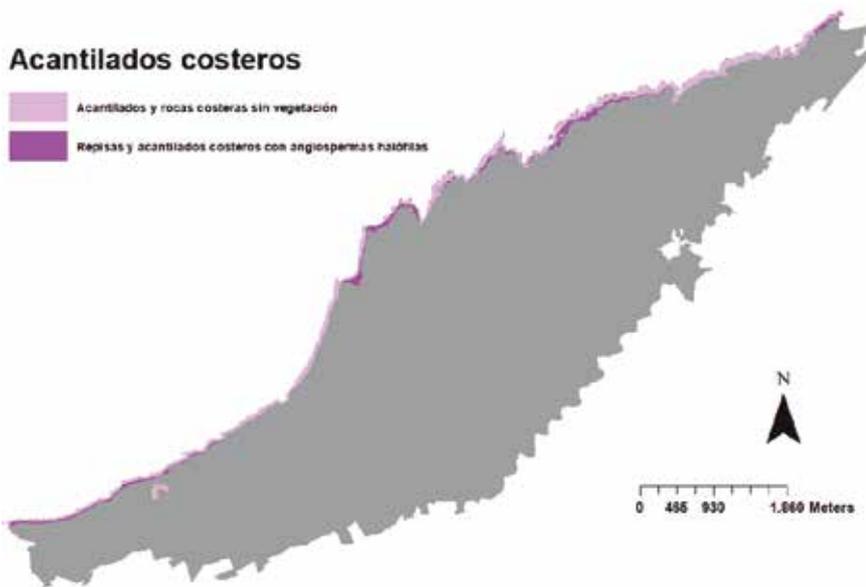


Fig. 6. - Acantilados costeros en la ZEC de Jaizkibel.

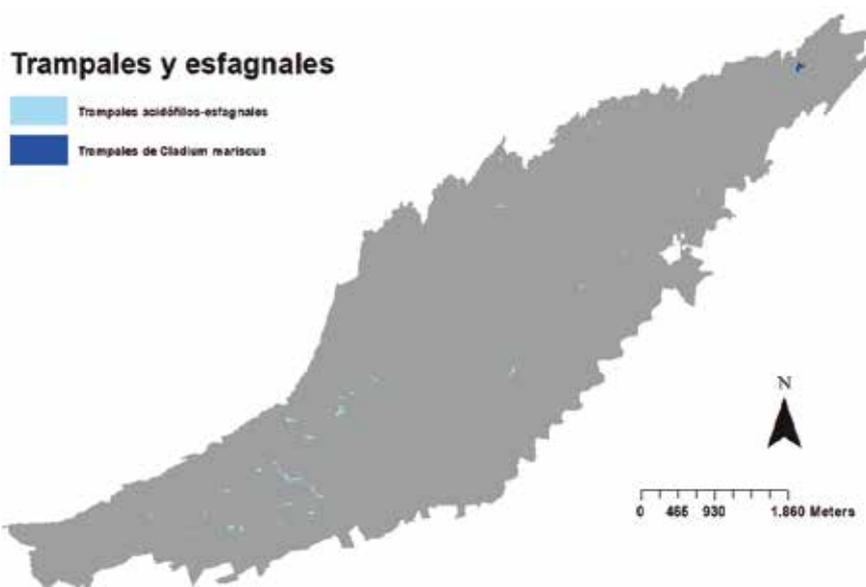


Fig. 7. - Trampales y esfagnales en la ZEC de Jaizkibel.

logo Vasco de Especies amenazadas, 3 de ellas en la Lista Roja Española y 5 en la Directiva Hábitat 92/43/CEE.

No se confirma la presencia de otras cuatro especies: *Carex hostiana* DC. desde 1953, *Dryopteris carthusiana* (Vill) H.P. Fuchs. desde 1967; *Radiola linoidea* Roth. desde 1985 y *Rhinchospora fusca* (L.) W.T. Aiton. desde 1941.

Actuaciones de conservación

Desde la inclusión de Jaizkibel como ZEC, en 2013, son numerosos los proyectos realizados con el fin de conocer y conservar la flora y vegetación de dicho monte. Por un lado, están las recopilaciones de citas y los seguimientos que se realizan a algunas poblaciones guipuzcoanas de plantas amenazadas, como ejemplo: *Armeria eusca-*

diensis Donadille & Vivant, *Drosera intermedia* Hayne, *Xiphion latifolium* Mill, *Narcissus bulbocodium* L., *Spiranthes aestivalis* (Poiret), *Thelypteris palustris* Schott, *Vandenboschia speciosa* (Willd.) G. Kunkel y *Woodwardia radicans* (L.) Sm. (Garmendia *et al.*, 2013; Garmendia *et al.*, 2014a; Garmendia *et al.*, 2014b; Garmendia *et al.*, 2016; Garmendia *et al.*, 2017; Mitxelena *et al.*, 2016a; Mitxelena *et al.*, 2016c; Mitxelena *et al.*, 2017a; Oreja *et al.*, 2015; Pikabea *et al.*, 2014; Sanz-Azkue *et al.*, 2014).

Igualmente, se encuentran las labores de restauración de los hábitats costeros realizados por distintas administraciones como son la eliminación de la flora exótica invasora más problemática, en especial *Baccharis halimifolia* L. (anualmente entre 2012-2018 por la Diputación Foral de Gipuzkoa), el refuerzo del brezal costero con plantaciones

Especies	DH	LRE	CV
<i>Armeria euscadiensis</i> Donadille & Vivant		NT	VU
<i>Carex hostiana</i> DC. ¹		VU	EN
<i>Drosera intermedia</i> Hayne			EN
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill) H.P. Fuchs ¹			VU
<i>Hymenophyllum tunbrigense</i> (L.) Sm.		VU	VU
<i>Ilex aquifolium</i> L.			IE
<i>Juncus acutus</i> L.			R
<i>Narcissus bulbocodium</i> L.	V		IE
<i>Narcissus pseudonarcissus</i> subsp. <i>pseudonarcissus</i> L.	II-IV		R
<i>Pinguicula lusitanica</i> L.			R
<i>Quercus suber</i> L.			R
<i>Radiola linoidea</i> Roth ¹			R
<i>Rhynchospora fusca</i> (L.) W.T. Aiton ¹		EN	EN
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	V		IE
<i>Spiranthes aestivalis</i> (Poiret) L.C.M. Richard	IV y V		VU
<i>Thelypteris palustris</i> Schott			EN
<i>Vandenboschia speciosa</i> (Willd.) G. Kunkel	II y V	VU	VU
<i>Woodwardia radicans</i> (L.) Sm.	II y V		VU
<i>Xiphion latifolium</i> Mill.			VU

Tabla 2. - Inventario de la flora amenazada de Jaizkibel. DH: Directiva de Hábitats. II, IV, V: anejos correspondientes. LRE: Lista Roja Española (2010). VU: Vulnerable. NT: Casi amenazada. EN: En peligro. CV: Catálogo Vasco de la Flora Amenazada (2011). VU: Vulnerable. EN: En peligro. IE: de Interés especial. R: Rara. ¹ Especies sin confirmar su presencia en la actualidad.

brezos (años 2015 y 2017 por la DFG y Ayuntamiento de Hondarribia) y jornadas de limpieza del litoral mediante jornadas de voluntariado organizados por la Sociedad de Ciencias Aranzadi y Mater Museoa.

Existen actuaciones encaminadas a la restauración ecológica de un valle o una zona, como son los proyectos llevados por el Ayuntamiento de Hondarribia en Martitxerrea (Mitxelena *et al.*, 2016b), Txurtxipi (Mitxelena y Azpiroz, 2017) e Iturrainerreka (Etxeberria *et al.*, 2018). En estos proyectos se ha procedido de manera similar con una prospección inicial para conocer el entorno (cartografías de plantas amenazadas y enclaves húmedos, detección de plantas invasoras, inventarios...), actuaciones de conservación y recuperación de hábitats naturales y seminaturales posteriores (eliminación de la flora invasora, restauración del bosque potencial...), seguimientos paralelos para detectar la eficacia y efecto de las actuaciones llevadas a cabo y un análisis final. Relacionado con la restauración del bosque potencial, mencionar las actuaciones de la DFG encaminadas a recuperar los marojales sustituidos por plantaciones de pino realizando entresacas y plantaciones de árboles autóctonos para acelerar dicho proceso.

Otros proyectos están enfocados a la restauración de hábitats más localizados como son los trampales y esfagnales y a la mejora de su conocimiento. En este grupo se integran el proyecto LIFE Tremedal con 6 trampales en Jaizkibel (Heras e Infante, 2016) y los seguimientos del "trampal de *Cladium mariscus*" de Aizporaundi (Azpiroz *et al.*, 2013; Mitxelena *et al.*, 2016a; Mitxelena *et al.*, 2019). Finalmente, la escala de la cartografía de los hábitats pasícolas realizada en 2018 (Mitxelena *et al.*, 2018) ha facilitado la localización de nuevos trampales no detectados anteriormente.

DISCUSIÓN

El marojal, que potencialmente ocuparía gran parte de la superficie de Jaizkibel, ha sido fuertemente sustituido por formaciones arbustivas, pastizales y plantaciones forestales. De poder ocupar aproximadamente el 79% del lugar, actualmente presenta una superficie del 6% distribuida en manchas de poco tamaño. Las alisedas y los robledales también se han visto considerablemente sustituidos, del orden del 97% para el primer hábitat y del 60% para el segundo. Para los acantilados costeros se calcula una sustitución del 14% frente a la potencial. No obstante, la compleja orografía que presenta Jaizkibel subestima la superficie real de los hábitats que se encuentran en las zonas de mayor verticalidad como son los acantilados o los bosques de ribera. Esto supone un aumento de la superficie real de estos hábitats que en las circunstancias actuales se encuentran infravalorados.

Las plantas amenazadas relacionadas con las formaciones forestales y sus etapas sucesionales son *Ruscus aculeatus* L., *N. bulbocodium*, *Narcissus pseudonarcissus* L. subsp. *pseudonarcissus* L., *D. carthusiana*, *Ilex aquifolium* L. y *Quercus suber* L. Salvo *D. carthusiana*, no observada en Jaizkibel desde 1967 (Braun Blanquet, 1967), no presentan un riesgo elevado de desaparición a nivel de la CAV. Entre estas plantas cabe destacar *N. pseudonarcissus* subsp. *pseudonarcissus*, por ser confirmada en Jaizkibel recientemente, en el 2020 por Iker Luarizaierdi (obs. pers.).

Jaizkibel es conocido por ser un lugar interesante a nivel regional para la conservación de los "Prados húmedos acidófilos dominados por *Molinia*". Estos prados ocupan suelos húmedos por la existencia de un nivel freático alto, aunque fluctuante y las principales amenazas para el há-

bitat a nivel estatal son la desecación de los suelos y la fragmentación del hábitat (Marinas *et al.*, 2009). Según la actualización cartográfica realizada en 2018 la superficie de estos hábitats es de 139 ha en el espacio protegido. Si se compara con la superficie de 253 ha de Mitxelena *et al.* (2014) se concluiría que los prados de *Molinia* han disminuido en aproximadamente la mitad. Esta disminución no es real, ya que entonces existían grandes extensiones cartografiadas como prados húmedos que en realidad estaban ya transformadas en plantaciones de pino (plantaciones realizadas entre 2005-2006, dato obtenido mediante la observación del comparador de ortofotos del Gobierno Vasco: <http://www.geo.euskadi.eus/comparador-de-ortofotos/s69-geocont/es/>). Estas plantaciones, situadas cerca del Puerto de Jaizkibel, presentan todavía un suelo muy encharcado con una presencia importante de *Molinia* que no garantiza el éxito de las mismas plantaciones. Es por ello, y siendo propuesto el monte Jaizkibel como lugar clave de la CAV dentro del protocolo estatal para establecer un sistema de vigilancia global del estado de conservación del hábitat (Marinas *et al.*, 2009), convendría reconvertir estas extensiones en prados húmedos eliminando los pinos del lugar. Asociado a herbazales húmedos se encuentra *Radiola linoidea* citada en 1967 por Braun-Blanquet, J. y observada por última vez en 1985 (Catalán *et al.*, 1985).

Igualmente, Jaizkibel es interesante a nivel de la CAV por los "Trampales de *Cladium mariscus*" con una mancha cartografiada, aunque se conocen otros tres enclaves con *C. mariscus* que conviene ser visitados para determinar si son cartografiables o no como hábitat D5.25 EUNIS (o 7210* DH). Es un hábitat difícil de determinar con precisión apareciendo frecuentemente ocupando áreas dispersas no cartografiables, intercaladas con otros hábitats de humedales (García-Rodeja *et al.*, 2009). La mancha cartografiada como tal, situada en Aizporaundi, se encuentra actualmente en buen estado puesto que hace varios años que se llevan realizando actuaciones para su conservación: control de *Baccharis halimifolia*, plantaciones de refuerzo de *Cladium mariscus* e instalación de una compuerta para retener el agua y así mantener encharcada constantemente la zona (Azpiroz *et al.*, 2013; Heras e Infante, 2016; Mitxelena *et al.*, 2016a; Mitxelena *et al.*, 2019). En esta formación de *C. mariscus* se encuentra una población del helecho *Thelypteris palustris*, que vive en lugares frescos y encharcados. A esta población, encontrada en 2007 (Zendoia *et al.*, 2007), se le viene realizando seguimientos (Azpiroz *et al.*, 2013; Garmendia *et al.*, 2014b; Mitxelena *et al.*, 2016a; Mitxelena *et al.*, 2016c; Mitxelena *et al.*, 2019). *T. palustris* es confirmada en otros dos puntos de Jaizkibel, ambos núcleos son de reducido tamaño en comparación al de Aizporaundi y están situados en Txurtxipi erreka. Este helecho es muy localizado en la CAV.

Los trampales y zonas encharcables también albergan otras especies amenazadas. Destaca la orquídea ligada a medios turbosos o paraturbosos *Spiranthes aestivalis*, con pocas localidades en la CAV, citada por primera vez en Jaizkibel, regata de Zubitondo, por Zendoia *et al.* (2003) de la que en 2017 se observaron 37 reproductores (Garmendia *et al.*, 2017). Se da por desaparecido el otro núcleo

de la orquídea citado por Aseginolaza *et al.* (1984), ya que no se ha encontrado durante las prospecciones posteriores (Heras *et al.*, 2009; Mitxelena *et al.*, 2017a; Zendoia *et al.*, 2003; Zendoia *et al.*, 2006). Otra planta amenazada ligada a estos ambientes es *Carex hostiana*, citada en el pasado (Allorge and Allorge, 1941; Guinea 1953) pero cuya presencia no se ha podido confirmar. Esta especie habita en pastizales encharcados, orillas de manantiales y brezales húmedos. Asimismo, ligados a estos ambientes se citan dos plantas carnívoras: *Drosera intermedia* y *Pinguicula lusitanica* L. La primera, más puntual en Jaizkibel, está ligada a turberas y humedales ácidos y *P. lusitanica*, más común en el enclave, es vista a menudo en pequeños taludes arcillosos húmedos, pero no inundables. Finalmente, ligado a estos ambientes existe una cita de *R. fusca* de Allorge *et al.*, (1941) que no ha sido confirmada desde entonces.

Del mismo modo, el macizo debe considerarse clave por sus hábitats costeros: acantilados y brezales costeros. En primera línea costera se sitúan los acantilados costeros, llamados "Repisas y acantilados costeros con angiospermas halófilas" (1230 DH) y que presentan fuertes pendientes, suelo escaso y soportan fuertes vientos marinos. En la cartografía de los hábitats costeros realizada en 2017 (Garmendia *et al.*, 2018) sólo se cartografió como B3.31 en el caso que se observara una cobertura de vegetación significativa, cuando en realidad la mayoría de acantilados presentan pequeñas repisas donde crecen especies halocasmofíticas como *Crithmum maritimum* L. y *Plantago maritima* L.. La aparición de plantas que aparecen en hábitats alterados por el ser humano, la presencia de especies invasoras [como *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze presente en Jaizkibel] y la sobreutilización de senderos (como el sendero Talaia) son factores antrópicos que repercuten tanto en los acantilados como en los brezales costeros. El acantilado de Jaizkibel con 24 ha supone el 41 % de los acantilados de la CAV (Garmendia *et al.*, 2018).

Los brezales costeros (4040* DH) son exclusivos de la región atlántica y en la Península Ibérica se distribuyen desde Portugal hasta la CAV. Se trata de formaciones leñosas bajas de forma almohadillada, adaptadas a la sequedad ambiental provocada por los fuertes vientos que soplan desde el mar. Se sitúan generalmente en la parte superior de los acantilados costeros, donde forman una banda estrecha, entremezclándose con la vegetación propia de dichos acantilados, de manera que siempre aparecen algunas plantas adaptadas a la salinidad ambiental entre las matas propias de los brezales (Gobierno Vasco, 2007^b).

A nivel estatal se trata de una formación en disminución por la influencia humana y con perspectivas inadecuadas (Ojeda, 2009). Este hábitat en Jaizkibel ocupa una superficie de 67 ha, el 3% de la ZEC. En la CAV se calcula una superficie de 331 ha de brezal costero, por lo que el brezal costero de Jaizkibel supone el 20% de la superficie en la CAV (Garmendia *et al.*, 2018). Una superficie inferior a la anterior cartografía mostrada en Mitxelena *et al.* (2014), principalmente debido a que se ha tendido a exagerar su

distribución, al incluirse algunas zonas de brezales silicícolas cercanos a la costa pero no netamente influidos por la maresía (Garmendia *et al.*, 2018).

En algunas zonas de Jaizkibel los brezales costeros han sido sustituidos por pastos e incluso existen zonas donde las plantaciones forestales llegan casi hasta los acantilados. Desde 2012 anualmente se vienen realizando acciones de control de la flora invasora, *B. halimifolia* principalmente, y plantaciones de distintas especies de brezos (años 2015 y 2017) con el fin de mejorar el estado de conservación del hábitat (acciones realizadas por la DFG y Ayuntamiento de Hondarribia). Cabe destacar que cuando el nivel freático es alto, los *brezales húmedos* llegan hasta la primera línea de la costa. Este caso se da en Jaizkibel, donde el hábitat ha sido cartografiado cerca del litoral entremezclado con los acantilados (B3.31) y los brezales costeros (F4.231), con una ocupación de 49 ha, el 2% de la ZEC (Garmendia *et al.*, 2018; Prieto y Oreja 2017).

Como plantas amenazadas ligadas a estos hábitats costeros destaca la endémica *Armeria euscadiensis* relativamente abundante en Jaizkibel, además de otras catalogadas como *Xiphion latifolium* vista en 2 lugares y censadas en 2013 contando hasta 14 y 150-200 individuos en cada núcleo (Garmendia *et al.*, 2013). La población citada en Hondarribia (Catalan y Aizpuru, 1985) no ha sido confirmada. Esta especie ocupa algunas poblaciones costeras en el extremo occidental de Bizkaia y el oriental de Gipuzkoa. En Ullia no ha sido vista desde su recolecta en 1983 por Garín (nº herbario ARAN: 6959). Evoca tiempos pasados, en los que esta especie adaptada a climas más fríos que el actual, debía tener una distribución continua desde el litoral hasta las elevaciones montañosas (Pikabea *et al.*, 2014).

En ambientes nemorales donde la vegetación de ribera como las alisedas (91EO* DH) o las cascadas proporcionan una humedad relativa alta encontramos tres helechos amenazados. Por un lado, se encuentra *Woodwardia radicans* con un pequeño núcleo en la regata de Martitxerrea (visitada en 2016). En segundo lugar, el helecho *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) S.m. con dos núcleos en el arroyo Justiz y otro en Gastarrotz (Catalán y Aizpuru, 1985; confirmadas en 2012 por Iñaki Sanz-Azkue, Iñaki Aizpuru e Yves Meyer). El último helecho ligado a estos ambientes es *Vandenboschia speciosa* citada en 14 cuadrículas UTM 1x1 km (Sanz-Azkue *et al.*, 2014). Al igual que le ocurre a *H. tunbrigense*, la incapacidad de retención del agua en su fase esporofítica hace que sea un helecho muy sensible a la sequía. Hasta el año 2010 se desconocía la presencia del gametofito en la CAV (Sanz-Azkue *et al.*, 2010), desde entonces las citas de esta especie aumentan de forma exponencial observando que la presencia del gametofito es mucho más abundante de lo pensado tanto en la CAV como en Jaizkibel (Sanz-Azkue *et al.*, 2014).

Desde la inclusión del monte Jaizkibel como ZEC (ES2120017), el conocimiento sobre los hábitats, flora y fauna ha aumentado considerablemente. Respecto al apartado botánico se han realizado trabajos de actualización de los mapas de distribución de todas las especies

protegidas confirmadas, realizado un seguimiento periódico de cinco especies y recopilando la información aportada hasta la fecha del resto. Todos estos trabajos han ido aportando información muy valiosa sobre las especies amenazadas como nuevas localizaciones, información sobre su biología, tendencias poblacionales, amenazas y presiones, etc. Igualmente, la cartografía de hábitats ha sido en gran parte actualizado entre 2017 y 2018, gracias a las labores de actualización de los hábitats costeros y los hábitats abiertos como pastos, prados y matorrales (Garmendia *et al.*, 2018; Mitxelena *et al.*, 2018). Aunque actualmente la información florística del lugar es completa, sería necesario proseguir con seguimientos de los taxones más amenazados y recopilación de toda la información que va generándose con el paso de los años.

A modo de consideración final, una cartografía actualizada de la flora amenazada de Jaizkibel, junto con la cartografía de hábitats, son las mejores herramientas base para poder gestionar los hábitats y especies y hacer frente a las amenazas que hacen peligrar su conservación en dicho macizo.

AGRADECIMIENTOS

A José Luis Remón, Iñaki Sanz-Azkue, Mikel Etxeberria e Iker Luarizaierdi por la ayuda prestada. A Marta Rozas, del Gobierno Vasco, por habernos brindado la oportunidad de actualizar la cartografía de los hábitats costeros en 2017. A Ismael Mondragón, de la Diputación Foral de Gipuzkoa, por confiar en nosotros en la cartografía de los prados, pastos y matorrales y trampales en 2018 dentro del LIFE15/NAT/ES000805 OREKA MENDIAN.

BIBLIOGRAFÍA

- Allorge, V., Allorge, P., 1941. Plantes rares ou intéressantes du Nord-Ouest de l'Espagne, principalement du Pays Basque. Bull. Soc. Bot. France 88(1), 226-254. <https://doi.org/10.1080/0378941.1941.10834228>.
- Arizaga, J. (Ed.), 2014. Revisión sobre el patrimonio natural de la montaña de Jaizkibel (Gipuzkoa, País Vasco). Munibe Monographs. Nature Series 2.
- Azpiroz, M., Mitxelena, A., Garin-Barrio, I., Zulaika, I., Mendiola, I., Oreja, L., Garmendia, J., 2013. Erradicación de la especie invasora *Baccharis halimifolia* y restauración de formaciones de *Cladium mariscus* y brezales costeros de *Erica vagans* en Aizporaundi (Jaizkibel). Informe de la Sociedad de Ciencias Aranzadi para el Ayuntamiento de Hondarribia.
- Biurrun, I., García-Mijangos, I., Loidi, J., Campos, J. A., Herrera, M., 2011. La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1: 50.000. Eusko Jaurilaritza – Gobierno Vasco, Leioa (Bizkaia).
- BOPV, 2011. ORDEN de enero de 2011, de la Consejera de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, por la que se modifica el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestre y Marina, y se aprueba el texto único. CAPV-miércoles 23 de febrero de 2011 n.37.
- Braun-Blanquet, J., 1967. Vegetationsskizzen aus dem Basquenland mit Ausblicken auf das Weitere Ibero-Atlantikum. I. Vegetatio 14, 1-126.

- Catalán, P., Aizpuru, I., 1985. Aportación al catálogo florístico de la cuenca del Bidasoa (Guipúzcoa y Navarra). *Munibe, Cienc. Nat.* 37, 17-86.
- DOCE, 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales de la Fauna y Flora Silvestre. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 22/07/1992.
- DECRETO 357/2013, de 4 de junio, por el que se designan las Zonas Especiales de Conservación Ulia (ES2120014) y Jaizkibel (ES2120017) y se aprueban sus medidas de conservación. *Boletín Oficial del País Vasco* (25-11-2013).
- Etxeberria, M., Mitxelena, A., Oreja, L., García, Y., 2018. Iturra-irrekako eta bere arro hidrologikoko habitaten eta flora eta fauna mehatxatuaren kontserbazio ekintzak (2017-2018). Documento técnico para el Ayuntamiento de Hondarribia.
- Garmendia, J., Azpiroz, M., Uriarte, L., García, Y., Mitxelena, A., Arrieta, M., 2013. Gipuzkoako landare mehatxatuen jarraipen lanak. 2013ko ekimenen txostena. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Garmendia, J., Oreja, L., Arrieta, M., Uriarte, L., Mitxelena, A., García, Y., Otamendi, M., Azpiroz, M., 2014a. Gipuzkoako landare mehatxatuen jarraipen lanak II: Kaltebera eta Bakana kategoriak. 2014ko ekimenen txostena. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Garmendia, J., Oreja, L., Arrieta, M., Uriarte, L., Mitxelena, A., García, Y., Azpiroz, M., Otamendi, M., 2014b. Gipuzkoako landare mehatxatuen jarraipen lanak I: Galtzeko Arriskuan kategoria. 2014ko ekimenen txostena. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Garmendia, J., Mitxelena, A., Arrieta, M., Otamendi, M., Azpiroz, M., García, Y., Oreja, L., 2016. Gipuzkoan mehatxupean dauden landare espezieen biziraupena bermatzera bideraturiko lanak. 2016ko ekimenen txostena. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Garmendia, J., Arrieta, M., Azpiroz, M., Oreja, L., Mitxelena, A., Otamendi, M., García, Y., 2017. Gipuzkoan mehatxupean dauden landare espezieen biziraupena bermatzera bideraturiko lanak. 2017ko ekimenen txostena. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Garmendia, J., Oreja, L., Mitxelena, A., Prieto, A., 2018. Seguimiento y evaluación del estado de conservación de 15 hábitats de interés comunitario de ámbito costero en la CAPV. Documento técnico para el Gobierno Vasco.
- Gobierno Vasco, 2006. Mapa de series de vegetación (vegetación potencial) de la Comunidad Autónoma del País Vasco a escala 1:50.000. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca.
- Gobierno Vasco, 2007. Cartografía de hábitats, vegetación actual y usos de suelo de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Escala 1:10.000. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca.
- Gobierno Vasco, 2007b. Manual de interpretación y gestión de los hábitats continentales de interés comunitario de la CAPV (Directiva 92/43/CEE). Gobierno Vasco. Disponible en: <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/49-bio/es/>.
- Gobierno Vasco, 2016. Mapa de los lugares RN2000 de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Escala 1:25.000. Gobierno Vasco, Servicio de Cartografía, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Disponible en: <https://www.geo.euskadi.eus/geograficos/red-natura-2000/s69-geodir/es/>
- Gobierno Vasco, 2017. Ortofoto 2017 cm de la Comunidad Autónoma de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Servicio de Cartografía, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Disponible en: <https://www.geo.euskadi.eus/geograficos/red-natura-2000/s69-geodir/es/>
- Guinea, E., 1953. Geografía botánica de Santander. Publicaciones de la Excelentísima Diputación Provincial de Santander. Disponible en: <https://bibdigital.rjb.csic.es/en/records/item/10154-geografia-botanica-de-santander>
- Heras, P., Infante, M., Zendoia, I., 2009. Trabajos de gestión de Turberas y Esfagnales. II Seguimiento de los enclaves de Jaizkibel, campaña 2007. Diputación Foral de Gipuzkoa. Informe técnico.
- Heras, P., Infante, M., 2016. Proyecto LIFE tremedal. Conservación de turberas y medios higróturbosos en Gipuzkoa. *Conservación Vegetal* 20.
- Marinas, A., Gómez, D., García-González, R., 2009. 6410 Prados-juncuales con *Molinia caerulea* sobre suelos húmedos gran parte del año. En: VV.AA. (Ed.), Bases ecológicas preliminares para la conservación de los hábitats de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Mitxelena, A., Sáenz, J., Oreja, L., 2014. Inventario de hábitats y flora amenazada de la ZEC Jaizkibel. Revisión sobre el patrimonio natural de la montaña de Jaizkibel (Gipuzkoa, País Vasco). *Munibe Monographs. Nature Series* 2, 101-109.
- Mitxelena, A., Oreja, L., Sanz-Azkue, I., García, Y., 2016a. 92/43/CEE Zuzentarauko I. eranskinetako lehentasunezko habitaten eta EAEko landare mehatxatuen katalogoan barneraturiko espezie mehatxatuen kontserbaziorako lanak Aizporaundin eta Erramudi errekan. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Mitxelena, A., Oreja, L., Garmendia, J., Garin, I., 2016b. Jaizkibel Kontserbazio Bereziko Eremuan (KBE) dagoen Martitxerrekako eta bere arro hidrologikoko habitat natural eta seminaturalen eta flora eta fauna mehatxatuaren errestaurazio eta kontserbazio ekintzak (2015-2016). Documento técnico para el Ayuntamiento de Hondarribia.
- Mitxelena, A., Garmendia, J., Arrieta, M., Otamendi, M., Azpiroz, M., García, Y., Oreja, L., 2016c. Gipuzkoako guneez hezeetan bizi diren hainbat landare espezie mehatxatuen kontserbazio egoeraren azterketa. 2016ko ekimenen txostena. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Mitxelena, A., Garmendia, J., Arrieta, M., Azpiroz, M., García, Y., Otamendi, M., Oreja, L., 2017a. Gipuzkoako flora mehatxatuaren kartografía digitalaren eguneraketa (I. fasea). Documento técnico para Gobierno Vasco.
- Mitxelena, A., Azpiroz, M., 2017. Jaizkibel Kontserbazio Bereziko Eremuan (KBE) dagoen Txurtxipi erreka eta bere arro hidrologikoko habitat natural eta seminaturalen eta flora mehatxatuaren errestaurazio eta kontserbazio ekintzak (2016-2017). Aranzadi Zientzia Elkarteak Hondarribiko Udalarentzat egindako txosten teknikoak.
- Mitxelena, A., Azpiroz, M., García, Y., Etxeberria, M., 2018. Caracterización de los hábitats pascícolas y los narcisos (*Narcissus* spp.) de la ZEC ES2120017 Jaizkibel (año 2018). Documento técnico realizado para Diputación Foral de Gipuzkoa dentro del LIFE IFE15 NAT/ES/000805 OREKA MENDIAN.
- Moreno, J. C., 2011. Lista Roja de la Flora Vasculosa Española 2008. Actualización con los datos del Adenda 2010 al Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada. Dirección General de Conservación de la Naturaleza y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid.

Ojeda, F., 2009. 4040 Brezales costeros con *Erica vagans* (*). En: VV.AA (Ed.), Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.

Oreja, L., Garmendia, J., Arrieta, M., Azpiroz, M., Mitxelena, A., García, Y., Uriarte, L., 2015. Gipuzkoako landare mehatxatuen jarraipen lanak. 2015ko ekimenen txostena. Documento técnico para la Diputación Foral de Gipuzkoa.

OSTADAR, S. L., 2013. Documento de Objetivos y Medidas para la designación de la Zona Especial de Conservación Jaizkibel (ES2120017). OSTADAR S. L. para la Dirección de Biodiversidad y Participación del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. Documento para aprobación definitiva.

Pikabea, I., Albisu, G., Aizpuru, I., 2014. Nuevas localidades para la flora amenazada de Jaizkibel. Revisión sobre el patrimonio natural de la montaña de Jaizkibel (Gipuzkoa, País Vasco). Munibe Monographs. Nature Series 2, 119-121.

Prieto, A., Oreja, L., 2017. Seguimiento de los hábitats costeros de interés comunitario en la Comunidad Autónoma del País Vasco y evaluación de las medidas ejecutadas en los espacios Natura 2000. Documento técnico para el Gobierno Vasco.

Sanz-Azkue, I., Olariaga, I., Díez, J., 2010. Hernaniko landare mehatxatuen mikroerreserben sarea. Hernaniko Udala-Ayuntamiento de Hernani. Documento técnico.

Sanz-Azkue, I., Olariaga, I., Felipe, A., 2014. *Vandenboschia speciosa* (Willd.) G. Kunkel en Jaizkibel: nuevas poblaciones con alta representación de su fase gametofítica y modelización de su distribución. En: Arizaga, J. (ed.), Revisión sobre el patrimonio natural de la montaña de Jaizkibel (Gipuzkoa), 111-117. Munibe Monographs Nature Series, 2.

Zendoia, I., Arbelaitz, E., Azpiroz, M., Garmendia, J., Oreja, J., Tamayo, I., Urkizu, A., Heras, P., Infante, M., 2016. Europar Habitat Arzetarauak babesten dituen zohikaztegia eta esfagnadien kudeaketarako lanak. Diputación Foral de Gipuzkoa. Informe técnico.

Zendoia, I., Gartzia, M., Aldezabal, A., Aizpuru, I., 2003. Gipuzkoako kostaldeko esfagnadien kartografia, karakterizazioa eta kontserbazio-egoera. Munibe, Cienc. Nat. 54, 5-20.

Zendoia, I., Oreja, L., Garmendia, J., Azpiroz, M., Arbelaitz, E., Urkizu, A., Tamaio, I., Aizpuru, I., 2007. *Cladium mariscus* formazioen kartografia, karakterizazioa eta kontserbazio-egoera. Documento técnico para el Gobierno Vasco.

Les Atlas de la biodiversité Communale (ABC) dans le Parc national des Pyrénées: premiers résultats sur l'amélioration de la connaissance des bryophytes et champignons

The Local Biodiversity Atlas of the Pyrenees National Park: first results on improving knowledge on bryophytes and mushrooms

Marta Infante Sánchez¹, Carole Hannoire¹, Gilles Corriol¹

¹ Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre, marta.infante-sanchez@cbnmp.fr, carole.hannoire@cbnmp.fr, gilles.corriol@cbnmp.fr

RÉSUMÉ

Les Atlas de la biodiversité communale (ABC) sont développés au niveau national depuis 2010 par le ministère chargé de l'environnement et depuis 2017 par la nouvelle Agence française pour la biodiversité (AFB). Depuis 2012, ce programme ambitieux se développe dans le Parc national des Pyrénées. Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées participe à l'ABC sur les volets suivants: le recensement et la description des végétations et habitats naturels, la connaissance des bryophytes (mousses et hépatiques) et des macromycètes (champignons), la contribution aux données de flore vasculaire et leur validation. Le territoire de chaque commune a été réparti dans six trames écologiques: bocage et culture, forestière, urbaine, aquatique, milieux ouverts et milieux minéraux.

Ce travail présente quelques uns des premiers résultats pour les bryophytes et champignons, après quatre années de prospections dans huit communes. 312 taxons bryophytiques ont été recensés au total; la trame forestière rassemble le plus de bryophytes et, parmi les espèces à statut rencontrées, *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. & DC.) Brid. ex Moug. & Nestl. et *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs sont inscrites à l'Annexe II de la Directive Habitats. Concernant les macromycètes, 701 taxons ont été recensés au total. La trame forestière est aussi la plus diversifiée en champignons. 20 champignons menacés de la Liste rouge de Midi-Pyrénées ont été rencontrés et 38 quasi-menacés.

MOTS-CLÉS: Atlas, bryophytes, champignons, communes, France, Pyrénées.

ABSTRACT

District Biodiversity Atlas (Atlas de la Biodiversité Communale, ABC) has been developed at the national level since 2010 by the Ministry in charge of environment, and, since 2017, by the new Biodiversity French Agency (AFB). Since 2012, this ambitious program has been developed in the Pyrenees National Park. The National Botanical Conservatory of the Pyrenees and Midi-Pyrenees (Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, CBNPMP) participates in the ABC program on the following topics: census and description of vegetation and natural habitats, knowledge of bryophytes (mosses and liverworts) and macromycetes (fungi), and contributes to the vascular flora data and their validation. The territory of each district has been divided into six ecological frames: bocage and culture, forest, urban, aquatic, open and mineral environments.

This work presents some of the first results for bryophytes and fungi, after four years of prospecting in eight districts. A total of 312 bryophyte taxa were enumerated. The forest frame contains the most bryophytes and, among the redlisted species found, *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. & DC.) Brid. ex Moug. & Nestl. and *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs are included in Appendix II of the Habitats Directive. Concerning macromycetes, 701 taxa have been recorded in total. The forest frame is also the most diverse in fungi. 20 threatened species from the Red List of Midi-Pyrenees were found and 38 near-threatened.

KEY WORDS: Atlas, bryophytes, fungi, districts, France, Pyrenees.

INTRODUCTION

Les Atlas de la biodiversité communale (ABC) sont développés au niveau national par le ministère chargé de l'environnement depuis 2010, Année internationale pour la Biodiversité, et depuis 2017 par la nouvelle Agence française pour la biodiversité. Cette démarche a trois objectifs: 1) la sensibilisation à la biodiversité des élus, des acteurs socio-économiques et des citoyens, et leur mobilisation, 2) l'amélioration de la connaissance de la biodiversité sur le territoire d'une commune, et l'identification des enjeux spécifiques liés, 3) et enfin l'aide à la mise en place de politiques communales qui prennent en compte la biodiversité.

Actuellement plus de 300 communes françaises adhèrent à la démarche. Depuis 2012, le Parc national des Pyrénées met en œuvre un ambitieux programme en rassemblant des experts de nombreuses disciplines. Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées participe à l'ABC sur les volets suivants: le recensement et la description des végétations et habitats naturels, la connaissance des bryophytes (mousses et hépatiques) et des macromycètes (champignons), la contribution aux données de flore vasculaire et leur validation. Ce travail présente quelques uns des premiers résultats pour les bryophytes et champignons, après quatre an-

nées de prospections dans huit communes (Escot, Etsaut, Louvie-Soubiron, Gaillagos, Ayros-Arbouix, Betpouey, Guchen, Bazus-Aure).

ZONE D'ÉTUDE ET MÉTHODE

La méthodologie est basée sur celle du programme au niveau national (Paquin *et al.*, 2014), à laquelle s'ajoutent des spécificités propres à la méthodologie du PNP (PNP, 2013). Le territoire de chaque commune a été réparti dans six trames écologiques: 1) *trame milieux ouverts*, regroupant les landes et les pelouses d'altitude, 2) *trame forestière*, rassemblant les formations denses d'arbres et d'arbustes, 3) *trame milieux minéraux* où la végétation est rare ou absente (éboulis, falaises), 4) *trame bocage et cultures*, regroupant les milieux ouverts de fond de vallée (bocages, cultures et prairies), 5) *trame aquatique*, avec les milieux humides (marécages, végétations de bords de cours d'eau et eaux libres), et 6) la *trame des milieux urbains*. Pour chaque commune, toutes les trames présentes doivent être échantillonnées par un minimum de trois relevés par groupe d'organismes. En complément, les originalités écologiques de chaque commune doivent être identifiées et prospectées.

RÉSULTATS

En ce qui concerne les bryophytes, aucune des communes étudiées ne disposait de données préalables. 312 taxons ont été recensés au total. Louvie-Soubiron, Gaillagos et Betpouey sont les communes les plus riches, entre 130 et 125 taxons; par ailleurs, les moins riches sont aussi les plus petites, à savoir Ayros-Arbouix et Bazus-Aure (69-73 taxons). Quant aux macromycètes, deux des communes étudiées disposaient de données préalables, Be-

tpouey avec 7 observations, et Guchen, 100. 662 taxons ont été recensés au total, dont 604 basidiomycètes, 57 ascomycètes et un zygomycète. A ce stade de l'inventaire, les communes les plus riches en taxons sont celles qui ont bénéficié de plus d'inventaires et de meilleures poussées (198 pour Guchen), inversement pour les plus pauvres (59 à Bazus-Aure).

Un des premiers résultats concerne les sous-classes. Les mousses au sens strict sont le groupe dominant dans toutes les communes. Les hépatiques et anthocérotes ne dépassent 20% qu'à Escot, la plus occidentale et la plus basse en altitude, ainsi qu'à Betpouey, la plus haute et où les milieux humides représentent une part importante des habitats disponibles. Une seule anthocérota a été trouvée, à Escot. Côté champignons, les basidiomycètes sont le phylum le mieux inventorié, toujours supérieur à 90% des taxons identifiés, mais pas nécessairement le plus représenté. Les ascomycètes sont souvent plus petits et leur étude est moins accessible; ils sont sous-inventoriés. Les Zygomycètes sont très peu nombreux car ils n'ont pas fait l'objet de recherches spécifiques.

Pour ce qui est de la distribution des bryophytes dans les trames écologiques. La trame forestière est la plus diversifiée dans 7 des 8 communes. L'exception est Betpouey car son occupation est petite. La trame aquatique est la 2^{ème} trame la plus diversifiée, mais seulement dans 3 communes, car dépendante de la disponibilité de ces habitats (zones humides, ruisseaux et rivières). La trame bocage et cultures est souvent pauvre, composée majoritairement par des prairies, ce sont des habitats où les bryophytes n'ont pas la capacité de concurrencer les plantes vasculaires (Fig. 1). Pour les macromycètes, la trame forestière est toujours la plus diversifiée. Les trames urbaines et

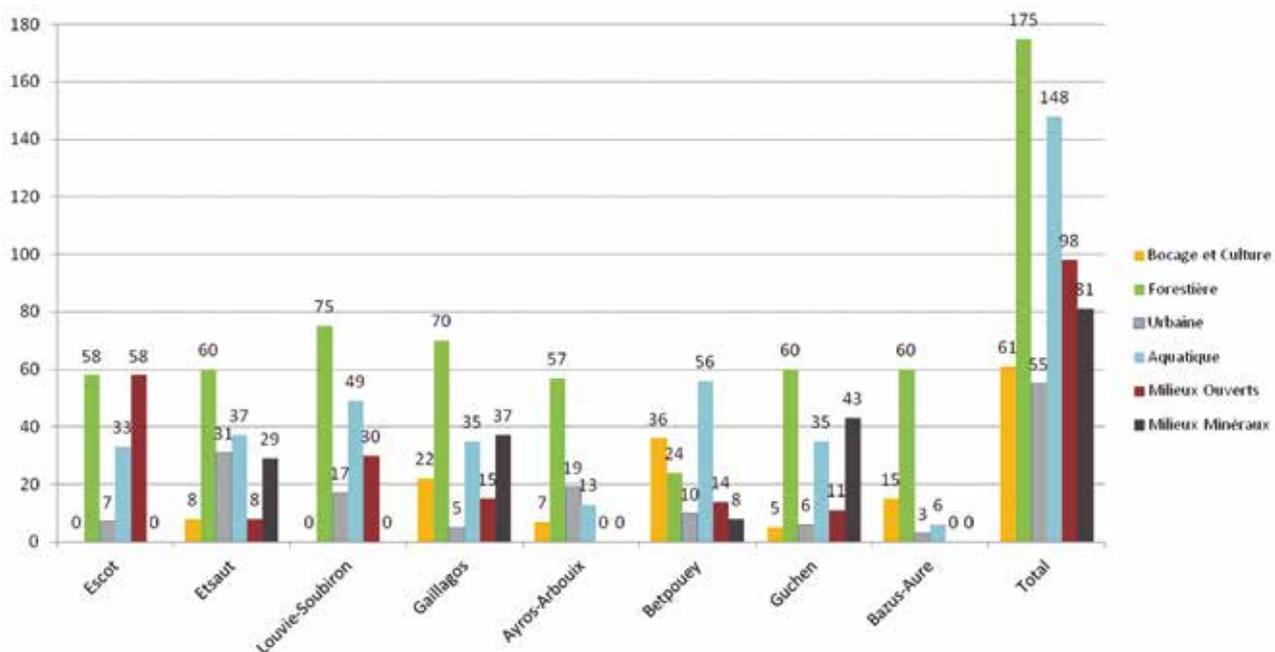


Fig. 1. - Distribution des bryophytes observées, par trame écologique.

minérales sont très pauvres car y prédominent des habitats xériques et l'absence quasi-systématique d'un sol. Les trames aquatique, bocage et cultures, et milieux ouverts sont potentiellement intéressantes mais les résultats y sont difficiles à extrapoler car très dépendants de la disponibilité en habitats concernés, de leur facilité d'accès et de l'abondance des poussées (Fig. 2).

Pour ce qui est des taxons à enjeux, deux bryophytes de la Directive européenne 92/43 Habitat-Faune-Flore ont été rencontrées à Gaillagos: *Buxbaumia viridis* et *Hamatocaulis vernicosus*, mais également 18 bryophytes (6%) des catégories EN (En Danger) et VU (Vulnérable) (6%) de la liste rouge des bryophytes de Midi-Pyrénées (Infante Sánchez, 2015), 18 de la catégorie NT (Quasi Menacé) (6%), et 51 DD (Données Insuffisantes), potentiellement menacés (16%). Escot et Betpouey sont les communes avec le plus de taxons menacés (Fig. 3). Côté champignons, 20 espèces EN et VU de la Liste rouge des champignons de Midi-Pyrénées (Corriol, 2014) (3%) ont été observées, 38 NT (6%) et 83 DD (12%). A noter également, des taxons nouveaux pour la France ont été recensés (i.e. *Tremellodendropsis tuberosa* var. *helvetica* Schild et *Coprinopsis pachyderma* (Bogart) Redhead, Vilgalys & Moncalvo), ou nouveaux pour la région (i.e. *Cheilymenia pulcherrima* (P. Crouan & H. Crouan) Boud., *C. raripila* (W. Philips) Dennis, *Entoloma cruentatum* (Quél.) Noordel., *E. formosum* (Fr.: Fr.) Noordel., *E. lanicum* Romagn., *E. nitens* (Velen.) Noordel., *Leucoagaricus marriageae* (D.A. Reid) Bon, *Mycena pseudopicta* (J. E. Lange) Kühner, *Octospora axillaris* (Nees) M.M. Moser) (Corriol and Hanoire, 2018). On remarquera qu'à ce stade, les taxons de champignons à enjeux sont les plus nombreux dans les communes les mieux prospectées (Fig. 4).

DISCUSSION

Ces travaux pluridisciplinaires permettent de proposer une vision globale de la biodiversité locale, à travers la synthèse des résultats dans un atlas. Le premier finalisé est celui de la commune d'Ayros-Arbouix (Parc national des Pyrénées, 2016). Issu de cet atlas, le diagramme de la Fig. 5 reflète la richesse spécifique dans chaque groupe taxonomique étudié, mais les résultats sont à relativiser car l'effort de prospection déployé pour les différents groupes est inégal et l'ampleur du travail dans chaque groupe également. Cependant on remarque que la flore et la fonge (55% des 993 espèces recensées) dépassent la faune en termes d'espèces. La somme des invertébrés, plantes vasculaires et champignons non lichénisés représentent 77% de l'ensemble des espèces. Parmi la flore et la fonge, le groupe des plantes vasculaires ne représente que 50%; et de leur côté, les vertébrés ne représentent que 18% de la faune. Enfin, les plantes vasculaires et vertébrés, qui constituent la base de la connaissance habituelle en gestion environnementale n'atteignent que 35% de la diversité spécifique connue d'Ayros-Arbouix. En conclusion, l'étude des groupes d'organismes traditionnellement oubliés dans la gestion tels que la fonge et les bryophytes, apparaît bien justifié pour le futur.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à Olivier Jupille et Caroline Bapt (PNP) pour nous avoir fourni le graphe issu de l'atlas d'Ayros-Arbouix et leur appui pour des éléments de mise en forme. Merci aussi à Christophe Bergès et Gérard Largier pour la relecture.

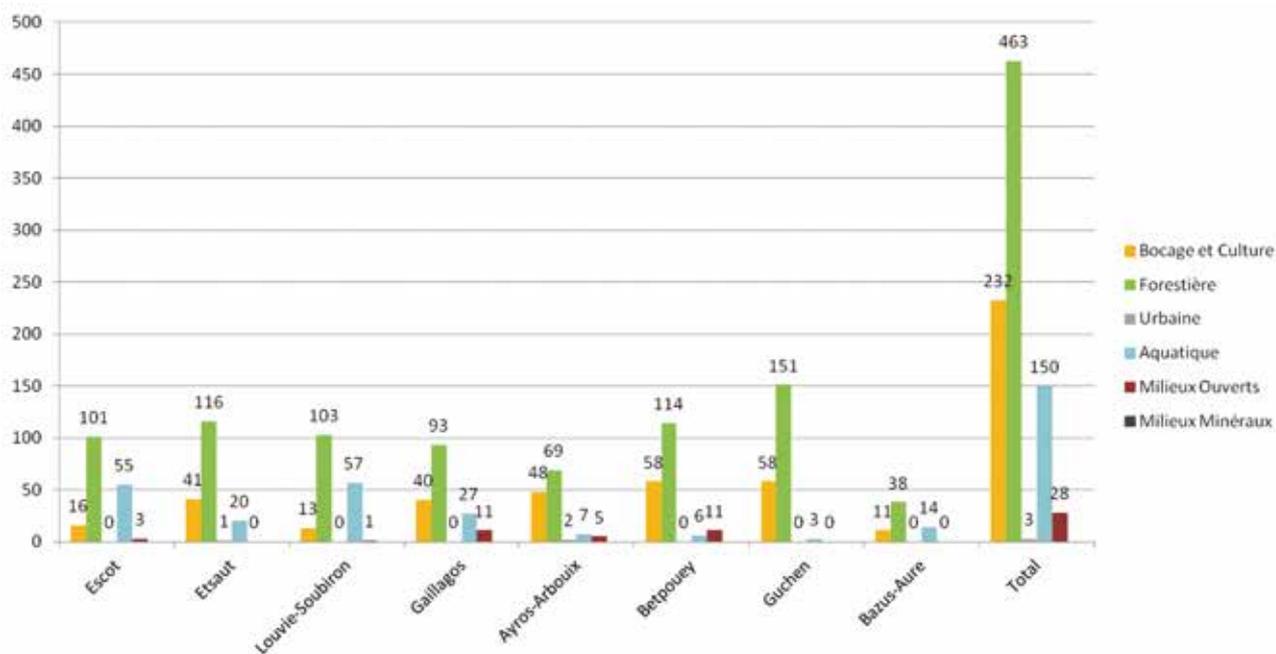


Fig. 2. - Distribution des macromycètes observés, par trame écologique.

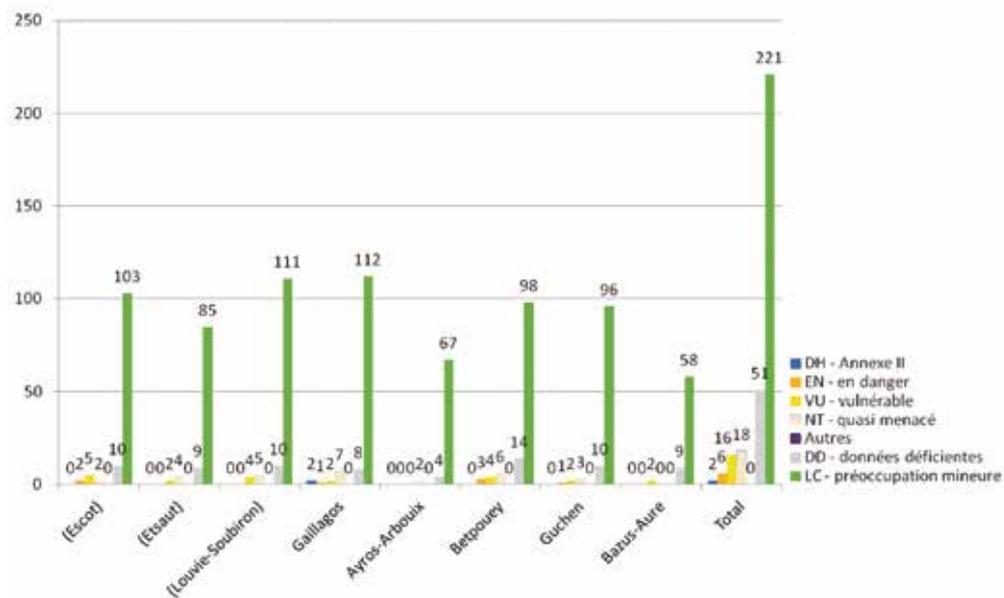


Fig. 3. - Taxons de bryophytes à enjeux identifiés dans le cadre de l'ABC mené dans le PNP.

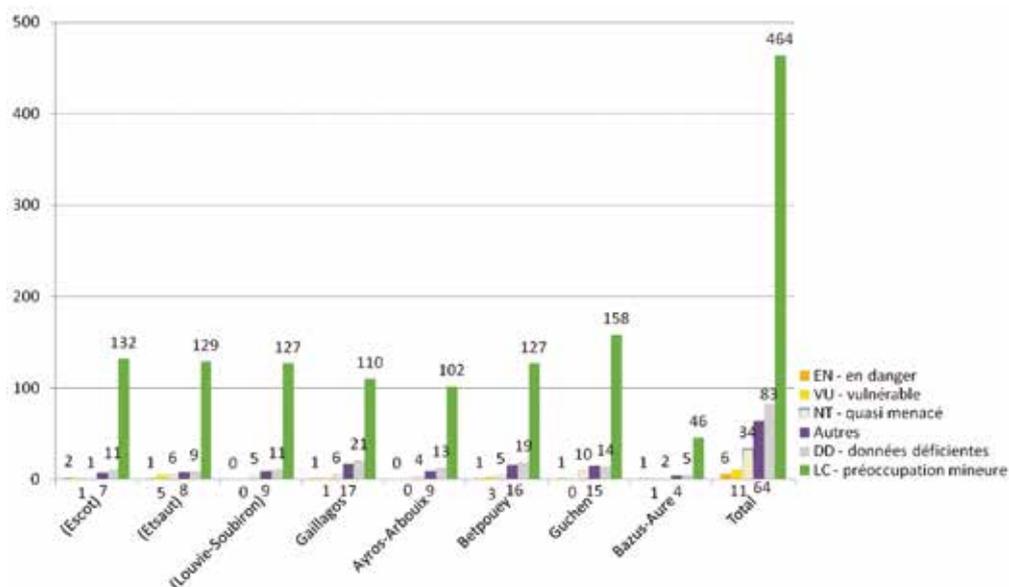


Fig. 4. - Taxons de macromycètes à enjeux identifiés dans le cadre de l'ABC mené dans le PNP.

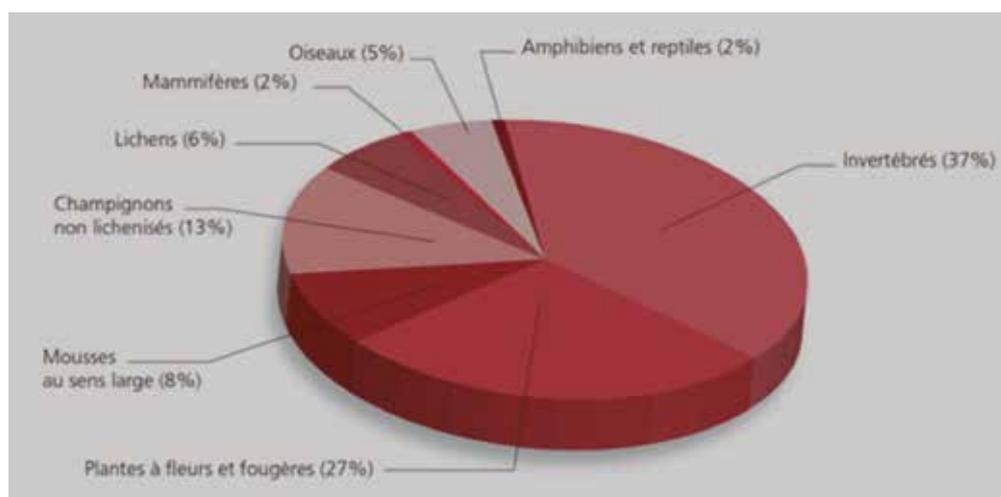


Fig. 5. - Diagramme de la contribution des différents groupes d'espèces étudiés à la biodiversité totale observée à Ayros-Arboux. Source: Parc National des Pyrénées.

BIBLIOGRAPHIE

Corriol, G., 2014. Liste rouge des champignons de Midi-Pyrénées. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Bagnères-de-Bigorre.

Corriol, G., Hannoire, C., 2018. Contribution à l'inventaire mycologique de Midi-Pyrénées (France). Doc. Mycol. XXXVIII, 53–170.

Infante Sánchez, M. (coord.), 2015. Liste rouge des bryophytes de Midi-Pyrénées. Conservatoire botanique national des Pyrénées et Midi-Pyrénées, Bagnères-de-Bigorre.

Paquin, M., Roulot, J., Lévêque, P., 2014. Atlas de la Biodiversité Communale: s'approprier et protéger la biodiversité de son territoire - Guide ABC. Stratégie Nationale pour la Biodiversité, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie avec l'appui technique de la Fédération des Parcs Naturels Régionaux. Disponible en: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Atlas%20de%20la%20biodiversit%C3%A9%20communale%20-%20S%E2%80%99appropri%C3%A9%20et%20prot%C3%A9ger%20la%20biodiversit%C3%A9%20de%20son%20territoire%20-%20guide%20ABC.pdf>.

Parc national des Pyrénées, 2013. Guide méthodologique pour la réalisation d'inventaires naturalistes dans le cadre du programme Atlas de la Biodiversité des Communes (ABC). Éd. du Parc national des Pyrénées, Tarbes.

Parc national des Pyrénées, 2016. Atlas de la biodiversité communale d'Ayros-Arbouix. Éd. du Parc national des Pyrénées, Tarbes.

Les bryophytes de Jean Vivant (Herbier BBF): specimens de la région Midi-Pyrénées

The Jean Vivant collection of bryophytes (Herbier BBF): specimens from the Midi-Pyrenees region

Marta Infante Sánchez¹

¹ Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre, marta.infante-sanchez@cbtnmp.fr

RÉSUMÉ

La collection de bryophytes de Jean Vivant à l'herbier BBF (Bagnères-de-Bigorre) a été restaurée, ses échantillons rassemblés et nettoyés. L'estimation du nombre de ces échantillons est d'environ 2800. Leur origine est très diverse, incluant même une petite collection tropicale de la Guadeloupe. La collection la plus nombreuse (environ 2000 spécimens) provient du département des Pyrénées-Atlantiques. Le travail d'identification a été abordé uniquement pour les échantillons de la région Midi-Pyrénées, dans le cadre du programme de «Développement de la compétence sur les bryophytes en Midi-Pyrénées 2013-2015». 397 échantillons ont été trouvés (390 des Hautes-Pyrénées, 2 de l'Aveyron, 2 de l'Ariège, 1 du Lot et 2 de Tarn-et-Garonne). La liste obtenue contient 220 taxons.

La plupart d'espèces ont été récoltées dans les Hautes-Pyrénées, notamment aux environs de Saint-Pé-de-Bigorre dans le site Natura 2000 FR7300920 - Granquet-Pibeste et Soum d'Ech.

Une quarantaine de ces espèces sont remarquables de différents points de vue: *Buxbaumia viridis* est inscrite à l'Annexe II de la Directive Habitats; *Leucobryum glaucum* et plusieurs espèces de sphaignes sont inscrites dans l'Annexe V de cette Directive; l'espèce lignicole *Odontoschisma denudatum* est citée dans la Charte du Parc national des Pyrénées; *Lejeunea patens* et *Tortula schimperii* sont nouvelles pour la région Midi-Pyrénées; et d'autres sont des espèces encore de répartition méconnue dans la région (*Anomodon longifolius*, *A. rostratus*, *Ditrichum pallidum*, *Encalypta alpina*, *Oncophorus virens*, *Paraleucobryum sauteri*, *Scapania aequiloba*, etc...).

MOTS-CLÉS: Bryophyte, herbier, Vivant, France, Pyrénées.

ABSTRACT

The bryophyte collection of Jean Vivant within BBF herbarium (Bagnères-de-Bigorre) was restored, its specimens gathered and cleaned. The estimated number of these specimens is approximately 2800. Their origins are very diverse, including even a small tropical collection of the Guadeloupe. The biggest collection (approximately 2000 specimens) comes from the department of Pyrénées-Atlantiques. The work of identification was approached only for the specimens from Midi-Pyrénées region, within the framework of "Development of competence on bryophytes in Midi-Pyrénées 2013-2015" program. 397 samples were found (390 from Hautes-Pyrénées, 2 from Aveyron, 2 from Ariège, 1 from Lot and 2 from Tarn-and-Garonne). The list obtained contains 220 taxa. Most specimens were collected in the Hautes-Pyrénées, in particular around Saint-Pé-de-Bigorre (site Natura 2000 FR7300920 - Granquet-Pibeste and Soum D'Ech). Forty of these species are remarkable from various points of view: *Buxbaumia viridis* is included in the Appendix II of the Directive Habitats; *Leucobryum glaucum* and several sphagna species are included in the Appendix V of this Directive; lignicolous *Odontoschisma denudatum* is included in the Charter of the Pyrenees National park; *Lejeunea patens* and *Tortula schimperii* are new for the Midi-Pyrénées region; and others are species still of misunderstood distribution in the area (*Anomodon longifolius*, *A. rostratus*, *Ditrichum pallidum*, *Encalypta alpina*, *Oncophorus virens*, *Paraleucobryum sauteri*, *Scapania aequiloba*, etc...).

KEY WORDS: Bryophyte, herbarium, Vivant, France, Pyrenees.

INTRODUCTION

Professeur du lycée d'Orthez (Pyrénées-Atlantiques) à partir de 1953, Jean Vivant (Candresse 1923 – Orthez 2010) est bien connu par ses études des plantes vasculaires, lichens, champignons, insectes et autres invertébrés... notamment dans les Pyrénées occidentales françaises et espagnoles, les Landes, la Corse mais aussi en Côte d'Ivoire, Sénégal, Canaries, Maroc, Tunisie, Réunion, Guadeloupe...

Il a décrit de nombreuses espèces et devenu le meilleur spécialiste contemporain de la flore et de la fonge des Pyrénées occidentales françaises. Il a reçu plusieurs dé-

dicaces dans la nomenclature botanique, mycologique et lichénologique dont un genre de champignon, *Vivantia*. En 1980, il a reçu la médaille d'honneur de la Société botanique de France et la Légion d'honneur en 2010 (Largier & Corriol, 2011).

En 2009, Jean Vivant et son épouse Jacqueline ont donné son herbier au Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, en partenariat avec le Conservatoire botanique national sud-atlantique.

La collection de bryophytes Jean Vivant a été restaurée. Les premiers résultats de sa révision partielle sont à suivre.

ZONE D'ÉTUDE ET MÉTHODE

Les échantillons ont été rassemblés et nettoyés, puis réorganisés dans des boîtes adéquates et rangés par localités. Le travail d'identification et la numérotation ont été abordés uniquement pour les échantillons de la région Midi-Pyrénées, dans le cadre du programme de «Développement de la compétence sur les bryophytes à Midi Pyrénées 2013-2015» (Conservatoire botanique national des Pyrénées et Midi-Pyrénées CBNPMP - Région Midi-Pyrénées).

L'information contenue dans les libellés des échantillons et les déterminations ont été dépouillés dans la base de données FLORA (CBNPMP).

RÉSULTATS

L'estimation du nombre des échantillons de cet herbier est d'environ 2800. Comme le reste de son herbier, ses origines sont très diverses, incluant même une petite collection tropicale de la Guadeloupe. La collection la plus nombreuse (environ 2000 spécimens) provient du département des Pyrénées-Atlantiques. Des nombreuses autres localités du département des Landes, et d'autres d'un peu partout en France pourraient être aussi citées.

Une petite collection (50 échantillons) correspond à un échange avec le botaniste Jean Jallu (1899-1979), portant la mention Herbier Jallu, avec des échantillons récoltés entre 1914 et 1932 et identifiés par cet auteur. Ces échantillons proviennent notamment (mais pas exclusivement) des départements de Hautes-Pyrénées, Gironde et Pyrénées-Atlantiques. Le reste est original, récolté par Jean Vivant.

Pour la région Midi-Pyrénées, 397 échantillons ont été trouvés (390 des Hautes-Pyrénées, 2 de l'Aveyron, 2 de l'Ariège, 1 du Lot et 2 de Tarn-et-Garonne). Environ 25% des échantillons ont été ré-identifiés ou identifiés pour la première fois, et le restant validé.

Les localités ont été regroupées par simplification en 45 lieux, qui peuvent être consultées dans l'annexe 1. La liste obtenue à partir de ces échantillons contient 220 taxons (173 mousses et 47 hépatiques) (annexe 2).

DISCUSSION

La plupart (324 échantillons) furent récoltés aux environs de Saint-Pé-de-Bigorre, aujourd'hui inclus dans le site Natura 2000 FR7300920 - Granquet-Pibeste et Soum d'Ech, et la Réserve naturelle régionale du Massif du Pibeste-Aoulhet. Cette région a été visitée par J. Vivant en nombreuses occasions entre 1995 et 1997. Le résultat pour la Réserve est une liste de 184 taxons, dont 38 sont des hépatiques et 146 des mousses. Toutes les altitudes sont représentées, dès 350 à 1700 m; mais les secteurs les plus visités sont les vallées des Génies (Génie Longue et Génie Braque), au versant nord de la Réserve.

Dans la collection provenant de Midi-Pyrénées, une quarantaine de ces espèces sont remarquables depuis différents points de vue, comme les exemples suivants:

- *Buxbaumia viridis* est inscrite à l'Annexe II de la Directive Habitats.
- *Leucobryum glaucum* et plusieurs espèces de sphaignes sont inscrites dans l'Annexe V de cette Directive.
- quelques espèces marquent des limites diverses de répartition (*Myriocoleopsis minutissima* subsp. *minutissima*, *Cololejeunea rossettiana*, *Dicranum majus*, *Hookeria lucens*,...)
- la lignicole *Odontoschisma denudatum* est citée dans la Charte du Parc National des Pyrénées
- *Lejeunea patens* et *Tortula schimperi* sont nouvelles pour la région Midi-Pyrénées.
- d'autres sont des espèces encore de répartition méconnue dans la région (*Anomodon longifolius*, *A. rostratus*, *Campylopus atrovirens*, *Ditrichum pallidum*, *Encalypta alpina*, *Lescuraea mutabilis*, *Leucobryum juniperoideum*, *Oncophorus virens*, *Paraleucobryum sauteri*, *Scapania aequiloba*, etc...).

REMERCIEMENTS

Un grand merci à Jean et Jacqueline Vivant d'avoir mis à disposition publique cette superbe collection. Patxi Heras est remercié par son aide dans l'identification de certains échantillons.

BIBLIOGRAPHIE

Largier, G., Corriol, G., 2011. L'herbier de Jean Vivant au Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (BBF, Bagnères de Bigorre, France). Boletín de la AHIM 12-13, 38-40.

ANNEXE 1: LISTE DES LOCALITÉS

- 1- Ariège, Seix, Quer Grand, Aréau-Angouls, dans le massif du Valier.
- 2- Ariège, Petites Pyrénées.
- 3- Aveyron, Castelmary, bord de l'Aveyron.
- 4- Aveyron, Naucelle, Mt. Carons.
- 5- Hautes-Pyrénées, Agos-Vidalos, base sud du Pibeste, 400-500 m. Leg. Jean Vivant 1995.
- 6- Hautes-Pyrénées, Agos-Vidalos, vallon entre Pibeste et montagne de la Serre. Leg. Jean Vivant 1999.
- 7- Hautes-Pyrénées, Ancizan, route de la Hourquette. 800 m. Leg. J. Vivant 1984 et 1997.
- 8- Hautes-Pyrénées, Azet, ancien lac glaciaire comblé au Pla d'Azet. 1100-1200 m. Leg. J. Vivant 1997.
- 9- Hautes-Pyrénées, Bagnères-de-Bigorre, col du Tourmalet. 1900 m. Leg. Jeanjean 1918.
- 10- Hautes-Pyrénées, Cadéac, 700 m. Leg. J. Vivant 1997.
- 11- Hautes-Pyrénées, Camous, 550-680 m. Leg. J. Vivant 1997.
- 12- Hautes-Pyrénées, Cauterets, pic Péguère, 2000-2315 m. Leg. J. Vivant 1967 + ? 1931.
- 13- Hautes-Pyrénées, Cauterets, pic de Peyre-Nère. 1800-1850 m. Leg. J. Vivant 1967.
- 14- Hautes-Pyrénées, Cauterets, vallée de Lutour. 1200-1500 m. Leg. Jeanjean 1931 + J. Vivant 1966.
- 15- Hautes-Pyrénées, Cauterets, descendant du lac de Gaube au pont d'Espagne. 1400-1800 m. Leg. J. Vivant 1949 et 1966.
- 16- Hautes-Pyrénées, Cauterets, en montant à la Tuque d'Hera Courbe et aux Clôts d'eth Lioû. 1700 m. Leg. J. Vivant 1967.
- 17- Hautes-Pyrénées, Cauterets, la Glacière, 1025 m. Leg. ? 1932.
- 18- Hautes-Pyrénées, Cauterets, la Raillère. Leg. ? 1931.
- 19- Hautes-Pyrénées, Cauterets, lac de Gaube, 1800 m. Leg. Jeanjean 1925.
- 20- Hautes-Pyrénées, Cauterets, Lisey, 1200 m. Leg. ? 1931.
- 21- Hautes-Pyrénées, Cauterets, le Mamelon Vert, 900 m. Leg. J. Vivant 1967 et 1970.
- 22- Hautes-Pyrénées, Cauterets, montagnes de Cauterets. Leg. J. Vivant 1949.
- 23- Hautes-Pyrénées, Cauterets, oulettes du Vignemale, 1980 m. Leg. Jeanjean 1925, Jallu et Jeanjean 1927, ? 1931.
- 24- Hautes-Pyrénées, Cauterets, pont d'Espagne. Leg. Jeanjean 1919.
- 25- Hautes-Pyrénées, Cauterets, vallée du Liou, 1600-1700 m. Leg. J. Vivant 1967.
- 26- Hautes-Pyrénées, Cauterets. Leg. J. Vivant 1949.
- 27- Hautes-Pyrénées, Estaing, en montant au lac du Pourtet, depuis les laquets du pic Arroudy, 2400 m. Leg. J. Vivant 1966 et 1967.
- 28- Hautes-Pyrénées, Estaing, haute vallée du gave de Cambasque, près du Lac Bleu, 2000 m. Leg. J. Vivant 1967.
- 29- Hautes-Pyrénées, Hèches, col de l'Estibère, 1400-1600 m. Leg. J. Vivant 1994 et 1995.
- 30- Hautes-Pyrénées, Jezeau. Leg. anonyme 1990.
- 31- Hautes-Pyrénées, Lortet, 550-600 m. Leg. J. Vivant 1997 et 1998.
- 32- Hautes-Pyrénées, Loudenvielle, val de Lournon, 1000 m. Leg. J. Vivant.
- 33- Hautes-Pyrénées, Lourdes, gave de Pau, 350-400 m. Leg. J. Vivant 1995 et 1996.
- 34- Hautes-Pyrénées, Lourdes, vallée du torrent Arboucau, 400-500 m. Leg. J. Vivant 1995.
- 35- Hautes-Pyrénées, Saint-Lary-Soulan, Rioumajou, près Frédancon, 1500 m. Leg. J. Vivant 1997.
- 36- Hautes-Pyrénées, Saint-Pé-de-Bigorre, vallée de la Génie Longue, 330-1500 m. Leg. J. Vivant 1994-1995.
- 37- Hautes-Pyrénées, Saint-Pé-de-Bigorre, vallée de la Génie Braque, 360-1400 m. Leg. J. Vivant 1994 - 1997, 1999.
- 38- Hautes-Pyrénées, Saint-Pé-de-Bigorre, hauteurs du bassin des Génies, 700-1400 m. Leg. J. Vivant 1994, 1995.
- 39- Hautes-Pyrénées, Saint-Pé-de-Bigorre, confluent de la Génie longue et du gave de Pau, 330-400 m. Leg. J. Vivant 1995.
- 40- Hautes-Pyrénées, Salles, haute vallée de la Génie Longue, 1100-1700 m. Leg. J. Vivant 1994, 1995.
- 41- Hautes-Pyrénées, Segus, vallon de la Latée, Prat du Rey, 1150-1200 m. Leg. J. Vivant 1995.
- 42- Hautes-Pyrénées, Villelongue, Ortiac à l'abbaye de Saint-Orens, 600-700 m. Leg. J. Vivant 1998.
- 43- Lot, Sauliac-sur-Célé. Leg. J. Vivant.
- 44- Tarn-et-Garonne, Malause. Leg. J. Vivant 1950.
- 45- Midi-Pyrénées. Leg. anonyme.

ANNEXE 2: LISTE DE TAXONS

Note: Sauf autre indication, le déterminateur est Jean Vivant. En cas de redétermination, le nom original attribué à l'échantillon apparaît entre parenthèse, et le nom du responsable de la dernière identification à la fin.

Marchantiophyta (hépatiques)

Anastrophyllum minutum (Schreb.) R.M.Schust., **Loc. 13**, BBFbryo-Vivant-353 det. M. Infante 2013; **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-86 det. M. Infante 2013.

Aneura pinguis (L.) Dumort., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-92.

Barbilophozia hatcheri (A. Evans) Loeske, **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-297 det. M. Infante 2013.

Barbilophozia sudetica (Nees & Huebener) L. Söderstr., De Roo & Hedd. (sub *Cephaloziella?*), **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-354 det. M. Infante 2013.

Bazzania tricrenata (Wahlenb.) Lindb., **Loc. 28**, BBFbryo-Vivant-358; BBFbryo-Vivant-323 det. M. Infante 2013.

Bazzania trilobata (L.) Gray, **Loc. 33**, BBFbryo-Vivant-13, BBFbryo-Vivant-12. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-179.

Blepharostoma trichophyllum (L.) Dumort., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-352 et 357 det. M. Infante 2013. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-282.

Calypogeia fissa (L.) Raddi, **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-3 (sub *Chiloscyphus pallescens* Lindenb.), rev. M. Infante 2013. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-72; BBFbryo-Vivant-77 (sub *C. trichomanis* (L.) Corda) rev. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-114 (sub *C. trichomanis* (L.) Corda) rev. M. Infante 2013.

Cololejeunea rossettiana (C.Massal.) Schiffrn., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-234 det. J. Vivant, Conf. R. B. Pierrot 2013.

Diplophyllum albicans (L.) Dumort., **Loc. 28**, BBFbryo-Vivant-323 det. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-131, 198 et 191; BBFbryo-Vivant-191 det. M. Infante 2013. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-59.

Diplophyllum taxifolium (Wahlenb.) Dumort., **Loc. 28**, BBFbryo-Vivant-323 det. M. Infante 2013.

Frullania dilatata (L.) Dumort., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-293. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-27. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-237 det. M. Infante 2013, BBFbryo-Vivant-248.

Frullania fragillifolia (Taylor) Gottsche, Lindenb. & Nees, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-147 det. H. Bischler.

Frullania tamarisci (L.) Dumort., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-55 det. M. Infante 2013, BBFbryo-Vivant-26 et 54.

Gymnomitrium concinatum (Lightf.) Corda, **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-356 det. M. Infante 2013. **Loc. 28**, BBFbryo-Vivant-355 det. M. Infante 2013.

Jungermannia atrovirens Dumort., **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-9 et 10. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-276. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-302.

Jungermannia sp., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-204 (*Solenostoma atrovirens* (Schl.) K. Müll.) rev. M. Infante 2013.

Loc. 40, BBFbryo-Vivant-300 (sub *Aplozia sphaerocarpa* Dum. var. *nana* Nees cf.) rev. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-217 (*Solenostoma atrovirens* (Schl.) K. Müll.) rev. M. Infante 2013.

Lejeunea cavifolia (Ehrh.) Lindb., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-80. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-247.

Lejeunea patens Lindb., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-249 det. R. B. Pierrot 1995.

Lepidozia reptans (L.) Dumort., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-278. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-288.

Lophocolea bidentata (L.) Dumort., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-235.

Marchantia polymorpha L., **Loc. 3**, BBFbryo-Vivant-382.

Marsupella emarginata (Ehrh.) Dumort., **Loc. 28**, BBFbryo-Vivant-324 det. M. Infante 2013.

Mesoptychia bantriensis (Hook.) L.Söderstr. & Váňa, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-221 -(sub *Calypogeia arguta* Nees et Mont.) rev. M. Infante 2013. BBFbryo-Vivant-257 (sub *Lophozia ventricosa* (Dicks.) Dum.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-159.

Metzgeria conjugata Lindb., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-122 det. J. Vivant et 132 det. M. Infante 2013.

Metzgeria furcata (L.) Dumort., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-96 et 167.

Metzgeria pubescens (Schrank) Raddi, **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-352 det. M. Infante 2013. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-81.

Myriocoleopsis minutissima subsp. *minutissima* (Sm.) R. L. Zhu, Y. Yu & Pócs, **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-240.

Nowellia curvifolia (Dicks.) Mitt., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-103. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-33.

Odontoschisma denudatum (Mart.) Dumort., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-110 (*Jungermannia lanceolata* L. cf.) rev. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-160; BBFbryo-Vivant-112 det. M. Infante 2013.

Pedinophyllum interruptum (Nees) Kaal., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-280. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-97 (sub *Plagiochila asplenioides* (L.) Dum. var. *minor* Lindenb.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-93 det. M. Infante 2013.

Pellia endiviifolia (Dicks.) Dumort., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-99.

Pellia epiphylla (L.) Corda, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-203.

Plagiochila asplenioides (L. emend. Taylor) Dumort., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-98.

Plagiochila porelloides (Torrey ex Nees) Lindenb., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-155 (sub *Pedinophyllum interruptum* (Nees) Kaal.) rev. M. Infante 2013.

Porella arboris-vitae (With.) Grolle, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-310.

Porella cordaeana (Huebener) Moore, **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-156.

Porella platyphylla (L.) Pfeiff., **Loc. 10**, BBFbryo-Vivant-342. **Loc. 31**, BBFbryo-Vivant-346 (sub *Frullania cesatiana* De Not.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-163 et 139. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-238. **Loc. 42**, BBFbryo-Vivant-18.

Preissia quadrata (Scop.) Nees, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-235 det. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-255. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-89 (sub *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi) rev. M. Infante 2013. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-286.

Radula complanata (L.) Dumort., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-244. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-165 (sub *Scapania gymnostomophila* Kaal.) rev. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-142. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-44.

Riccardia chamedryfolia (With.) Grolle, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-253 (sub *Riccardia palmata* (Hedw.) Carr.) rev. M. Infante 2013.

Scapania aequiloba (Schwägr.) Dumort., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-218 (sub *Scapania cuspiduligera* (Nees) Müll.) rev. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-45 (sub *Scapania* cf. *aspera* Spruce ou peut-être *verrucosa* ou *aequiloba*) rev. M. Infante 2013.

Scapania aspera M. Bernet & Bernet, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-164 (sub *Scapania nemorea* (L.) Grolle) rev. M. Infante 2013. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-271 (sub *Scapania* cf. *subalpina* (Nees) Dum.) rev. M. Infante 2013.

Scapania nemorea (L.) Grolle, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-120.

Southbya tophacea (Spruce) Spruce, **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-4.

Trichocolea tomentella (Ehrh.) Dumort., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-231.

Trilophozia quinquedentata (Huds.) Bakalin, **Loc. 13**, BBFbryo-Vivant-371.

Bryophyta (mousses)

Abietinella abietina (Hedw.) M. Fleisch., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-209 (sub *Pseudoleskea patens* (Lindb.) Limpr.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-192 M. Infante 2013. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-22. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-34; BBFbryo-Vivant-316 (sub *Leskeella nervosa* (Schwaegr.) Loeske) rev. M. Infante 2013.

Alleniella complanata (Hedw.) S. Olsson, Enroth & D. Quandt, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-230 et 245. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-172.

Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-141 (sub *Rhynchostegiella tenella* (Dicks.) Limpr.) rev. M. Infante 2014.

Andreaea rothii F. Weber & D. Mohr, **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-56.

Andreaea rupestris Hedw., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-359. **Loc. 19**, BBFbryo-Vivant-397 det. J. Jallu. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-191.

Anomodon longifolius (Schleich. ex Brid.) Hartm., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-152.

Anomodon rostratus (Hedw.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-75 (sub *Leskeella nervosa* (Schwaegr.) Loeske) rev. M. Infante 2013.

Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor, **Loc. 32**, BBFbryo-Vivant-328. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-307. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-128. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-71 (sub *Hedwigidium integrifolium* (P. B.) Dix. det. R. B. Pierrot) rev. M. Infante 2013.

Atrichum undulatum (Hedw.) P. Beauv., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-394 det. J. Jallu. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-127. **Loc. 41**, BBFbryo-Vivant-19.

Aulacomnium androgynum (Hedw.) Schwägr., **Loc. 13**, BBFbryo-Vivant-353 det. M. Infante 2013.

Bartramia halleriana Hedw., **Loc. 15**, BBFbryo-Vivant-376. **Loc. 17**, BBFbryo-Vivant-395 det. J. Jallu. **Loc. 22**, BBFbryo-Vivant-375. **Loc. 26**, BBFbryo-Vivant-374.

Bartramia ithyphylla Brid., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-178.

Bartramia pomiformis Hedw., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-53; BBFbryo-Vivant-64 det. M. Infante 2013.

Brachythecium velutinum (Hedw.) Ignatov & Huittunen, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-306. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-214.

Brachythecium velutinum var. *salicinum* (Schimp.) Ochya & Żarnowiec, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-151 (sub *Rhynchostegium confertum*) rev. M. Infante 2014.

Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-224. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-146 (sub *Brachythecium velutinum* (Hedw.) B. E.) rev. M. Infante 2014. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-314. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-309.

Brachythecium velutinum (Hedw.) Schimp., **Loc. 41**, BBFbryo-Vivant-20 (sub *Brachythecium plumosum* B. et S.) rev. M. Infante 2014.

Braunia imberbis (Sm.) N. Dalton & D. G. Long, **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-55 (sub *Andreaea rupestris* Hedw. cf.) rev. M. Infante 2013.

Bryoerythrophyllum recurvirostrum (Hedw.) P. C. Chen, **Loc. 42**, BBFbryo-Vivant-319 det. M. Infante 2014.

Bryum argenteum Hedw., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-70.

Bryum sp., **Loc. 1**, BBFbryo-Vivant-383 det. M. Infante 2013.

Bryum schleicheri DC., **Loc. 25**, BBFbryo-Vivant-370 det. M. Infante 2013.

Buxbaumia viridis (Moug. ex Lam. & DC.) Brid. ex Moug. & Nestl., **Loc. 30**, BBFbryo-Vivant-380 det. M. Infante 2013.

Calliargonella cuspidata (Hedw.) Loeske, **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-2. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-220. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-153.

Campylium protensum (Brid.) Kindb., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-78 et 222.

Campylophyllum halleri (Sw. ex Hedw.) M. Fleisch., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-298.

- Campylopus atrovirens* De Not., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-196 (sub *Campylopus flexuosus* Brid.) rev. M. Infante 2014; BBFbryo-Vivant-130.
- Campylopus fragilis* (Brid.) Bruch & Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-150 (sub *Campylopus fragilis* (Turn.) B. E.) det. R. B. Pierrot.
- Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid., **Loc. 5**, BBFbryo-Vivant-15.
- Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-268. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-205; BBFbryo-Vivant-289 (sub *Leskeella nervosa* (Brid.) Loeske cf.) rev. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-47 (sub *Tortula mucronifolia* Schwaegr.) rev. M. Infante 2013.
- Cinclidotus fontinaloides* (Hedw.) P. Beauv., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-239.
- Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-252. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-69 (sub *Thamnium alopecurum* (Hedw.) B.e.) rev. M. Infante 2013.
- Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-149 et 263. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-183 (sub *Brachythecium* sp?) det. M. Infante 2014.
- Cryphaea heteromalla* (Hedw.) D. Mohr, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-241.
- Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt., **Loc. 31**, BBFbryo-Vivant-344. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-106 et 350.
- Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-279 det. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-226. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-115 et 162. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-40 (sub *Didymodon ferrugineus* (Schimp. Ex Besch.) M. Hill cf.) rev. M. Infante 2013.
- Dicranella howei* Renauld & Cardot, **Loc. 42**, BBFbryo-Vivant-320 (sub *Dicranella schreberiana* (Hedw.) Hilp. Ex Crum et And.) rev. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-319 (sub *Ditrichum pusillum* (Hedw.) Hampe) rev. M. Infante 2014.
- Dicranella varia* (Hedw.) Schimp., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-39 (sub *Anisothecium varium* (Hedw.) Mitt.) rev. M. Infante 2014.
- Dicranum majus* Sm., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-184.
- Dicranum scoparium* Hedw., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-108. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-82.
- Didymodon insulanus* (De Not.) M. O. Hill, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-254 (sub *Ditrichum lineare*) rev. R. B. Pierrot 2013. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-292 rev. M. Infante 2013.
- Didymodon spadiceus* (Mitt.) Limpr., **Loc. 11**, BBFbryo-Vivant-335 det. M. Infante 2014.
- Distichium capillaceum* (Hedw.) Bruch & Schimp., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-352 det. M. Infante 2013. **Loc. 18**, BBFbryo-Vivant-389 det. J. Jallu. **Loc. 20**, BBFbryo-Vivant-387 det. J. Jallu. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-299 (sub *Dicranella crispa* (Hedw.) Schimp.) rev. M. Infante 2014. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-51 det. J. Vivant Conf. R. B. Pierrot 1995.
- Ditrichum flexicaule* (Schwägr.) Hampe, **Loc. 11**, BBFbryo-Vivant-340. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-35 (sub *Campylopus fragilis* ou *flexuosus*) rev. M. Infante 2014.
- Ditrichum pallidum* (Hedw.) Hampe, **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-232.
- Encalypta alpina* Sm., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-362 det. M. Infante 2013.
- Encalypta ciliata* Hedw., **Loc. 11**, BBFbryo-Vivant-338.
- Encalypta streptocarpa* Hedw., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-225, 273, 274. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-117.
- Encalypta vulgaris* Hedw., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-269.
- Entodon concinnus* (De Not.) Paris, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-267. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-154.
- Eucladium verticillatum* (With.) Bruch & Schimp., **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-6 rev. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-158 (sub *Campylopus subulatus* Schimp.) rev. M. Infante 2014.
- Eurhynchium striatum* (Hedw.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-305 det. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-251. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-136 et 200. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-312.
- Exsertotheca crispa* (Hedw.) S. Olsson, Enroth & D. Quandt, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-317 (sub *Neckera pumila* Hedw.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-104.
- Fissidens adianthoides* Hedw., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-116; BBFbryo-Vivant-132 (sub *Fissidens taxifolius* Hedw.) rev. M. Infante 2013.
- Fissidens grandifrons* Brid., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-100.
- Fissidens taxifolius* Hedw., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-28 (sub *Fissidens* cf. *exiguus* Sull.) rev. M. Infante 2013.
- Fissidens viridulus* (Sw. ex anon.) Wahlenb., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-77 rev. M. Infante 2013; BBFbryo-Vivant-79 (sub *Fissidens bryoides* Hedw.) rev. M. Infante 2013.
- Fontinalis antipyretica* Hedw., **Loc. 4**, BBFbryo-Vivant-381 (sub *Fissidens grandifrons*) rev. M. Infante 2014.
- Funaria hygrometrica* Hedw., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-212 et 272.
- Grimmia funalis* (Schwägr.) Bruch & Schimp., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-365.
- Grimmia hartmanii* Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-304 (sub *Anomodon longifolius* (Brid.) Hartm.) rev. M. Infante 2013.
- Grimmia laevigata* (Brid.) Brid., **Loc. 5**, BBFbryo-Vivant-16. **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-5 det. M. Infante 2013.
- Grimmia montana* Bruch & Schimp., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-364. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-60 et 90.
- Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-67.
- Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., **Loc. 7**, BBFbryo-Vivant-341.
- Grimmia ramondii* (Lam. & DC.) Margad., **Loc. 23**, BBFbryo-Vivant-396 (det. J. Jallu sub *Rhacomitrium patens* Hueb.) rev. M. Infante 2013.

- Hedwigia ciliata* (Hedw.) P. Beauv., **Loc. 10**, BBFbryo-Vivant-339. **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-5.
- Hedwigia ciliata* var. *leucophaea* Bruch & Schimp. **Loc. 8**, BBFbryo-Vivant-345 (sub *Hedwigia ciliata*) rev. M. Infante 2013.
- Hedwigia stellata* Hedenäs, **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-57 (sub *Hedwigia ciliata* (Ehrh.) B.e. (=H. *albicans* (Web.) Lindb.) rev. M. Infante 2013.
- Herzogiella seligeri* (Brid.) Z. Iwats., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-31. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-168; BBFbryo-Vivant-197 (sub *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *brevisetum* Schimper) rev. M. Infante 2014.
- Homalia trichomanoides* (Hedw.) Brid., **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-313.
- Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob., **Loc. 31**, BBFbryo-Vivant-347. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-76. **Loc. 44**, BBFbryo-Vivant-378.
- Homalothecium sericeum* (Hedw.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-30. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-126; BBFbryo-Vivant-145.
- Hookeria lucens* (Hedw.) Sm., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-166 et 190.
- Hygrohypnum luridum* (Hedw.) Jenn., **Loc. 11**, BBFbryo-Vivant-335 (sub *Homomallium incurvatum* (Schrad.) Loeske) rev. M. Infante 2014. **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-7 det. M. Infante 2014. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-242 (sub *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb.) rev. M. Infante 2014.
- Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-266.
- Hymenoloma crispulum* (Hedw.) Ochyra, **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-361.
- Hymenostylium recurvirostrum* (Hedw.) Dixon, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-94 (sub *Didymodon tophaceus* (Brid.) Jur.) rev. M. Infante 2013.
- Hypnum cupressiforme* var. *cupressiforme* Hedw., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-219. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-125 et 144.
- Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* Brid., **Loc. 43**, BBFbryo-Vivant-384 det. M. Infante 2014.
- Hypnum hamulosum* Schimp., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-174 det. R.B. Pierrot.
- Hypnum jutlandicum* Holmen & E. Warncke, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-193.
- Ilmbribryum alpinum* (Huds. ex With.) N. Pedersen, **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-66.
- Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov., **Loc. 14**, BBFbryo-Vivant-390 det. J. Jallu. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-63, 229 et 258; BBFbryo-Vivant-223 (sub *Brachythecium rutabulum* cf.) rev. M. Infante 2014. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-111 det. M. Infante 2014.
- Isothecium myosuroides* Brid., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-195. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-38 (sub *Amblystegium varium* Lindb.) rev. P. Heras & M. Infante 2014.
- Kiaeria starkei* (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen, **Loc. 27**, BBFbryo-Vivant-360 (sub *Dicranella heteromalla*) rev. M. Infante 2013.
- Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-227 et 259. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-111 det. M. Infante 2014; BBFbryo-Vivant-137. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-311. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-301.
- Leptodon smithii* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, **Loc. 6**, BBFbryo-Vivant-351.
- Lescuraea incurvata* (Hedw.) E. Lawton, **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-83. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-285 et 294.
- Lescuraea mutabilis* (Brid.) Lindb. ex I. Hagen, **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-216 (sub *Amblystegium varium* Lindb.) rev. P. Heras & M. Infante 2014.
- Lescuraea plicata* (Scheich. ex F. Weber & D. Mohr) Broth., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-41.
- Leucobryum glaucum* (Hedw.) Ångstr., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-86.
- Leucobryum juniperoideum* (Brid.) Müll.Hal., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-121 (sub *Leucobryum glaucum* (Hedw.) Schimp.) rev. M. Infante 2013.
- Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-170 et 187. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-23.
- Lewinskya affinis* (Schrad. ex Brid.) F. Lara, Garilleti & Goffinet (*Orthotrichum affine* Schrad. ex Brid.), **Loc. 5**, BBFbryo-Vivant-14.
- Lewinskya striata* (Hedw.) F. Lara, Garilleti & Goffinet (*Orthotrichum striatum* Hedw.), **Loc. 5**, BBFbryo-Vivant-14.
- Loeskeobryum brevirostre* (Brid.) M. Fleisch. ex Broth., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-277.
- Mnium hornum* Hedw., **Loc. 33**, BBFbryo-Vivant-11. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-171 et 182. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-87.
- Mnium stellare* Hedw., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-236.
- Nogopterium gracile* (Hedw.) Crosby & W.R.Buck, **Loc. 10**, BBFbryo-Vivant-334. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-138 (sub *Pterigynandrum filiforme* (Timm.) Hedw.) rev. M. Infante 2013.
- Oncophorus virens* (Hedw.) Brid., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-46.
- Orthothecium rufescens* (Dicks. ex Brid.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-207. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-49.
- Orthotrichum anomalum* Hedw., **Loc. 7**, BBFbryo-Vivant-343. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-270 et 332.
- Orthotrichum cupulatum* Hoffm. ex Brid., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-260 rev. M. Infante 2013. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-331 (sub *Orthotrichum* cf. *anomalum* Hedw. var. *defluens* Vent.) rev. M. Infante 2013.
- Orthotrichum lyellii* Hook. & Taylor, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-333.
- Orthotrichum schimperi* Hammar, **Loc. 5**, BBFbryo-Vivant-17 (sub *Orthotrichum rogeri* Brid.) rev. R. B. Pierrot 2013.

- Orthotrichum stramineum* Hornsch. ex Brid., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-330 (sub *Orthotrichum affine* Schrader) rev. M. Infante 2013.
- Oxyrrhynchium speciosum* (Brid.) Warnst., **Loc. 44**, BBFbryo-Vivant-379 det. M. Infante 2013.
- Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-262. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-107.
- Palustriella falcata* (Brid.) Hedenäs, **Loc. 9**, BBFbryo-Vivant-398 det. J. Jallu. **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-1 (sub *Drepanocladus uncinatus* (Hedw.) Warnst.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-281.
- Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-176 (sub *Campylopus flexuosus* (Hedw.) Brid.) rev. M. Infante 2014.
- Paraleucobryum sauteri* (Bruch & Schimp.) Loeske, **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-50 (sub *Orthodicranum montanum* (Hedw.) Loeske) rev. M. Infante & P. Heras 2014.
- Philonotis fontana* (Hedw.) Brid., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-287 (sub *Philonotis calcarea* (B.E.) Sch.) rev. M. Infante 2013.
- Philonotis seriata* Mitt., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-88.
- Plagiomnium rostratum* (Schrad.) T. J. Kop., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-123 (sub *Mnium affine* Bland.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-21.
- Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. J. Kop., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-101.
- Plagiopus oederi* (Brid.) Limpr., **Loc. 13**, BBFbryo-Vivant-371 (sub *Bartramia stricta* Brid.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-315.
- Plagiothecium denticulatum* (Hedw.) Schimp., **Loc. 14**, BBFbryo-Vivant-399 det. J. Jallu. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-199.
- Plagiothecium nemorale* (Mitt.) A. Jaeger, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-74 et 308; BBFbryo-Vivant-305 (sub *Taxiphyllum wisgrillii* (Garov.) W. et Harg.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-133 et 169.
- Plagiothecium undulatum* (Hedw.) Schimp., **Loc. 15**, BBFbryo-Vivant-377. **Loc. 24**, BBFbryo-Vivant-400 det. J. Jallu. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-118 et 186.
- Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-185. **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-233. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-43.
- Pogonatum aloides* (Hedw.) P. Beauv., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-25. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-213.
- Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-48 et 52.
- Pohlia wahlenbergii* (F. Weber & D. Mohr) A. L. Andrews (sub *Webera albicans* Schpr.) **Loc. 23**, BBFbryo-Vivant-401 det. Soc. Linnéenne de la Seine Maritime 2013.
- Polytrichum formosum* Hedw., **Loc. 29**, BBFbryo-Vivant-327. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-188. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-32 et 65.
- Polytrichum juniperinum* Hedw., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-42. **Loc. 45**, BBFbryo-Vivant-386.
- Polytrichum piliferum* Hedw., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-68 et 91.
- Pseudoleskeella catenulata* (Brid. ex Schrad.) Kindb., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-264 et 265. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-148.
- Pseudoleskeella nervosa* (Brid.) Nyholm, **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-295.
- Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) M. Fleisch. ex Broth., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-275. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-189.
- Pterigynandrum filiforme* Hedw., **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-211 et 284.
- Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., **Loc. 14**, BBFbryo-Vivant-373. **Loc. 15**, BBFbryo-Vivant-321. **Loc. 35**, BBFbryo-Vivant-336.
- Ptychostomum capillare* (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-250. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-37.
- Ptychostomum imbricatum* (Müll.Hal.) Holyoak & N. Pedersen, **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-215 (sub *Bryum bicolor* Dicks.) rev. M. Infante 2013.
- Ptychostomum pseudotriquetrum* (Hedw.) J. R. Spence & H. P. Ramsay, **Loc. 16**, BBFbryo-Vivant-367, 368 det. M. Infante 2013. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-73.
- Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-296. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-157.
- Racomitrium affine* (F. Weber & D. Mohr) Lindb., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-58 (sub *Grimmia commutata* Hübb.) rev. M. Infante 2013.
- Racomitrium aquaticum* (Brid. ex Schrad.) Brid., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-194.
- Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-36 et 261.
- Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brid., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-369. **Loc. 23**, BBFbryo-Vivant-393 det. J. Jallu. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-181. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-62.
- Racomitrium macounii* subsp. *alpinum* (E. Lawton) Frisvoll, **Loc. 27**, BBFbryo-Vivant-322 det. M. Infante 2013.
- Racomitrium sudeticum* (Funck) Bruch & Schimp., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-84.
- Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T. J. Kop., **Loc. 14**, BBFbryo-Vivant-391 det. J. Jallu. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-102 et 201.
- Rhynchostegiella tenella* (Dicks.) Limpr., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-256.
- Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-119 et 140; BBFbryo-Vivant-129 det. M. Infante 2014.
- Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Cardot, **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-95.
- Rhytidadelphus loreus* (Hedw.) Warnst., **Loc. 2**, BBFbryo-Vivant-385 (sub *Thamnium alopecurum*) rev. M. Infante 2014.

Rhytidiadelphus loreus (Hedw.) Warnst., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-109.

Rhytidiadelphus squarrosus (Hedw.) Warnst., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-228.

Rhytidiadelphus triquetrus (Hedw.) Warnst. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-134.

Rhytidium rugosum (Ehrh. ex Hedw.) Kindb., **Loc. 31**, BBFbryo-Vivant-337. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-24. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-61.

Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske, **Loc. 14**, BBFbryo-Vivant-392 det. J. Jallu. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-297.

Schistidium brunnescens subsp. *brunnescens* Limpr., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-208 (sub *Grimmia apocarpa* Hedw.) rev. M. Infante 2014.

Schistidium brunnescens subsp. *griseum* (Nees & Hornsch.) H. H. Blom, **Loc. 21**, BBFbryo-Vivant-366 (sub *Grimmia apocarpa* Hedw.) rev. M. Infante 2013.

Schistidium confertum (Funck) Bruch & Schimp., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-329 (sub *Orthotrichum diaphanum* (Gmel.) Schrad.) rev. M. Infante 2014.

Sciuro-hypnum populeum (Hedw.) Ignatov & Huttunen, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-243 et 303. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-129.

Sphagnum capillifolium (Ehrh.) Hedw., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-177.

Sphagnum palustre L., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-175.

Sphagnum quinquefarium (Braithw.) Warnst., **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-85.

Syntrichia ruralis (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, **Loc. 21**, BBFbryo-Vivant-363. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-180.

Tetraphis pellucida Hedw., **Loc. 29**, BBFbryo-Vivant-348. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-290.

Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Gangulee, **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-173. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-105.

Thuidium recognitum (Hedw.) Lindb., **Loc. 20**, BBFbryo-Vivant-388 det. J. Jallu.

Thuidium tamariscinum (Hedw.) Schimp., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-124 et 202.

Tortella tortuosa (Hedw.) Limpr., **Loc. 12**, BBFbryo-Vivant-362. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-113 et 161.

Tortula muralis Hedw., **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-210.

Tortula schimperi M. J. Cano, O. Werner & J. Guerra, **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-206 (sub *Barbula cylindrica* Schp.) rev. M. Infante 2013.

Trichostomum crispulum Bruch, **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-283 (sub *Gymnostomum calcareum* Nees et Hornsch.) rev. M. Infante 2013.

Ulota bruchii Hornsch. ex Brid., **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-135 (sub *Ulota crispa* (Hedw.) Brid.) rev. M. Infante 2013. **Loc. 38**, BBFbryo-Vivant-29 (sub *Ulota crispa* (Hedw.) Brid.) rev. M. Infante 2013.

Ulota crispa (Hedw.) Brid., **Loc. 39**, BBFbryo-Vivant-237.

Ulota hutchinsiae (Sm.) Hammar, **Loc. 21**, BBFbryo-Vivant-372.

Weissia controversa Hedw., **Loc. 34**, BBFbryo-Vivant-8. **Loc. 36**, BBFbryo-Vivant-246 et 318. **Loc. 37**, BBFbryo-Vivant-143 (sub *Weissia wimmeriana* (Sendt.) B. E.) rev. M. Infante 2014. **Loc. 40**, BBFbryo-Vivant-291 (sub *Weissia crispata* Jur.) rev. M. Infante 2013.



Fig. 1. - En haut: à gauche, vue de l'herbier BBF Bryophytes; à droite, classeurs Collection J. Vivant
 Au centre: à gauche, boîte 1 de la Collection J. Vivant; à droite, planches Collection J. Vivant
 En bas: Echantillon Collection J. Vivant après révision.

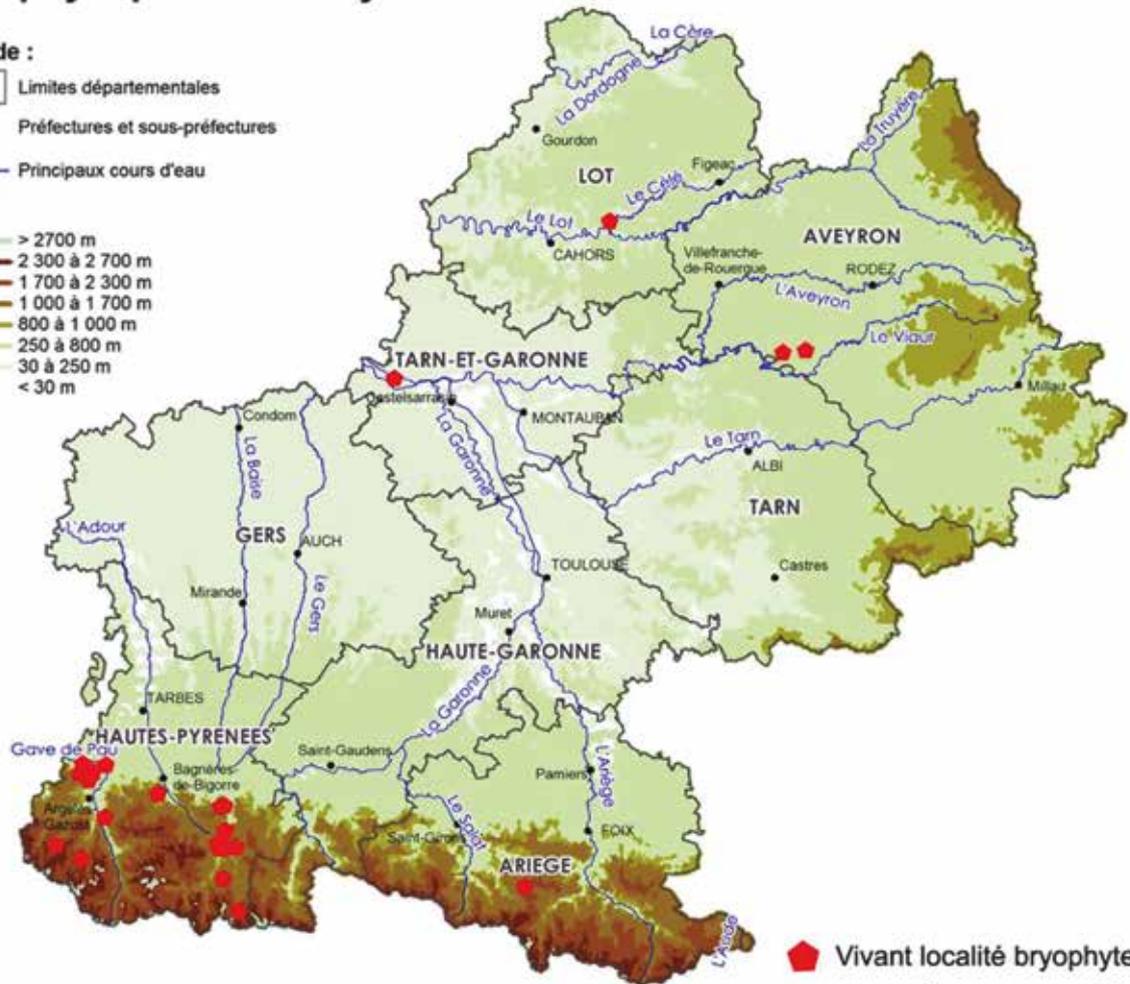
Carte physique de Midi-Pyrénées

Légende :

-  Limites départementales
-  Préfectures et sous-préfectures
-  Principaux cours d'eau

Altitude

-  > 2700 m
-  2 300 à 2 700 m
-  1 700 à 2 300 m
-  1 000 à 1 700 m
-  800 à 1 000 m
-  250 à 800 m
-  30 à 250 m
-  < 30 m



 Vivant localité bryophytes



Sources :
 Hydrographie : BD Carthage®
 Limites administratives : BD Carto® ©IGN – licence d'exploitation n°9985/IGN
 Modèle numérique de terrain : www.gpsmaps.de
 Réalisation : CBNPMP, 2009

Carte 1. - Répartition des localités avec des collectes de bryophytes en Midi-Pyrénées, parcourues par J. Vivant.

Biodiversidad y educación secundaria: *iNaturalist*, herramienta TIC para captura de datos

Biodiversity and secondary education: *iNaturalist*, an ICT data entry tool

Andrés Echeverría¹, Maite Salvatierra², Esther M. González¹, Javier Peralta^{1*}

¹ Departamento de Ciencias, Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona.

² Colegio Nuestra Señora del Puy de Estella, 31200 Estella.

* Autor para la correspondencia: javier.peralta@unavarra.es

RESUMEN

La biodiversidad es un concepto que forma parte del currículo de la educación secundaria. Las herramientas TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) colaborativas abiertas disponibles, algunas dentro del ámbito de la ciencia ciudadana, abren nuevas posibilidades para su estudio. Se han revisado algunas plataformas y aplicaciones móviles en relación con su adecuación para tratar la biodiversidad en el marco de la educación secundaria. Tras su evaluación se ha considerado la plataforma de ciencia ciudadana *iNaturalist* la más adecuada para capturar datos de biodiversidad en ese nivel educativo y se ha realizado una experiencia didáctica con ella. Se ha creado un proyecto para realizar un herbario virtual en 4º curso de educación secundaria. La experiencia fue evaluada positivamente por los alumnos participantes que destacaron su carácter innovador, su adecuación para la investigación, sencillez de uso y la posibilidad de integrar dispositivos móviles en educación.

PALABRAS CLAVE: Biodiversidad, *iNaturalist*, educación secundaria, ciencia ciudadana, TIC.

ABSTRACT

Biodiversity is a concept that is dealt with in the curriculum of secondary education. The available ICT (Information and Communications Technology) open collaborative tools, some of them within the realm of citizen science, open up new possibilities for the study of biodiversity. Some platforms and mobile apps have been reviewed in connection with their capability to address biodiversity within the frame of secondary education. *iNaturalist*, a citizen science platform, has been considered the most fitted to register biodiversity data at this educational level, after having been assessed them all. An educational activity has been developed using this app to build up a project aimed to make a virtual herbarium with 4th grade students of secondary education. The experience has been positively assessed by the students, who highlighted its innovative character, adequacy for research, easiness of use and the opportunity to integrate mobile devices in education.

KEY WORDS: Biodiversity, *iNaturalist*, secondary education, citizen science, ITC.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es un concepto establecido en la segunda mitad del siglo veinte que abarca toda la variedad de la vida y la estudia a distintas escalas: diversidad genética, de especies y de ecosistemas (Magurran, 2004). El concepto de biodiversidad forma parte del currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato en varios cursos (Real Decreto 1105/2014), sobre todo en las asignaturas de Biología y Geología (Tabla 1). En la ESO se estudian los sistemas de clasificación de los seres vivos, el concepto de especie, la nomenclatura binomial y los diferentes reinos (1º ESO), los ecosistemas (2º ESO) y su estructura, dinámica y autorregulación (4º ESO); en 1º de Bachillerato se profundiza en los conceptos introducidos en la ESO. Tradicionalmente, el tema de la biodiversidad en las aulas se ha trabajado mediante libros de texto, con apoyo en ocasiones de salidas al campo en las que los alumnos pueden conocer aspectos de la biodiversidad local.

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son aquellos recursos, herramientas y programas

que se utilizan para procesar, administrar y compartir la información y que nos ayudan a aprender mejor, más eficiente y creativamente, a innovar y solucionar problemas complejos y a acceder a una mayor cantidad de conocimiento (Gil-Flores *et al.*, 2017). Su papel es destacado en el acceso universal de la educación, el aprendizaje de calidad y el desarrollo profesional de los docentes (UNESCO, 2018).

En los últimos años se han desarrollado numerosas herramientas TIC, como aplicaciones para dispositivos móviles (teléfonos, tabletas), que permiten tratar el tema de la biodiversidad en las aulas, muchas dentro del ámbito de la ciencia ciudadana (Peralta *et al.*, 2016). Estas aplicaciones facilitan que cualquier persona interesada en la biodiversidad pueda participar en diversos proyectos aportando observaciones, midiendo variables ambientales o explorando los resultados obtenidos (Chandler *et al.*, 2017; Finkelievich and Fichnaller, 2014).

La ciencia ciudadana permite obtener datos de interés científico difíciles de conseguir por otros medios, al ampliar considerablemente su volumen y escalas geográficas

Curso	Asignatura	Conceptos desarrollados
1º ESO	Biología y Geología	Bloque 3. La biodiversidad en el planeta Tierra. Sistemas de clasificación de los seres vivos. Nomenclatura binomial. Reinos de los seres vivos.
3º ESO	Biología y Geología	Bloque 6. Los ecosistemas. Ecosistemas. Factores abióticos y bióticos. Ecosistemas terrestres. Ecosistemas acuáticos.
4º ESO	Biología y Geología	Bloque 3. Ecología y medio ambiente. Estructura de los ecosistemas. Componentes del ecosistema. Redes tróficas.
	Cultura científica	Bloque 3. Avances tecnológicos y su impacto ambiental. Principales problemas ambientales: pérdida de biodiversidad.
1º Bachillerato	Biología y Geología	Bloque 4. La biodiversidad. Clasificación y nomenclatura de los grupos principales de seres vivos. Las grandes zonas biogeográficas. Los principales biomas. Factores que influyen en la distribución de los seres vivos. La conservación de la biodiversidad. El factor antrópico en la conservación de la biodiversidad.

Tabla 1. - La biodiversidad en el currículo de Educación Secundaria (Real Decreto 1105/2014).

y temporales (McKinley *et al.* 2012), como sucede con la plataforma *eBird* centrada en aves (Sullivan *et al.*, 2009).

El objetivo general de este trabajo es explorar aplicaciones móviles para llevar a cabo una actividad didáctica consistente en la realización de un herbario virtual como aproximación al conocimiento de la biodiversidad florística. Se trata de incluir esta actividad en la visita que anualmente realizan a la Reserva Natural de Basaula (Navarra) los alumnos de la asignatura de Biología y Geología (4º ESO) del Colegio Nuestra Señora del Puy (Estella/Lizarraga). En dicha salida confeccionan un herbario tradicional de especies arbóreas y arbustivas para aprender a identificarlas con claves dicotómicas y guías de campo (Salvatierra *et al.*, 2009).

Para ello se realiza una búsqueda de aplicaciones, se valora su adecuación para el objetivo perseguido y se selecciona una aplicación para la realización del herbario virtual; finalmente el alumnado participante evalúa las características de la aplicación y la experiencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una búsqueda en Internet de plataformas y aplicaciones de captura de datos de biodiversidad con dispositivos móviles, utilizando combinaciones de los siguientes términos y sus equivalentes en inglés: "ciencia ciudadana", "aplicaciones móviles" y "biodiversidad".

Del resultado de esta búsqueda se preseleccionaron cuatro aplicaciones por su utilidad aparente para tratar el concepto de biodiversidad en el ámbito de la enseñanza secundaria y para desarrollar proyectos trasladables al aula por el profesorado. Tres de ellas están relacionadas con ciencia ciudadana (EpiCollect, Map of Life, iNaturalist) y la restante con el registro de observaciones de biodiversidad (ZamiaDroid).

De estas aplicaciones se han evaluado las siguientes características para establecer su adecuación a los objetivos planteados: integración, accesibilidad, interactividad,

visualización de la información, experiencia de usuario y validación de los datos (ver descripción en la Tabla 2).

Se ha llevado a cabo una experiencia con la aplicación seleccionada en una salida al campo con un grupo de 57 estudiantes de 4º de ESO en el curso 2015/2016. Se propuso realizar dos observaciones con la aplicación móvil a cada alumno, para crear un herbario virtual común, complementario del herbario tradicional que debían preparar con unos 15 pliegos de plantas vasculares.

El alumnado participante evaluó la aplicación empleada y el herbario virtual realizado mediante sendos cuestionarios. En el primero podían indicar las dos principales características más valoradas de la aplicación entre las siguientes: innovación, adecuación al ámbito de la educación, sencillez o dificultad de uso, interactividad entre usuarios, posibilidad de utilizar el móvil en tareas escolares, integración de información diversa en una misma aplicación, entretenimiento y coste de los dispositivos móviles. En el segundo cuestionario evaluaban la experiencia en una escala de 1 a 10 en relación con la adecuación de la aplicación para la captura de datos de biodiversidad y la realización de un herbario virtual, su interés en utilizar la aplicación en el futuro y su satisfacción con la participación.

RESULTADOS

Son numerosas las aplicaciones móviles que permiten la captura de datos de biodiversidad *in situ* adecuadas para actividades de investigación y educación (Chandler *et al.*, 2017, SciStarter, 2019). Las elegidas para su análisis por su aparente utilidad fueron *EpiCollect*, *Map of Life*, *iNaturalist* y *ZamiaDroid*, las tres primeras del ámbito de la ciencia ciudadana y la cuarta una aplicación para registrar observaciones de datos de biodiversidad en campo. Todas ellas permiten registrar el nombre de la especie observada, fecha de observación y georreferenciación (manual o con GPS). Las tres primeras disponen de plataforma en Internet y aplicaciones móviles en entornos Android e iOS,

Característica	Descripción
Integración	Capacidad de integrar la información necesaria: identificación, fotografía, geolocalización, otros atributos.
Accesibilidad	Disponibilidad de plataforma en Internet, aplicación móvil y entorno operativo: Android, iOS.
Interactividad	Posibilidad de interactuar entre usuarios para solicitar ayuda en las identificaciones o validarlas.
Visualización de la información	Presentación de la información alfanumérica, gráfica y geográfica en pantalla; posibilidad de descarga de datos.
Experiencia de usuario	Capacidad para captar la atención; sencillez y facilidad de manejar la aplicación; aspecto de la interfaz.
Verificación de datos	Posibilidad de verificar la identificación de las observaciones aportadas.

Tabla 2. - Características valoradas en la elección de aplicación móvil para captura de datos de biodiversidad en Enseñanza Secundaria.

mientras que la última es una aplicación autónoma del entorno Android. A continuación se describen sus principales características, sintetizadas en la Tabla 3; la interfaz de las aplicaciones móviles se muestra en la Figura 1.

EpiCollect es una plataforma desarrollada por el Imperial College of London (Aanensen *et al.*, 2009) que permite diseñar proyectos no solo del ámbito de la biodiversidad, para los que se pueden definir distintos campos alfanuméricos que acompañan a las imágenes, fecha y coordenadas de cada observación. El administrador del proyecto debe proporcionar al usuario la dirección web del mismo para que se una y aporte observaciones mediante el formulario de la aplicación móvil. Las observaciones se incorporan a una base de datos consultable vía web en forma tabular, o superpuestas en un mapa. Si existen datos numéricos referentes a las observaciones es posible obtener gráficos. Los datos son editables solo por el administrador del proyecto y pueden descargarse por los participantes en el proyecto.

Map of life es una plataforma desarrollada por varios investigadores norteamericanos (Jetz *et al.*, 2012) que reúne datos de gran parte de los seres vivos procedente de diversas fuentes, entre ellas GBIF (Speers and Edwards, 2008). Mediante un buscador de especies por nombre científico se accede a la información: descripciones, imágenes de alta calidad y mapas de distribución mundial. Permite buscar especies que se encuentran a nuestro al-

rededor. Una vez encontrada una especie el usuario puede añadir una nueva localidad indicando el rango de precisión y fecha de observación, no así una fotografía que permita la validación de la observación. Es una aplicación muy visual y fácil de manejar, aunque solo permite añadir datos de las especies que ya figuran en la base de datos; no obstante, es posible comunicar las ausencias de especies en el tesoro.

ZamiaDroid es una aplicación móvil desarrollada en la Universidad de Barcelona (Font *et al.*, 2013) para captura de datos de biodiversidad a través de formularios. Permite diseñar los campos alfanuméricos de los formularios e incorporar fotografías. Se trata de una aplicación autónoma, por lo que no dispone de una plataforma en Internet para la difusión o consulta de datos, orientada a la recogida de datos por parte de usuarios experimentados.

iNaturalist es una plataforma desarrollada en la Universidad de Berkeley para registrar observaciones de especies acompañadas de fotografías en un formulario vía web o mediante su aplicación móvil (*iNaturalist*, 2019a); las observaciones pueden ser editadas por el usuario. Cualquiera puede crear proyectos con objetivos determinados o unirse a ellos, si su acceso no requiere invitación por parte del administrador. Una de sus principales ventajas es la posibilidad de interactividad entre usuarios pidiendo ayuda en las identificaciones o validando las observaciones de otros.

Característica	Descripción	EpiCollect	Map of Life	ZamiaDroid	iNaturalist
Integración	Fotografías	+	•	+	+
	Coordenadas	+	+	+	+
	Otros atributos	+	•	+	+
Accesibilidad	Web	+	+	•	+
	Android	+	+	+	+
	iOS	+	+	•	+
Interactividad	Ayuda	•	•	•	+
	Validación	•	•	•	+
Visualización	Información	+ ¹	+ ²	+ ³	+
	Mapa	+ ¹	+ ²	+ ³	+
	Descarga	+ ¹	•	+ ³	+
Experiencia	Interfaz	+	+	+ ³	+
	Manejo	+	+	•	+
Verificación		+	•	•	+

¹ Acceso restringido a los participantes en el proyecto.

² Información y distribución general de la especie.

³ En la propia aplicación por el usuario.

Tabla 3. - Evaluación de las aplicaciones móviles preseleccionadas; (+) dispone o (-) carece de la característica; en el caso de la experiencia de usuario (+) adaptada o (•) no al entorno educativo considerado.

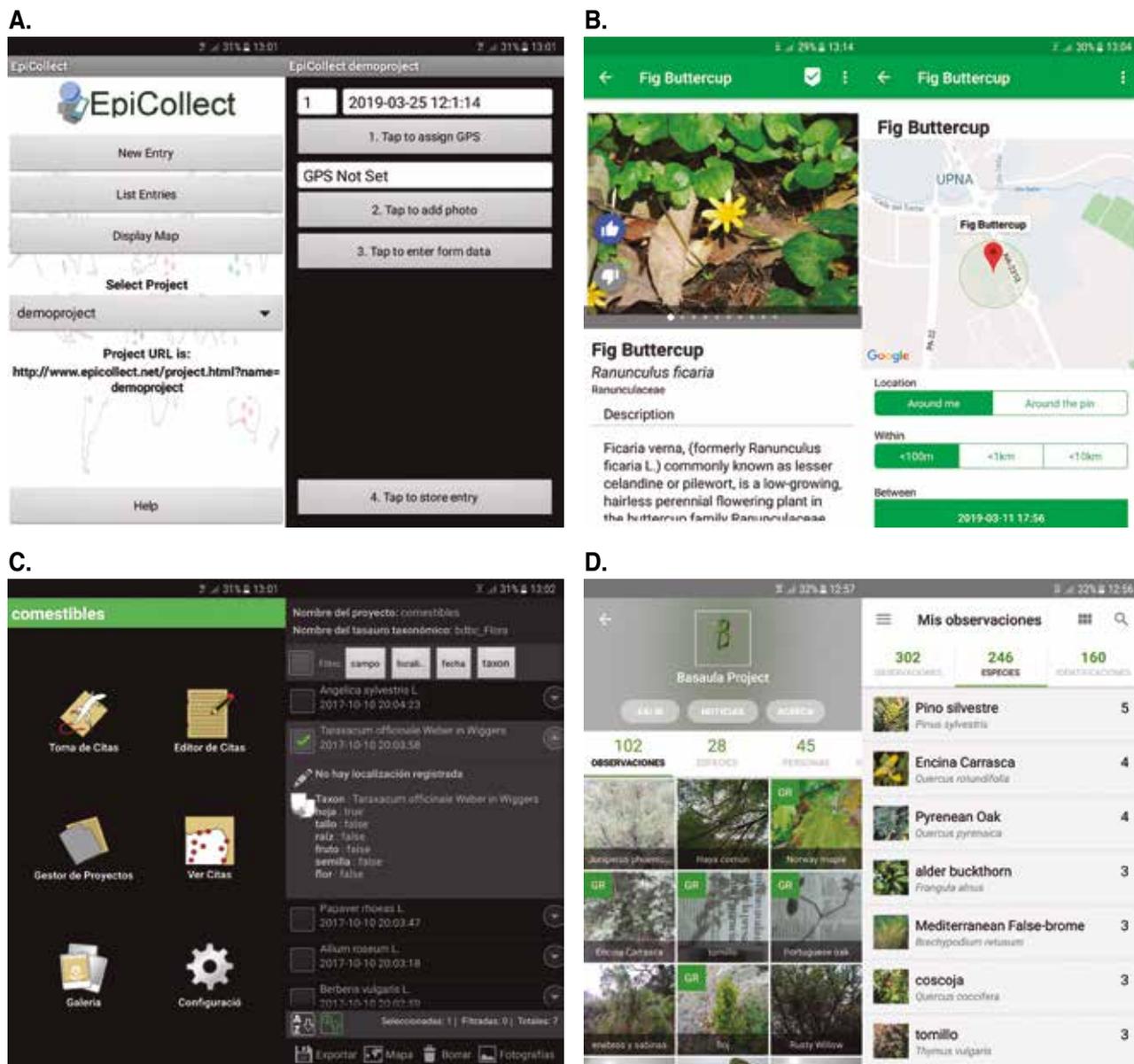


Fig. 1. - Interfaz de las aplicaciones móviles *EpiCollect* (A), *Map of Life* (B), *ZamiaDroid* (C) e *iNaturalist* (D).

De acuerdo con los datos de la Tabla 3 se puede observar que *iNaturalist* es la aplicación más adecuada para su uso en educación secundaria tras aplicar los criterios considerados.

DISCUSIÓN.

EVALUACIÓN DE LAS APLICACIONES

En cuanto a la integración de información, *iNaturalist* es comparable a *EpiCollect* y *ZamiaDroid*, incorporando fotografías, coordenadas y la posibilidad de registrar otros atributos.

Respecto a la accesibilidad, tanto *EpiCollect* como *Map of Life* e *iNaturalist* permiten trabajar vía web en orde-

nadores personales y en los dos entornos operativos dominantes en dispositivos móviles, Android e iOS; *ZamiaDroid* opera en el entorno Android.

La interactividad entre usuarios es uno de los puntos fuertes de *iNaturalist*, como ya se ha comentado; también es posible la comunicación entre ellos mediante el servicio de mensajería disponible en la aplicación.

La visualización de observaciones en *iNaturalist* es accesible por toda la comunidad de usuarios una vez subidas a la plataforma. En *EpiCollect* esta visualización se restringe a los participantes del proyecto mientras que en *Map of Life* es accesible la distribución general de la especie, ya procesada. *ZamiaDroid* permite visualizar las observaciones realizadas por el usuario en la propia apli-

cación. En todas las aplicaciones, salvo en *Map of Life*, es posible exportar las fotografías y los datos para un análisis posterior. Los datos se exportan en formato tabular adecuado para hojas de cálculo (*csv*, *tab*, *xlm*) o geográfico (*kml*), para su visualización en Sistemas de Información Geográfica o *Google Earth*, y también las fotografías.

La experiencia de usuario se considera adecuada en las cuatro aplicaciones en cuanto a la interfaz; el manejo de *ZamiaDroid* puede resultar más dificultoso para un usuario escolar. *iNaturalist* destaca por el diseño tanto de la plataforma web como de la aplicación, atractivas y funcionales a la vez; *Map of Life* también presenta un diseño agradable, aunque su funcionalidad es menor respecto a las observaciones propias. La interfaz más sobria de *EpiCollect* y *ZamiaDroid*, parece destinada a un público de niveles educativos superiores.

Tanto en *iNaturalist* como en *EpiCollect* es posible la verificación de las observaciones realizadas a partir de las fotografías aportadas con cada observación. En el primer caso por la comunidad de usuarios y el administrador del proyecto; en el segundo solo por parte del administrador. En *iNaturalist*, cuando la determinación de una observación es validada por al menos dos usuarios, se considera que tiene "grado de investigación"; en este caso pasa a formar parte del juego de datos de *iNaturalist* en GBIF, la mayor plataforma de datos de biodiversidad (*iNaturalist*, 2019b).

Cabe señalar que poco después de realizar la evaluación de aplicaciones, fue puesta en marcha la plataforma *Natusfera* (2019) por varias organizaciones españolas, basada en *iNaturalist*, y con una funcionalidad muy semejante a esta, aunque incorporando la posibilidad de utilizar lenguas como el euskera, catalán o gallego.

EXPERIENCIA DIDÁCTICA

Se incorporó el uso de la aplicación *iNaturalist* a la salida de campo que anualmente realizan los alumnos de 4º ESO del Colegio Nuestra Señora el Puy (Estella/Lizarra, Navarra) para realizar un herbario virtual, complementario del herbario tradicional que llevan a cabo (Echeverría, 2016).

Para la puesta en marcha de la experiencia fue necesario el registro de los usuarios en la plataforma *iNaturalist*, crear el proyecto al que se vinculan las observaciones, registrarlas mediante un dispositivo móvil y finalmente subir las a la plataforma para su publicación en el proyecto. Una vez subidas, si se ha propuesto una identificación esta puede ser validada por los usuarios o por los administradores del proyecto; si no se ha identificado esta especie, lo puede hacer cualquier otro usuario.

El desarrollo y planificación de dicha actividad requirió un esfuerzo considerable al tratarse de una experiencia nueva con un grupo numeroso (57 alumnos). Se realizaron tres sesiones, dos de aula, más la salida de campo. En la primera sesión de aula (1 hora) se explicó la actividad a realizar en el campo y el funcionamiento de la aplicación. En la salida al campo (5 horas) cada alumno debía recolectar unas 15 especies de plantas vascula-

res y podía realizar 2 observaciones con la aplicación. En la tercera sesión, ya en aula (1 hora), se subieron las observaciones a la plataforma en Internet de *iNaturalist*, se editaron las observaciones (nombre científico y coordenadas si no se obtuvieron en campo) y se explicó el proceso de validación.

Los resultados del proyecto en *iNaturalist*, repetido en el curso 2017/18 (Moreno, 2018), se pueden consultar en <https://www.inaturalist.org/projects/basaula-project>. En el proyecto se incluyen observaciones de especies acompañadas de su imagen, fecha y lugar de observación, más el nombre del observador.

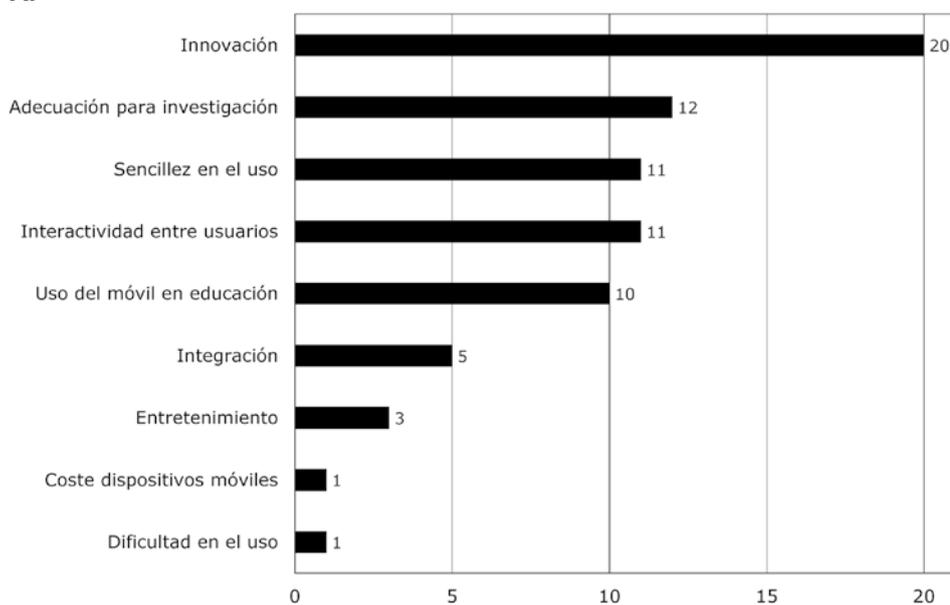
Esta información, acompañada de un espécimen en lugar de una fotografía, es la habitual en los herbarios tradicionales. De este modo se puede explicar la importancia que tienen los herbarios, y en general las colecciones de historia natural, para conocer la biodiversidad y como base para establecer la taxonomía de los seres vivos (Funk, 2003, Roskov *et al.* 2018). El alumnado puede comprobar, además, como observaciones locales contribuyen al conocimiento a escala global al transferirse a plataformas de ciencia ciudadana como *iNaturalist* e infraestructuras de datos como GBIF (McKinley *et al.*, 2015).

Finalmente, el alumnado participante evaluó la aplicación utilizada y la experiencia realizada. En cuanto a la aplicación, las principales características que destacaron fueron su carácter innovador, su idoneidad para actividades de investigación, interactividad, sencillez, y la posibilidad de incorporar el uso del teléfono móvil a tareas de clase (Figura 2A). En relación con el uso de la aplicación en la actividad realizada el alumnado la considera adecuada para capturar datos de biodiversidad (8,5 de 10) y la realización de un herbario virtual (8,8); también valoran positivamente su facilidad de uso (7,6) y el haber realizado el herbario (7,0), y piensan que será una herramienta que utilizarán en el futuro (8,2) (Figura 2B).

La experiencia realizada, además de la valoración positiva del alumnado y aportar conocimientos relativos a la biodiversidad, permitió trabajar otros aspectos como la competencia digital y mostrar cómo cualquier ciudadano puede aportar información valiosa para el conocimiento científico (Ruiz-Mallén *et al.*, 2016). La incorporación del uso de actividades de ciencia ciudadana y herramientas TIC en la enseñanza secundaria puede ser un complemento al método tradicional como muestran otras experiencias (Huang *et al.*, 2010; Morcillo *et al.*, 2014). Además, aunque las plataformas y aplicaciones más extendidas están relacionadas con la observación de aves, existe un amplio abanico dirigido al registro de otras variables ambientales, como los que se pueden diseñar en CitSci.org (2019) o los que ofrecen Open Air Laboratories (OPAL 2019).

Para que este tipo de actividades lleguen a las aulas es necesario divulgarlas antes entre el profesorado, para que conozca sus posibilidades, y facilitar apoyo con formación y materiales didácticos para superar las limitaciones de tiempo y contenido derivadas del contenido del currículum de cada etapa formativa (Zoellick *et al.*, 2012).

A.



B.

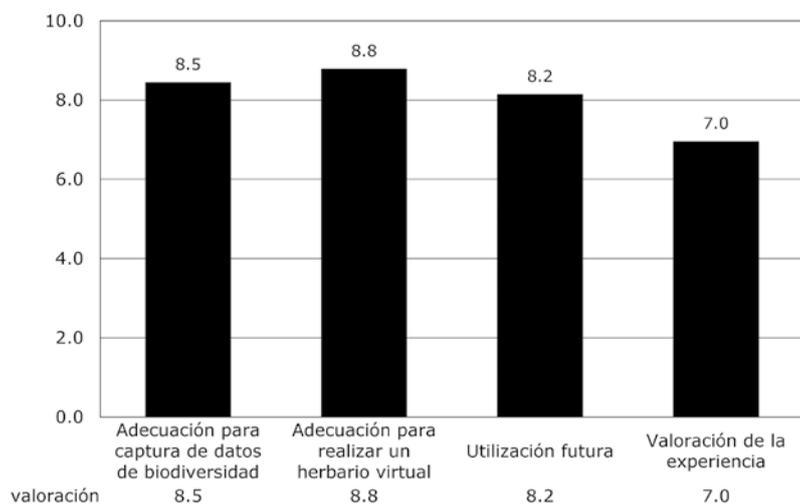


Fig. 2. - Valoración por parte de los alumnos de nuestra Señora del Puy del uso de la herramienta iNaturalist para la creación de un herbario virtual de la reserva natural de Basaula (n=49). A. Características más valoradas por el alumnado, a partir de la posible elección de dos características por alumno. B. Valoración en una escala de 1 a 10 de la experiencia.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de la experiencia didáctica que se presenta ha sido imprescindible la colaboración del profesorado Isabel López, Arantxa García y Tirso Berrueta, y del alumnado de 4º ESO del Colegio Nuestra Señora del Puy de Estella/Lizarrá (Navarra). También colaboraron Fermín Nieto y José Antonio Lacunza, guardas del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra en la visita a la Reserva Natural de Basaula.

BIBLIOGRAFÍA

Aanensen, D. M., Huntley, D. M., Feil, E. J., Al-Own, F., Spratt, B. G., 2009. EpiCollect: Linking smartphones to Web applications for epidemiology, ecology and community data collection. PLoS ONE 4: e6968.

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M. Z., Claramunt López, B., Danielsen, F., Legind, J. K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.-J., Newman, G., Rosemartin, A., Turak, E., 2017. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation* 213, 280-294.

CitSci.org, 2019. www.citsci.org. Colorado State University.

Echeverría, A., 2016. La biodiversidad en el currículo de educación secundaria: nuevas herramientas colaborativas abiertas para la captura de datos. Trabajo fin de Máster. Universidad Pública de Navarra, Pamplona.

Finkelievich, S., Fichnaller, C., 2014. Ciencia ciudadana en la sociedad de la información: nuevas tendencias a nivel mundial. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* 9, 11-31.

Font, X., Martí Pino, D., Quadrada, R., 2013. ZamiaDroid. Universitat de Barcelona. Disponible en: http://biodiver.bio.ub.es/zamiaDroid/zamiaDroid_cas.pdf.

- Funk, V. A., 2003. 100 Uses for an Herbarium (Well at Least 72). *American Society of Plant Taxonomists Newsletter* 17(2), 17-19.
- Gil-Flores, J., Rodríguez-Santero, J., Torres-Gordillo, J. J., 2017. Factors that explain the use of ICT in secondary-education classrooms: The role of teacher characteristics and school infrastructure. *Computers in Human Behavior* 68, 441-449.
- Huang, Y. M., Lin, Y. T., Cheng, S. C., 2010. Effectiveness of a Mobile Plant Learning System in a science curriculum in Taiwanese elementary education. *Computers and Education* 54, 47-58.
- iNaturalist, 2019a. <https://www.inaturalist.org/>. California Academy of Sciences.
- iNaturalist, 2019b. iNaturalist Research-grade Observations. Available from: <https://www.gbif.org/es/dataset/50c9509d-22c7-4a22-a47d-8c48425ef4a7>.
- Jetz, W., McPherson, J. M., Guralnick, R. P., 2012. Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends in Ecology and Evolution* 27, 151-159.
- Magurran, A. E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd., Reino Unido.
- McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R. E., Brown, H., Evans, D. M., French, R. A., Parrish, J. K., Phillips, T. B., Ryan, S. F., Shanley, L. A., Shirk, J. L., Stepenuck, K. F., Weltzin, J. F., Wiggins, A., Boyle, O. D., Briggs, R. D., Chapin, III, S. F., Hewitt, D. A., Preuss, P. W., Soukup, M. A., 2015. Investing in citizen science can improve natural resource management and environmental protection. *Issues in Ecology* 19, 1-27.
- Moreno, J., 2018. Integración de un proyecto de ciencia ciudadana en Educación Secundaria. Estudio de la biodiversidad de la Reserva Natural de Basaula a través de la plataforma iNaturalist. Trabajo fin de Máster. Universidad Pública de Navarra, Pamplona.
- Natusfera, 2019. www.natusfera.gbif.es/. GBIF.es, CREAM y Bineo Consulting.
- OPAL, 2019. Open Air Laboratories. Imperial College London. Available from: <https://www.opalexplornature.org/>.
- Peralta, J., González, E. M., Imbert, J. B., 2016. Estudio de prospectiva, análisis y propuesta de participación y colaboración de la Administración Foral de Navarra con las redes, plataformas e iniciativas de Ciencia Ciudadana. Informe OTRI 2016020124 UPNA. Gobierno de Navarra, Pamplona.
- REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado núm. 3, de 3 de marzo de 2015.
- Roskov, Y., Abucay, L., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk, P. M., Bourgoin, T., DeWalt, R. E., Decock, W., De Wever, A., Van Nieuwerkerken, E., Zarucchi, J., Penev, L. (eds.), 2018. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2018 Annual Checklist. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. Available from: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2018/>.
- Ruiz-Mallén, I., Riboli-Sasco, L., Ribault, C., Heras, M., Laguna, D., Perié, L., 2016. Citizen Science: toward transformative learning. *Science Communication* 38, 523-534.
- Salvatierra, M., García, A., López, I., 2009. Estudio del espacio medio-ambiental de Basaula. Colegio Mater Dei-Puy-Andéraz, Estella. Material didáctico.
- SciStarter, 2019. Scistarter.org. School for the Future of Innovation in Society. Arizona State University.
- Speers, L., Edwards, J. L., 2008. International infrastructure for enabling the new taxonomy - The role of the global biodiversity information facility (GBIF). In: Wheeler, Q. D.(ed.), *The New Taxonomy*, 87-94. CRC Press, Boca Raton. Systematics Association Special Volume Series 76.
- Sullivan, B. L., Wood, C. L., Iliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., Kelling, S., 2009. eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 10, 2282-2292.
- UNESCO, 2018. Building tomorrow's digital skills: What conclusions can we draw from international comparative indicators? Working Papers on Education Policy 06. París. Available from: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261853>.
- Zoellick, B., Nelson, S. J., Schaffler, M., 2012. Participatory science and education: bringing both views into focus. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10, 310-313.

Revisión de la flora endémica de los Pirineos. Materiales preliminares para una lista roja pirenaica

Review of the endemic flora of the Pyrenees. Preliminary materials for a Pyrenean red list

Daniel Gómez¹, Mikel Lorda², Xavier Font³, M^a. Begoña García¹

¹ Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Nuestra Señora de la Victoria, s/n, E-22700 Jaca, Huesca (dgomez@ipe.csic.es).

² C. I. Agroforestal, Avda. Villava, 55, E-31015 Pamplona-Iruña, Navarra (mlordalo@educacion.navarra.es).

³ Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona.

RESUMEN

A partir de la revisión del Atlas Digital de la Flora de los Pirineos y de las floras y catálogos regionales y nacionales, se revisa de forma crítica la flora vascular endémica de los Pirineos a la luz de los estudios botánicos del territorio más recientes.

Atendiendo a criterios taxonómicos y al nivel de conocimiento sobre su corología, las plantas endémicas se han agrupado en tres conjuntos: 87 endemismos reconocidos con rango de especie, de los que algunos tienen varias subespecies pero todas endémicas; 32 táxones endémicos reconocidos con rango de subespecie pero cuyas especies tienen una distribución más amplia, y un tercer grupo que integra los táxones considerados endémicos pero que resultan críticos en la actualidad bien por su taxonomía o distribución, y que requieren estudios adicionales.

Considerando los dos primeros grupos, el número de plantas endémicas supone alrededor del 3'4% del total de plantas vasculares de los Pirineos, porcentaje notablemente inferior que el estimado en otros estudios, y menor también al de otras cordilleras alpinas.

Subrayamos, por último, la necesidad de revisar periódicamente las endemofloras territoriales para delimitar las áreas de distribución y el estatus taxonómico de las numerosas plantas que muestran incertidumbre en dichos aspectos, y así mejorar la eficiencia de las políticas de conservación vegetal.

PALABRAS CLAVE: Flora vascular, endemismo, conservación, Pirineos.

ABSTRACT

From the revision of the Digital Atlas of the Flora of the Pyrenees and of the regional and national floras and catalogs of the contiguous regions, the endemic vascular flora of the Pyrenees is critically reviewed in the light of the most recent botanical studies of the territory.

Based on taxonomic criteria and the level of knowledge about their chorology, endemic plants have been grouped into three groups: endemisms that are species-level, some including sub-specific categories all of them endemics, amounting to 87 plants; Endemics at the subspecies level when the related species have a wider territorial distribution where 32 plants are included and, finally, the taxa considered endemics in different floras but which are currently doubtful either for their taxonomy or distribution area and requiring additional studies.

Considering the first two groups, the number of endemic plants (119) represents around 3.4% of the total number of vascular plants in the Pyrenees, a percentage notably lower than that estimated for the mountain range in other studies and also lower than that of other alpine mountain ranges.

Finally, we underline the need to periodically review territorial endemic flora with updated floristic information and strict taxonomic criteria that allow us to separate the different degrees of certainty in botanical identification and improve the efficiency of plant conservation policies.

KEY WORDS: Vascular plants, endemism, conservation, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

La flora endémica de los Pirineos ha sido objeto de mucha atención desde hace décadas (Bolòs, 1946; Gaussen & Leredde, 1948), y numerosos trabajos se han centrado en la descripción de nuevos táxones (Bolòs, 1946; Montserrat, 1983; Moreno, 1983 y 1984; Montserrat & Romo, 1983; Fernández Casas, 1984), la elaboración de listados referidos a distintos sectores de la cordillera (Dendaletche, 1981), la estimación de su abundancia (Montserrat, 1974; Dendaletche, 1981; Baudière & Cauwet, 1986; Montserrat & Villar, 1987; Villar 1988; Villar & Laínz, 1990; Villar *et al.*, 1997 y 1997-2001), la recopilación y manejo de sus citas florísticas (Villar & García, 1989; Tejero *et al.*, 2017), en la citotaxonomía (Vivant & Delay, 1980), la ecología y biología

reproductiva (García, 1993) o, más recientemente, en su caracterización con las modernas técnicas genéticas y de biología molecular (Segarra & Catalán, 2003).

A raíz de estos estudios, la flora endémica de los Pirineos se ha considerado muy relevante en el conjunto peninsular por su abundancia e interés de conservación (Sainz Ollero & Moreno Saiz, 2002). La riqueza de plantas endémicas en los Pirineos se ha comparado con la de otras cordilleras alpinas europeas (Cárpatos, Balcanes, Alpes) que se han identificado repetidamente como centros de alta diversidad en endemismos florísticos (Vanderplank *et al.*, 2014).

La abundancia de los estudios sobre flora endémica de los Pirineos, que en parte acabamos de mencionar, pa-

rece hacer innecesaria su revisión. Sin embargo, la proliferación de catálogos de flora de distintas regiones de los Pirineos y territorios limítrofes en las tres últimas décadas, ha multiplicado la disponibilidad de citas florísticas; ello ha permitido precisar la corología de muchas especies. Por otra parte, las revisiones taxonómicas más recientes han permitido describir nuevos táxones e incluso desechar algunos otros, sobre todo en los grupos más complejos por su reproducción apomítica, por sus altas tasas de hibridación u otras causas. En muchos de estos nuevos táxones la delimitación morfológica resulta compleja (por ej.: en *Dianthus*, *Armeria*, *Festuca*,...), y, en consecuencia, su área de distribución se mantiene imprecisa.

La reciente edición en formato digital del Atlas de la Flora vascular de los Pirineos (<http://www.atlasflorapyreneaea.es>), que reúne cerca de dos millones de registros florísticos procedentes de distintos herbarios y centros de documentación botánica, facilita ahora un análisis más detallado de su flora vascular, con la perspectiva del conjunto de la cordillera, y fundamenta mejor su gestión y conservación. En este contexto, revisamos la flora endémica y vamos perfilando un listado unificado pirenaico de plantas cuya conservación nos parece prioritaria.

METODOLOGÍA

El territorio de los Pirineos considerado es el delimitado en el Atlas de la Flora de los Pirineos que abarca cerca de cincuenta mil km² de Francia, España y Andorra, y engloba once regiones administrativas de dichos países (Mapa 1).

La revisión de los táxones se ha hecho a partir de los listados consultando el Atlas digital de la flora vascular de los Pirineos antes citado. La nomenclatura y los criterios taxonómicos siguen los utilizados en esa misma obra, salvo cuando se ha dispuesto de trabajos más recientes como ocurre con el género *Centaurea* (Devesa, 2016).

Las áreas de distribución se han analizado críticamente en las floras y catálogos regionales (Bolòs & Vigo, 1984-2001; Villar *et al.*, 1997-2001; Lorda, 2013), en *Flora iberica* (Castroviejo *et al.*, 1986-2016), *Flora Gallica* (Tison & Foucault, 2014) y en las bases de datos de los siguientes sitios de internet: *Anthos* (<http://www.anthos.es/>), *Biodiversidad de Cataluña* (<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/#pas3>), *GBIF* (www.gbif.org), *Tela-Botanica* (<http://www.tela-botanica.org/site/botanique>), *Silene* (<http://flore.silene.eu/>) y *Floragon* (<http://floragon.ipe.csic.es/index.php>).

Se han considerado los táxones estrictamente pirenaicos, salvo algunas excepciones que se comentan en sus respectivos apartados. Se han descartado, por tanto, las plantas cuya área sobrepasa el territorio considerado, tanto si lo hace de forma discontinua o bien extendiéndose ampliamente fuera de él. En grupo aparte se han alistado, aunque no de forma pormenorizada, las plantas que hemos considerado conflictivas por su taxonomía y nomenclatura, o bien porque sus áreas de distribución son mal conocidas. No hacemos mención a muchos táxones de grupos apomíticos (*Hieracium*, *Taraxacum* y *Alchemilla*), o con alta tasa de hibridación (*Armeria*, *Leucanthemum*, *Festuca*), si bien de estos últimos hemos incluido los táxones que pueden identificarse sin gran dificultad.

RESULTADOS

Tras la revisión minuciosa de las plantas catalogadas como endémicas pirenaicas en las floras y catálogos mencionados, agrupamos los táxones endémicos en las tres categorías siguientes:

1.- Especies endémicas claramente delimitadas taxonómicamente y de área bien definida

Los 87 táxones que enumeramos a continuación ostentan la categoría taxonómica de especie en la mayor

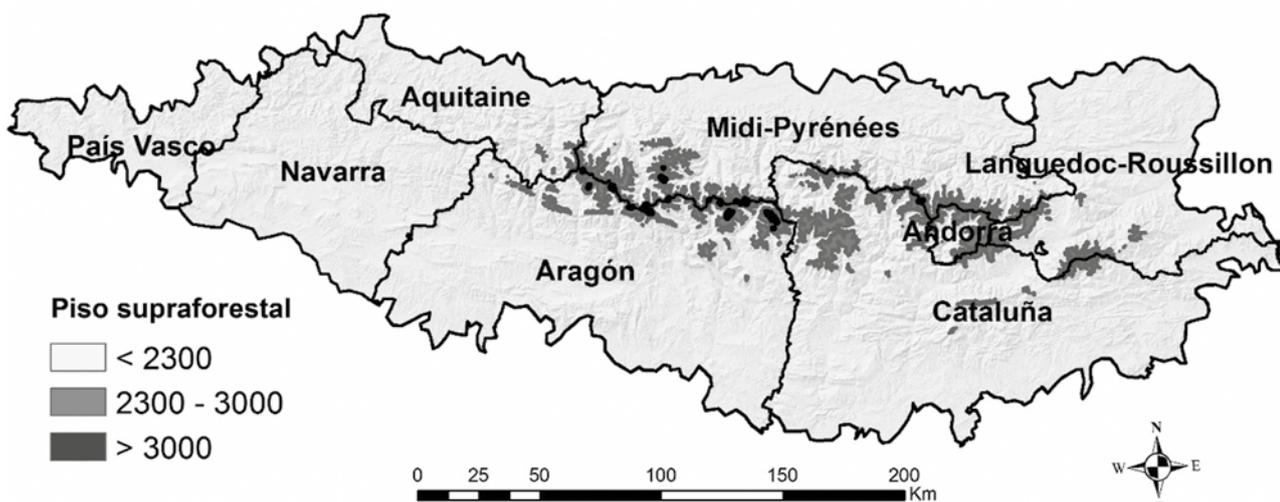


Fig. 1. - Demarcaciones abarcadas en el Atlas de la Flora de los Pirineos. Francia: Aquitania (Pyrénées-Atlantiques), Midi-Pyrénées (Haute-Pyrénées, Haute-Garonne, Ariège), Languedoc-Roussillon (Aude, Pyrénées Orientales); Andorra; España: País Vasco, Navarra, Aragón, Cataluña.

parte de las floras antes mencionadas, y se separan netamente de especies próximas. Por tanto, se identifican sin dificultad, aunque algunas de ellas, como *Draba subnivalis* y *Galeopsis pyrenaica*, hayan sido reconocidas a nivel subespecífico.

Muchas de estas plantas fueron descritas en los siglos XVIII, XIX o primera mitad del XX por Linneo, Lamarck, Lapeyrouse, Candolle, Ramond, Timbal-Lagrave, Jordan, Bubani, etc., y sus áreas de distribución pirenaicas son bien conocidas. En el extremo opuesto, algunas plantas descritas en las últimas décadas –señaladas con un asterisco en el listado–, muestran áreas poco definidas o es dudoso su estatus taxonómico, y requiere alguna comprobación.

Hemos optado por incluir en este grupo a *Ramonda myconi* y *Saponaria caespitosa*, aunque en puridad habría que definirlos como subendemismos, ya que de ambas se han encontrado recientemente poblaciones extra-pirenaicas aisladas, aunque muy reducidas: de la primera en la Sierra del Montsià, Tarragona (Calduch *et al.*, 2007), y de la segunda en Peña Ten, León (Lence *et al.*, 1996). Excluimos *Centaurea emporitana* Vayr. ex Hayek por estar situadas el mayor número de sus poblaciones fuera del área considerada, si bien muy próximas al Pirineo (Devesa, 2016).

Achillea chamaemelifolia Pourr.

Aegonychon gastonii (Benth.) J. Holub

Allium pyrenaicum Costa & Vayr.

Alyssum pyrenaicum Lapeyr.

Androsace ciliata DC.

Androsace cylindrica DC.

Androsace laggeri A. Huet

Androsace pyrenaica Lam.

Antirrhinum molle L.

Antirrhinum sempervirens Lapeyr.

Aquilegia viscosa Gouan

Arenaria fontqueri Cardona & J. M. Monts.

Arenaria oscensis (Pau) P. Monts.

Armeria bubanii G. H. M. Lawr.

*Armeria euscadiensis** Donad. & Vivant

Borderea chouardii (Gaussen) Heslot

Borderea pyrenaica Bubani & Bordère ex Miégev.

Campanula jaubertiana Timb.-Lagr.

Campanula precatoria Timb.-Lagr.

Centaurea costae Willk.

Centaurea emigrantis Bubani

Cerastium pyrenaicum J. Gay

Cirsium glabrum DC.

Delphinium montanum DC.

Dianthus benearnensis Loret

Dianthus costae Willk.

Dianthus geminiflorus Loisel.

Dianthus pyrenaicus Pourr.

Draba subnivalis Braun.-Blanq.

Endressia pyrenaica (Gay ex DC.) Gay

Erigeron aragonensis Vierh.

*Erigeron cabelloi** A. Pujadas, García-Salmones & E. López

Erodium manescavi Cosson

Erodium rupestre (Pourr. ex Cav.) Marcet

Erysimum seipkae Polatschek

*Festuca altopyreanaica** Fuente & Ortúñez

Festuca borderei (Hackel) K. Richt.

Festuca pyrenaica Reuter

Galeopsis pyrenaica Bartl.

Galium caespitosum Lam.

Geranium endressii J. Gay

Glandora oleifolia (Lapeyr.) D. C. Thomas

Iberis bernardiana Godr. & Gren.

Iberis spathulata DC.

Isoetes brochoni Motelay

*Knautia lebrunii** J. Prudhomme

Lathyrus vivanii P. Monts.

Linaria bubanii Font Quer

Medicago hybrida (Pourr.) Trautv.

Minuartia cerastiifolia (Ramond ex DC.) Graebn.

Narcissus bicolor L.

Narcissus moschatus L.

Odontites pyrenaicus (Bubani) Rothm.

Onobrychis pyrenaica (Sennen) Sennen ex Širj.

Onosma bubanii Stroh

Petrocoptis crassifolia Rouy

Petrocoptis guarensis Fern. Casas

Petrocoptis hispanica (Willk.) Pau

Petrocoptis montserratii Fern. Casas

Petrocoptis montsicciana O. Bolòs & Rivas Mart.

Petrocoptis pseudoviscosa Fern. Casas

Pinguicula longifolia Ramond ex DC.

Polygala vayredae Costa

*Primula subpyrenaica** Aymerich, L. Sáez & López-Alvarado

Ramonda myconi (L.) Rchb.

Ranunculus pyrenaicus L.

Ranunculus ruscinoensis Landolt

Rhaponticum centauroides (L.) O. Bolòs

Salix pyrenaica Gouan

Saponaria caespitosa DC.

Saxifraga aquatica Lapeyr.

Saxifraga aretioides Lapeyr.

Saxifraga geranioides L.

Saxifraga hariotii Luizet & Soulié

Saxifraga intricata Lapeyr.

Saxifraga media Gouan

Saxifraga pubescens Pourr.

Saxifraga umbrosa L.

Scrophularia pyrenaica Benth.

*Seseli farrenyi** Molero & J. Pujadas

Silene borderei Jord.

Thalictrum macrocarpum Gren.

*Thesium catalaunicum** Pedrol & M. Laínz

Thymelaea calycina (Lapeyr.) Meissner

Vicia argentea Lapeyr.

Viola diversifolia (Ging.) W. Becker

Xatardia scabra (Lapeyr.) Meissner

Dentro de este grupo, las especies que se listan a continuación incluyen dos o más subespecies endémicas, en varios casos con áreas de distribución netamente separadas:

- *Androsace cylindrica* [subsp. *cylindrica*, subsp. *wilkommii* P. Monts. y subsp. *hirtella* (Dufour) Greuter & Burdet].
- *Aquilegia viscosa* Gouan [subsp. *hirsutissima* (Timb.-Lagr.) Breistr. y subsp. *montsiciana* (Font Quer) O. Bolòs & Vigo].
- *Arenaria fontqueri* [subsp. *fontqueri* y subsp. *hispanica* (Coste & Soulié) Cardona & J. M. Montserrat].
- *Dianthus pyrenaicus* (subsp. *pyrenaicus* y subsp. *attenuatus* Bernal, M. Laínz & Muñoz Garm.).
- *Odontites pyrenaicus* (subsp. *pyrenaicus* y subsp. *abilianus* P. Monts.).
- *Saxifraga pubescens* [subsp. *pubescens* y subsp. *irantiana* (F. W. Schultz) Engl. & Irmsch.].

2.- Táxones subespecíficos endémicos

Componen este grupo 32 táxones endémicos en la categoría de subespecie y, en general, no presentan dificultades en su identificación. Agrupamos estas plantas en apartado independiente porque todas presentan, junto a la subespecie endémica, una o varias subespecies de amplia distribución.

Aconitum variegatum L. subsp. *pyrenaicum* Vivant (la especie ampliamente distribuida por Europa).

Aquilegia pyrenaica DC. subsp. *guarensis* (Losa) Rivas Mart. (la especie muestra una distribución pirenaico-cantábrica, y la subespecie se limita al Pirineo Aragonés –sierras de Guara, Gabardiella y Gratal-).

Arabis soyeri Reut. & Huet subsp. *soyeri* (la especie extendida por los Alpes).

Asperula cynanchica L. subsp. *pyrenaica* (L.) Nyman (la especie ampliamente distribuida por Europa).

Avenula pratensis (L.) Dumort. subsp. *amethystea* (Braun.-Blanq.) Romero Zarco (la especie de amplia distribución con bastantes subespecies de difícil delimitación).

Chaenorhinum origanifolium (L.) Fourr. subsp. *cotiellae* P. Monts. & G. Monts. (la especie distribuida por el SW de Europa; la subespecie endémica del Pirineo central, macizo del Cotiella).

Cirsium carniolicum Scop. subsp. *rufescens* (Ramond ex DC.) P. Fourn. (la subespecie típica es propia de los Alpes).

Cirsium richterianum Gillot subsp. *costae* (Sennen & Pau) Talavera & Valdés. No hay una delimitación sencilla de las tres subespecies y, por tanto, queda por precisar su área de distribución. El taxon de Sennen & Pau se ha dado como endémico del Pirineo oriental meridional, pero Talavera [in *Fl. Iberica* XVI(1): 172, 2014] lo cita de Tarragona. También la subespecie típica de este cardo es endémica de los Pirineos.

Cochlearia aragonensis Coste & Soulié subsp. *navarrana* (P. Monts.) Vogt (la especie es endémica del NE peninsular).

Delphinium fissum Waldst. & Kit. subsp. *fontqueri* Ascaso & Pedrol (la especie muestra distribución europea).

Dethawia splendens (Lapeyr.) Kerguélen subsp. *splendens* (la especie tiene distribución pirenaico-cantábrica).

Dianthus seguieri Vill. subsp. *requienii* (Godr.) Bernal, M. Laínz & Muñoz Garm. y subsp. *vigoii* (M. Laínz) O. Bolòs. La especie ampliamente extendida por los Alpes.

Draba tomentosa Clairv. subsp. *ciliigera* (O.E. Schulz) O. Bolòs & J. Vigo. La especie se distribuye por los Alpes, Cárpatos, Balcanes y Apeninos.

Gentiana burseri Lapeyr. subsp. *burseri*. El único taxon vicariante -subsp. *villarsii* (Griseb.) Rouy- se distribuye por los Alpes suroccidentales.

Gentiana lutea L. subsp. *montserratii* (Vivant) O. Bolòs & Vigo (la especie es orófila alpina).

Iberis carnosa Willd. subsp. *navarroana* Moreno (la especie se distribuye por la cuenca mediterránea).

Lomelosia pulsatilloides (Boiss.) Greuter & Burdet subsp. *macropoda* (Costa ex Willk.) Greuter & Burdet. La subespecie típica es endémica de Sierra Nevada.

Luzula multiflora (Ehrh.) Lej. subsp. *monticola* Kirschner (la especie muestra área de distribución holártica).

Myosotis alpestris F. W. Schmidt. subsp. *pyrenaeorum* (Blaise & Kerguélen) Valdés (M. *alpina* Lapeyr.).

Onosma fastigiata (Braun-Blanq.) Lacaita subsp. *pirenaica* (Braun-Blanq.) Valdés (la especie se distribuye por la Península ibérica y S de Francia).

Pedicularis comosa L. subsp. *asparagoides* (Lapeyr.) P. Fourn. (la especie se distribuye por Alpes y Pirineos).

Pedicularis pirenaica J. Gay subsp. *praetermissa* I. Soriano, M. Bernal & Sánchez-Cuxart (la especie es pirenaico-cantábrica).

Petrocoptis pyrenaica (J. Bergeret) A. Braun subsp. *pyrenaica*. La subsp. *glaucofolia* (Lag.) P. Monts. & Fdez. Casas se reduce a la Cordillera Cantábrica.

Phyteuma globulariifolium Sterbn. & Hoppe subsp. *rupicola* (Braun-Blanq.) O. Bolòs & J. Vigo (la especie está ampliamente repartida por los Alpes).

Plantago monosperma Pourret subsp. *monosperma* (la especie se distribuye por la Península ibérica).

Pulsatilla alpina (L.) Delarbre subsp. *font-queri* M. Laínz & P. Monts. (la especie es orófila alpina).

Ranunculus parnassiiifolius L. subsp. *parnassiiifolius* (la especie es orófila alpina).

Saxifraga pentadactylis Lapeyr. subsp. *pentadactylis* (las otras subespecies repartidas por distintas cordilleras ibéricas).

Sisymbrella aspera (L.) Spach *praeterita* Heywood (la especie se distribuye por el SW de Europa).

Spiraea crenata L. subsp. *parvifolia* (Pau) Romo (la especie vive en el E de Europa y el Caucaso).

Seseli montanum L. subsp. *nanum* (Dufour) O. Bolòs (taxon incluido en la variabilidad de *S. montanum* en distintas floras; la especie se distribuye por la Región mediterránea).

Trisetum flavescens (L.) Beauv. subsp. *baregense* Laffite & Miégev. (la especie está bien extendida por toda Europa).

Thymelaea tinctoria (Pourr.) Endl. subsp. *nivalis* (Ramond) Nyman (la especie se distribuye por la Península ibérica y escasea en el Sur de Francia).

3.- Táxones críticos endémicos

Mencionamos en este apartado algunos de los táxones específicos o subespecíficos –variedades a veces– cuya delimitación taxonómica todavía resta por aclarar y, por tanto, su área de distribución es imprecisa. Son táxones de los géneros *Alchemilla*, *Hieracium* y *Taraxacum*, así como de algunos otros géneros, agregados de especies o especies que incluyen abundantes táxones de difícil distinción (*Armeria*, *Dianthus*, *Festuca*, *Brassica repanda*, etc.).

Achillea odorata L. var. *masclansii* P. Monts. Es una raza local, presente en la alta montaña de los Pirineos centrales.

Armeria arenaria (Pers.) Schult. subsp. *confusa* (Bernis) G. Nieto.

Armeria muelleri Huet. Pertenece a *A. gr. alpina* Willd., todavía no se ha podido concretar su área de distribución.

Armeria pubinervis Boiss subsp. *orissonensis* Donad.

Armeria ruscinonensis Girard subsp. *littorifuga* (Bernis) Malag.

Brassica repanda (Willd.) DC. subsp. *cadevallii* (Font Quer) Heywood, subsp. *galissieri* (Giraudias) Heywood y subsp. *turbonis* (P. Monts.) Gruber ex J. M. Monts.; La especie, con abundantes subespecies de difícil distinción, muestra una amplia distribución en la Península ibérica, N de África y Alpes.

Centaurea paniculata L. Las subespecies *paniculata*, *leucophaea* (Jordan) Arcangeli y *oscensis* Pau ex López & Devesa centran su área de distribución en los Pirineos centrales y orientales, sobre todo en la vertiente meridional, pero hasta la fecha no están bien delimitadas y en algún caso desbordan los Pirineos (Devesa, 2016).

Dianthus pungens L. Las subespecies *pungens*, *multiceps* (Costa) O. Bolòs & J. Vigo y *ruscinonensis* (Boiss.) Bernal, M. Laínz & Muñoz Garm. limitan su área a los Pirineos, aunque todavía cabe precisarla. Además, su identificación taxonómica es compleja.

Erodium lucidum Lapeyr. Taxon subordinado unas veces a *E. rupestre* (Pourr. ex Cav.) Marcet y otras relacionado con *E. glandulosum* (Cav.) Willd. (cf. C. Navarro in *Flora iberica* IX: 362, 2015).

Festuca. Varios táxones de este género se consideran endemismos pirenaicos, pero todavía hay que precisar su delimitación taxonómica y su área de distribución. Entre ellos citamos: *F. arvernensis* Auquier, Kerg. & Markgr.-Dann., *F. cagiriensis* Timb.-Lagr., *F. glauca* Vill., *F. liviensis* (Verg.) Markgr.-Dann., *F. ochroleuca* Timb.-Lagr. subsp. *ochroleuca* y subsp. *bigorronensis*, *F. vasconensis* (Markgr.-Dann.) Auquier & Kerguélen y *F. yvesii* Sennen & Pau.

Hieracium colmeiroanum Arv.-Touv. & Gaut. Tanto este como bastantes táxones más del género resultan difíciles de identificar y, en consecuencia, su área resulta imprecisa (Mateo & del Egido, 2017; Mateo *et al.*, 2017a y b).

Leucanthemum catalaunicum Vogt, *L. favargerii* Vogt., *L. gaudinii* Dalla Torre subsp. *barrelieri* (Dufour ex DC.) Vogt, entre otros táxones del género, muestran una gran complejidad taxonómica.

Leucanthemum graminifolium (L.) Lam. Taxon tratado frecuentemente como endémico, pero cuya área de distribución va más allá de los Pirineos, llegando al SE de Francia (Tison & de Foucault, 2014).

Linaria supina (L.) Chaz. var. *pyrenaica* (Ramond ex DC.) Duby. La especie es notablemente polimorfa, y la variedad puede incluirse en su variabilidad, al parecer como una raza de alta montaña.

Linum milletii Sennen & Gonzalo. Su identificación dentro de *L. gr. suffruticosum* L. resulta dificultosa.

Ophrys bertolonii Moretti subsp. *catalaunica* (O. Danesch & E. Danesch) Soca (O. *catalaunica* O. Danesch & E. Danesch). Excede el ámbito pirenaico, alcanzando por el Languedoc-Roussillon, y ha de precisarse su área de distribución. Su delimitación taxonómica queda igualmente por concretar.

Orobanche montserratii A. Pujadas & D. Gómez. Según Foley (*Flora iberica* XIV: 63, 2011) se podría subordinar a *O. laserpitii-sileris* Reut. ex Jord.

Pilosella breviscapa (DC.) Soják. Se ha descrito del Pirineo Oriental, principalmente de la alta montaña, pero aún queda por precisar su área por las provincias de Gerona, Lérida y quizá Huesca, más Andorra. Además, se hibrida con *P. lactucella* (Wallr.) P.D. Sell & C. West (Mateo & del Egado, 2017).

Ranunculus auricomus L. subsp. *envalirensis* (Grau) Molero, L. Pujadas & Romo (*R. envalirensis* Grau). Los táxones englobados en R. gr. *auricomus* están actualmente en revisión.

Salix ceretana (P. Monts.) Chmelar (*Salix lapponum* L. subsp. *ceretana* P. Monts). Por lo que sabemos, todavía se discute su posición taxonómica.

Santolina benthamiana Jord. & Fourr. (*S. chamaecyparissus* L. subsp. *pecten* Rouy).

Taraxacum aragonicum Sahlin y otros *Taraxacum* con taxonomía y corología de gran complejidad.

Algunos táxones citados repetidas veces como endémicos y que hay descartar

Anotamos en este apartado algunas plantas consideradas endémicas pirenaicas en distintos catálogos y estudios de vegetación, que proponemos excluir de esta catalogación por las razones que se explican:

Achillea ceretana (Sennen) I. Soriano. Microespecie diploide del agregado de *A. millefolium* L., cuya distribución excede el área pirenaica.

Aconitum napellus L. subsp. *napellus*. Se cita esta subespecie típica como endémica del Pirineo occidental (cf. Dupont, 2015: 97), pero en este grupo complejo se han descrito bastantes táxones de difícil separación, basados sobre todo en la morfología foliar, que muestra una alta variabilidad.

Hormatophylla macrocarpa (DC.) Küpfer (*Alyssum macrocarpum* DC.). Aparte de las poblaciones de Ariège, Aude y Pirineos Orientales, se encuentra también en los departamentos de Drôme, Ardèche, Lozère, Gard, Hérault, Aveyron, Lot, Tarn-et-Garonne y Tarn, por lo que tiene que ser considerada como latepirenaica, endémica de la Francia meridional, al W del Ródano (cf. Tison & de Foucault, 2014: 588).

Arenaria vitoriana Uribe-Ech. & Alejandro. Excede el área pirenaica por el Sistema Ibérico, Álava y Cantabria.

Astragalus baionensis Loisel. Desborda el área pirenaica por la costa atlántica francesa.

Biscutella brevifolia (Rouy & Foucaud) Guinea y B. *flexuosa* Jord. Forman parte del grupo *valentina* (Loefl. ex L.) Heywood que muestra extraordinaria variabilidad. La distribución de los distintos táxones tampoco se conoce bien.

Centaurea emporitana Vayr. ex Hayek. Endemismo de las provincias de Gerona y Barcelona, con todas sus poblaciones, excepto dos, situadas fuera del territorio considerado en el Atlas de los Pirineos.

Erysimum gorbeanum Polatschek. Su delimitación taxonómica es dudosa, y su territorio excede los Pirineos.

Geranium cinereum Cav. Alcanza los Montes Vascos, Castro Valnera (Burgos) y Alto Campóo (Cantabria) (cf. Dupont, 2015).

Iberis linifolia L. fil. subsp. *dunalii* (Bub.) B. Valdés. La subespecie es endémica de las comarcas catalanas del Baix Empordá, La Selva, el Maresme y La Garrotxa. Hay varias localidades muy próximas al Pirineo, pero hasta la fecha no se conoce del área de estudio.

Jacobaea leucophylla (DC.) Pelser. El territorio del antiguo *Senecio leucophyllus* DC., no se reduce al Pirineo Oriental, sino que también está en el Monte Mézenc (Macizo Central francés).

Thlaspi occitanicum Jord. Aparte del Pirineo y Prepirineo también se conoce de la parte meridional del Macizo central.

Veronica aragonensis Stroh. Hasta ahora solo se conocía de Pirineo y Prepirineo central, pero ha sido encontrada recientemente en Sierra Nevada.

Distribución regional o provincial de los endemismos pirenaicos

Contabilizando los 93 táxones endémicos pertenecientes a la categoría de especie, más las subespecies cuando todas las de su género son endémicas pirenaicas, llegamos a la siguiente distribución por departamentos franceses, comunidades autónomas españolas, más Andorra:

Andorra	30	Hautes-Pyrénées	45
Aragón (Hu, Z)	71	Navarra	28
Ariège	36	País Vasco	3
Aude	21	Pyrénées Atlantiques	36
Cataluña (Gi, B, L)	63	Pyrénées Orientales	34
Haute-Garonne	27		

Si tenemos en cuenta las áreas de distribución que cubren una o varias de las demarcaciones consideradas –cuatro comunidades autónomas españolas, uno o varios de los citados departamentos franceses o Andorra-, nos podemos hacer una idea de su extensión relativa:

Nº de endemismos presentes en:

1 demarcación	18	7 demarcaciones	5
2 demarcaciones	17	8 demarcaciones	6
3 demarcaciones	10	9 demarcaciones	5
4 demarcaciones	14	10 demarcaciones	2
5 demarcaciones	10		
6 demarcaciones	8		

Y si anotamos los endemismos presentes en Andorra, España y Francia por separado, tenemos los siguientes resultados: Andorra, 22 táxones; España, 79 y Francia, 44.

DISCUSIÓN

Atendiendo a la información actualmente disponible sobre su taxonomía y corología, hemos considerado oportuno dividir las plantas endémicas de los Pirineos en dos grupos, especies y subespecies, y mantener en un tercero las plantas que muestran dudas mientras se afianza su estatus taxonómico y se matiza su área de distribución. Finalmente, una docena de especies quedan excluidas de la lista de endémicas porque extienden sus áreas por fuera del territorio considerado, o requieren nuevos estudios taxonómicos o corológicos. Precisamente, la heterogeneidad de los tratamientos taxonómicos y la complejidad de algunos grupos, hace pensar en la necesidad de nuevas revisiones periódicas para ajustar los listados que proponemos.

El número de especies endémicas de los Pirineos que podemos considerar “consolidados”, atendiendo a criterios taxonómicos o corológicos, más o menos estrictos, se reduce a 87 táxones, a las que cabe añadir seis subespecies más. Si sumamos aparte otros 32 táxones subespecíficos elevaríamos la cifra a 125 endemismos. En relación con la cifra total -3.652 táxones- de plantas vasculares autóctonas del territorio incluido en el Atlas de la Flora de los Pirineos citado, ese número supone únicamente el 3,4% del total.

Aunque no existían estimaciones muy precisas de la endemoflora para el conjunto de los Pirineos, este porcentaje reduce a casi la mitad las estimaciones alcanzadas en otros estudios, tanto para la propia cordillera, como para el conjunto de la flora ibérica (Sáinz & Moreno, 2002; Villar *et al.*, 1997-2001, etc.).

También cabe destacar la baja proporción de los endemismos pirenaicos en comparación con los que se citan en los Alpes -cerca del 12% (Aeschmann *et al.*, 2004)- o los Cárpatos -aproximadamente un 11% (Tasenkevich, 1998)-. En cualquier caso, hay que señalar que esta misma tendencia “a la baja” en la estima de plantas endémicas se ha dado también cuando se han efectuado revisiones similares en otras cadenas montañosas alpinas (Kliment *et al.*, 2011).

Cabe insistir en la necesidad de revisar las listas de endemismos u otros grupos florísticos cuya conservación resulte de interés. A la información florística actualizada convendría añadir criterios de clasificación homogéneos, y valorar la incertidumbre taxonómica o los conocimientos corológicos de las distintas plantas. De esta forma se avanzaría en el conocimiento ecológico de las especies, se establecerían nuevas prioridades y se podrían planear nuevas medidas de conservación.

BIBLIOGRAFÍA

Aeschmann, D., Lauber, K., Moser, D. M., Theurillat, J. P., 2004. Flora alpina (3 v.). Paris.

Anónimo, 1983. List of rare, threatened and endemic plants in Europe. Council of Europe, Strasbourg. Nature and Env. Series 27, 1-357.

Barreno Rodríguez, E., Bramwell, D., Cabezado, B., Cardona, M. A., Costa, M., Fernández Casas, J., Fernández-Galiano, E., Fernández Prieto, J. A., Gómez Campo, C., Hernández Bermejo, E., Heywood, V. H., Izco Sevillano, J., Llorens, L., Molero Mesa, J., Montserrat Recoder, P., Rivas Martínez, S., Sáenz Laín, C., Santos Guerra, A., Valdés Castrillón, B., De la Torre, W. W. (eds.), 1985. Listado de plantas endémicas, raras o amenazadas de España. Inf. Ambiental. M. O. P. U. 3, 48-71.

Baudière, A., Cauwet, A. M., 1986. Les endémiques pyrénéennes, spécialisation écologique et signification phytogéographique. In: Colloque international de Botanique pyrénéenne, 269-286. Université Paul Sabatier, Toulouse.

Bolòs, A. de, 1946. La *Polygala vayredae* Costa, endemismo pirenaico. Collect. Bot. 1(1), 51-93.

Bolòs, O. de, Vigo, J., 1984-2001. Flora dels Països Catalans (4 v.). Barcelona.

Caballero, A., 1942. Ilustraciones de la flora endémica española. Anales Inst. Bot. Cavanilles 2, 266-347.

Calduch, J., Antich Balada, J., Aparico Rojo, J. M., Arasa Tullies, A., Arrufat Sales, M., Balada Llasat, R., Beltrán García, J., Cardero Aguilera, S., Forcadell Roig, J. M., Mayol Martínez, M., Mesa Romeu, D., Moisés Reverté, J., Moro Deordal, J., Riba Rovira, M., Royo Pla, F. & Torres Espuny, L. de. 2007. Presència de *Ramonda myconi* (L.) Rchb. a la serra de Montsià. Toll Negre 9, 6-13.

Castroviejo, S. (coord. general), 1986-2016 (eds.). *Flora ibérica*, I. C. S. I. C., Madrid.

Darwin, Ch., 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection. Murray, London.

Dendaletche, C., 1981. L'endemisme végétal pyrénéen occidental. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 117(I-IV), 181-195.

Devesa Alcaraz, J. A., 2016. Las especies del género *Centaurea* en la Península Ibérica e Islas Baleares. Córdoba UCO Press, Universidad de Córdoba.

Dupont, P., 2015. Les plantes vasculaires atlantiques, les pyrénéo-cantabriques et les éléments floristiques voisins dans la Péninsule ibérique et en France. Bull. Soc. bot. Centre-Ouest. Nouvelle Série. Numéro spécial 45, 1-494.

Fernández Casas, J., 1984. Dos novedades en *Narcissus* L. Fontqueria 5, 35-38.

García, M. B., 1993. Biología reproductiva y ecología de plantas endémicas relictas de los Pirineos. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra.

Gausson, H., Leredde, C., 1948. Les endémiques pyrénéo-cantabriques dans la région centrale des Pyrénées. Bull. Soc. bot. France 96, 57-83.

Kliment, J., Šibíkova, Šibík, J., 2011. On the occurrence of the arctic-alpine and endemic species in the high-altitude vegetation of the Western Carpathians. Thaiszia-J. Bot., Košice 21, 45-61.

Lence Paz, M. C., Penas Merino, A., Pérez Morales, C., Llamas García, F., 1996. *Saponaria caespitosa* DC., nueva para la Cordillera Cantábrica. Stud. Bot. 15, 185-187.

Lorda, M., 2013. Catálogo Florístico de Navarra-Nafarroako Landare Katalogoa. Mon. Bot. Ibérica 11.

- Mateo, G., del Egido, F., 2017. Estudio monográfico sobre los géneros *Hieracium* y *Pilosella* en España. Monografías de Botánica Ibérica 20, 1-422.
- Mateo, G., Talavera, S., del Egido, F., 2017a. *Hieracium*. In: Talavera, S. *et al.* (eds.), Flora iberica XVI(II), 1170-1258. CSIC, Madrid.
- Mateo, G., Talavera, S., del Egido, F., 2017b. *Pilosella*. In Talavera, S. *et al.* (eds.), Flora iberica XVI(II), 1261-1294. CSIC, Madrid.
- Montserrat, J. M., Romo, A. M., 1983. *Alchemilla cuatrecasasii* especie nueva. Lazaroa 5, 183-186.
- Montserrat, P., Villar, L., 1973. El endemismo ibérico. Aspectos ecológicos y fitotopográficos. Bol. Soc. Brot. 46 (2.ª sèrie), 503-527.
- Montserrat, P., Villar, L., 1987. The vegetation and endemic flora of the Spanish Pyrenees. Guide to Excursion 41. XIV International Botanical Congress, Berlin.
- Montserrat, P., Villar, L., 1998. Sobre la conservación de la flora en el Pirineo Aragonés. J. Bot. Soc. bot. France 5, 155-158.
- Montserrat, P., 1974. L'exploration floristique des Pyrénées occidentales. Bol. Soc. Brot. 47 (Suppl.), 227-240.
- Montserrat, P., 1983. El *Odontites pyrenaica*, sus afinidades y distribución. Bol. Soc. Brot. 53, 587-594.
- Moreno M., 1983. *Iberis bernardiana* Grenier & Godron, una especie conflictiva del Pirineo. Pirineos 119, 5-20.
- Moreno Saiz, J. C., Sáinz Ollero, H., 1992a. Atlas corológico de las monocotiledóneas endémicas de la Península Ibérica e Islas Baleares. ICONA, Madrid.
- Moreno Saiz, J. C., Sáinz Ollero, H., 1992b. Aproximación al análisis corológico del endemismo ibérico-balear en monocotiledóneas. Simposi Internacional de Botànica Pius Font i Quer. Vol. II (Fanerogamia), 375-379. Lleida.
- Moreno, M., 1984. Taxonomía de las especies endémicas del género *Iberis* L. (Cruciferae) en la Península Ibérica. Tesis doctoral Universidad Complutense, Madrid.
- Sáinz Ollero, H., Hernández, J. E., 1981. Síntesis corológica de las dicotiledóneas endémicas de la Península Ibérica e Islas Baleares. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias 31. Ministerio de Agricultura y Pesca, Madrid.
- Sáinz Ollero, H., Moreno Saiz, J. C., 2002. Flora vascular endémica española. En: Díaz Pineda, F. (coord.), La diversidad biológica de España, 175-196. Prentice Hall.
- Segarra-Moragues, J. C., Catalán, P., 2003. Life history variation between species of the relictual genus *Borderea* (*Dioscoreaceae*): phylogeography, genetic diversity, and population genetic structure assessed by RAPD markers. Biological Journal of the Linnean Society 80, 483-498.
- Tasenkevich, L., 1998. Flora of the Carpathians: checklist of the native vascular plant species. State Museum of Natural History of NAS of Ukraine, Kyiv.
- Tejero, P., García, M. B., Gómez, D., 2017. Spatial distribution and environmental description of the endemic flora of the Pyrenees. Pirineos, 172, e031. <http://dx.doi.org/10.3989/pirineos.2017.172006>.
- Tison, J.-M., Foucault, B. de, 2014. Flora Gallica-Flore de France. Biotope Éditions.
- Vanderplank S. E., Moreira-Muñoz, A., Hobohm, C., Pils, G., Noroozi, J., Ralph Clark, V., Barker, N. P., Yang, W., Huang, J., Ma, K., Tang, C. Q., Werger, M. J. A., Ohsawa, M., Yang, Y., 2014. Endemism in Mainland Regions – Case Studies. In: Hobohm C. (eds.), Endemism in Vascular Plants. Plant and Vegetation 9. Springer, Dordrecht.
- Villar, L., García, M. B., 1989. Vers une banque de données des plantes vasculaires endémiques des Pyrénées. Acta Biol. Mont. 8, 101-120.
- Villar, L., Laínz, M., 1990. Plantes endémiques des Pyrénées occidentales et des monts Cantabres. Essai chorologique. Botánica Pirenaico-Cantábrica. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología 5, 209-234.
- Villar, L. 1988. El elemento endémico en la flora del Pirineo occidental español. «Homenaje a Pedro Montserrat». *Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología*, 4: 371-381.
- Villar, L.; Sesé, J. A. & Ferrández, J. V. 1997-2001. *Atlas de la Flora del Pirineo Aragonés*, 2 vols. Instituto de Estudios Altoaragoneses-Consejo de Protección de la Naturaleza. Huesca y Zaragoza.
- Villar, L.; Sesé, J. A.; Goñi, D.; Ferrández, J. V.; Guzmán, D. & Catalán, P. 1997. Sur la flore endémique et menacée des Pyrénées (Aragon et Navarre). *Lagascalia*, 19(1-2): 673-684.
- Vivant, J. & Delay, J. 1980. Sur quelques endémiques pyrénéennes. Cytotaxonomie (2ª partie). *Bull. Soc. bot. France*, 5: 493-505.

Rareza en la flora pirenaica. Materiales preliminares para una lista roja

Rarities of Pyrenean flora. Preliminary materials for a red list

Daniel Gómez¹, Mikel Lorda², Xavier Font³, M^a Begoña García¹, Iñaki Aizpuru⁴

¹ Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Nuestra Señora de la Victoria, s/n, 22700 Jaca, Huesca (dgomez@ipe.csic.es).

² C. I. Agroforestal, 31015 Pamplona-Iruña, Navarra.

³ Dep. Biol. Vegetal, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona; 4IHOB, 48011 Bilbao, Bizkaia.

RESUMEN

Se enumera y comenta un listado preliminar de la flora más rara de los Pirineos a partir de la revisión de taxones y áreas de distribución contenida en el Atlas de la Flora digital de los Pirineos. Se han seleccionado las plantas presentes en 1-4 cuadrículas de 10 x 10 km que supone entre el 0,2 y el 1% de la superficie total, más las que estando representadas en un número mayor de cuadrículas (hasta 24), presentan un escaso número total de poblaciones en la cordillera (menos de 20). Con estos criterios se han seleccionado 363 plantas (10% del conjunto de la flora pirenaica) de las que 267 (68%) se distribuyen en menos del 1% de la superficie pirenaica. Con esta primera selección pretendemos contribuir a la elaboración de un catálogo de las plantas prioritarias para su conservación desde una perspectiva común para el conjunto de la cordillera pirenaica.

PALABRAS CLAVE: Especies raras, gestión, conservación, Atlas Flora digital de los Pirineos, Pirineos.

ABSTRACT

Based on the revision of the online digital Atlas of the Pyrenees Flora, we have selected a preliminary list of the rarest plants of the Pyrenean mountain range. The presence of plants in 1-4 squares, including other taxa, best represented in the territory, but which from a chorological or ecological point of view are relevant, has been taken as a basic criterion. 363 plants have been selected, among which 267 (68%) are distributed in a surface lower than 1% of the territory. These studies, necessary for the management and conservation of the Pyrenean flora, should contribute to the protection of the most threatened flora.

KEY WORDS: Rare species, management, conservation, Atlas Digital Flora of the Pyrenees, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

El concepto de rareza, ligado a su atractivo ancestral para nuestra especie, trasciende desde antiguo a la biología y se utiliza con frecuencia para resaltar el valor de las comunidades naturales y los territorios que las albergan (Kunin and Gaston, 1997).

La definición de rareza y los aspectos que la conforman han sido objeto de distintas interpretaciones y polémicas (por ej: Drury, 1974; Rabinowitz, 1981; Fiedler and Ahouse, 1992; Batianoff and Burges, 1993) al igual que la dependencia de la escala, de las interpretaciones taxonómicas y de las formas de hacer el concepto operativo para estudios de ecología y objetivos de conservación (Kunin and Gaston, 1993). En la evaluación de la rareza se han utilizado –a veces de forma confusa- medidas de abundancia, “incidencia (*occurrence*)”, persistencia temporal, especificidad de hábitats, peculiaridad taxonómica, diversidad genética, endemidad y flujo de genes (Gaston, 1997). Pero más allá de interpretaciones teóricas, la evaluación de la rareza de un determinado grupo biológico queda circunscrita por el nivel de los conocimientos disponibles sobre su distribución y biología que limitarán los aspectos a tener en cuenta.

Sea como fuere, y a pesar de que el uso de la rareza en grupos biológicos puede llevar con frecuencia a conclusiones erróneas (Buzas *et al.*, 1982), las plantas “raras” ocupan un lugar destacado en la medición de fragilidad de los hábitats y en la definición de prioridades de conservación.

Las prospecciones detalladas de plantas y el almacenamiento en una base de datos conjunta de las citas florísticas recogidas en más de dos siglos, ha propiciado la reciente elaboración y publicación digital del “Atlas de la Flora vascular de los Pirineos” (<http://www.atlasflorapyre-naea.org>¹), que permite ahora revisar y corregir las áreas de distribución y realizar un listado preliminar de los taxones raros de los Pirineos. Pretendemos con este listado contribuir a la edición de un “libro rojo” para el conjunto de la cordillera y a la definición de medidas conjuntas y comunes de conservación. Por otra parte, la caracterización ecológica de algunas especies raras podrá ser de gran utilidad y cobran especial relevancia en la gestión de la conservación y en el estudio de las consecuencias del cambio global sobre la diversidad vegetal y su distribución.

¹ Para elaborar este artículo se utilizaron los datos de la primera versión del Atlas (2014), en línea hasta junio de 2019. Una nueva versión con datos adicionales está ya disponible en línea desde julio de 2019.

METODOLOGÍA

La acotación de plantas "raras" que hemos adoptado en este trabajo, abarca las que están presentes entre 1 y 4 cuadrículas de 10 x 10 km en el territorio de estudio (aproximadamente entre el 0,2 y el 1% de la superficie total), más las que se encuentran en un rango espacial más amplio (hasta 10 cuadrículas, excepcionalmente hasta 24), pero están representadas por un número de poblaciones muy escaso. Hay que señalar que un criterio más riguroso basado en la cuantificación del número de poblaciones y en la superficie ocupada (por ejemplo, mediante el número de cuadrículas) no puede ser utilizado actualmente por las limitaciones de la información disponible.

El área de estudio (Fig. 1) comprende la cordillera pirenaica delimitada tal como se considera en el Atlas digital, incluyendo ambas vertientes y Andorra con una superficie de unos 50.000 km². Este territorio muestra una gran heterogeneidad climática, de substratos geológicos, relieve y hábitats junto a una prolongada e intensa influencia humana en los últimos dos mil años (Dupias, 1985).

Para la selección de las plantas raras se han tenido en cuenta únicamente los táxones autóctonos con presencia actual constatada en el Pirineo y, por tanto, se han desestimado los de presencia incierta, bien por ser citas antiguas e imprecisas en su localización que no han podido ser verificadas en los últimos años, o por pertenecer a grupos conflictivos en su taxonomía y nomenclatura (principalmente de los géneros apomícticos *Hieracium*, *Taraxacum*, *Alchemilla* –salvo excepciones– y *Armeria*, *Festuca*, etc.). También se han desestimado las plantas de amplia distribución (sobre todo en el área mediterránea) que alcanzan el territorio de forma muy puntual, pero que son muy comunes en territorios geográficos contiguos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los criterios establecidos, se han seleccionado 363 plantas raras, que suponen alrededor del 10% del conjunto de la flora pirenaica.

Atendiendo al número de cuadrículas donde están presentes los táxones, el reparto de las categorías señaladas, es el siguiente: 57 (15,7%) están presentes en una cuadrícula, 70 (19,3%) en dos cuadrículas, 68 (18,7%) en tres cuadrículas, 52 (14,3%) en cuatro cuadrículas, de forma que estas clases agrupan el 68% de las plantas raras, mientras que las restantes 116 (31,9%) están en más de cuatro cuadrículas pero con un total de poblaciones muy reducido.

Listamos y comentamos a continuación las plantas seleccionadas señalando con asterisco las que presentan una distribución más amplia en zonas próximas, pero tienen en el Pirineo su límite de distribución o bien destacan por vivir en hábitats singulares (yesos, saladares) escasos en el conjunto pirenaico.

• Plantas presentes en 1 cuadrícula (57 táxones):

Allium acutiflorum Loisel.

Ampelodesmos mauritanica (Poir.) Durand & Schinz

Androsace cylindrica DC. subsp. *willkommii* P. Monts.

Androsace lactea L.

Anthriscus nitida (Wahlenb.) Garcke

Astragalus cicer L.

Bassia hirsute (L.) Asch.

Borderea chouardii (Gaussen) Gaussen & Heslot



Fig. 1. - Mapa del Pirineo con las cuadrículas UTM de 10x10 km, extraído del Atlas de la Flora digital de los Pirineos (2014-2019).

- Carex buxbaumii* Wahlenb.
Carex ferruginea Scop. subsp. *tenax* (H. Christ) K. Richt.
Carex praecox Schreb.
Centaurea lagascana Graells
Cladanthus mixtus (L.) Chevall.
Cochlearia aragonensis Coste & Soulié subsp. *navarrana* (P. Monts.) Vogt
Elatine brochonii Clavaud
Elatine hexandra (Lapierre) DC.
Erodium alnifolium Guss.
Erodium tordylioides (Desf.) L'Hér.
 **Helianthemum squamatum* (L.) Pers.
 **Jacobaea auricula* (Bourgeau ex Coss.) Pelsner
Jasione sessiliflora Boiss. & Reut.
Juncus heterophyllus Dufour
Juncus ranarius Songeon & E.P. Perrier
Knautia legionensis (Lag.) DC.
Lavatera trimestris L.
Lemna trisulca L.
Loeflingia hispanica L. subsp. *hispanica*
Malcolmia ramosissima (Desf.) Gennari
Malva hispanica L.
Marsilea strigosa Willd.
Minuartia capillacea (All.) Graebn.
 **Narcissus triandrus* L. subsp. *pallidulus* (Graells) Rivas Goday
Nonea erecta Bernh.
Nymphoides peltata (S. G. Gmel.) Kuntze
Orchis italica Poir.
Papaver lapeyrouisianum Gutermann subsp. *endressii* (Asch.) Greuter & Burdet
Pellaea calomelanos (Sw.) Link
Phalacrocarpum oppositifolium (Brot.) Willk. subsp. *oppositifolium*
Polygala chamaebuxus L.
Polygala vayredae Costa
Polygonum romanum Jacq. subsp. *gallicum* (Raffaelli) Raffaelli & L. Villar
Potamogeton schweinfurthii A. Benn.
Pulsatilla vulgaris Mill.
Rumex hydrolapathum Huds.
Sedum maireanum Sennen
Sedum nevadense Coss.
Senecio boissieri D.C.
Seseli farrenyi Molero & J. Pujadas
Spirodela polyrhiza (L.) Schleiden
Stachys maritima Gouan
Thesium humile Vahl
Thymelaea gussonei Boreau
Tofieldia pusilla Pers.
 **Urginea maritima* (L.) Baker
Vallisneria spiralis L.
Vicia loiseleurii (M. Bieb.) Litv.
Woodsia pulchella Bertol.
- Plantas presentes en 2 cuadrículas (70 táxones):**
Aconitum burnatii Gáyer
Adoxa moschatellina L.
Apera spica-venti (L.) P. Beauv. subsp. *spica-venti*
Arabis parvula Dufour
Arenaria controversa Boiss.
Astragalus baionensis Loisel.
Astragalus granatensis Lam.
Bassia hyssopifolia (Pallas) O. Kze.
Botrychium simplex E. Hitchc.
Brachypodium hybridum Catalán, Joch. Müll., Hasterok & Jenkins
Callianthemum coriandrifolium Rchb.
Carex dioica L.
Carex grioletii Roem.
Carex lachenalii Schkuhr subsp. *lachenalii*
Centaureium quadrifolium (L.) G. López & Ch. E. Jarvis subsp. *parviflorum* (Willk.) Pedrol
Chenopodium rubrum L.
Crepis zacintha (L.) Loisel.
Cressa cretica L.
Daucus durieua Lange
Delphinium fissum Waldst. & Kit. subsp. *fontqueri* Ascaso & Pedrol
Delphinium gracile DC.
Dictamnus hispanicus Webb ex Willk.
Dipsacus laciniatus L.
Dracocephalum ruyschianum L.
Echium parviflorum Moench
Elatine alsinastrum L.
Eleocharis ovata (Roth) Roem. & Schult.
Erodium botrys (Cav.) Bertol.
Euphorbia lagascae Spreng.
Euphorbia pithyusa L. subsp. *pithyusa*

Festuca prudhommei Kerguélen & Plonka
Filago congesta Guss. ex DC.
Fumaria barnolae Sennen & Pau subsp. *barnolae*
Galium trifidum L.
 **Herniaria ciliolata* Melderis
Hierochloa odorata (L.) P. Beauv. subsp. *odorata*
Hottonia palustris L.
Iberis carnosus Willd. subsp. *nafarroana* Moreno
Isoetes velatum A. Braun subsp. *velatum*
Isolepis fluitans (L.) R. Br.
Lamium garganicum L. subsp. *garganicum*
 **Leucanthemum crassifolium* (Lange) Lange
Linaria oblongifolia (Boiss.) Boiss. & Reut. subsp. *aragonensis* (Lange) D. A. Sutton
Lupinus micranthus Guss.
Luzula alpina Hoppe
Medicago secundiflora Durieu
Melampyrum catalaunicum Freyn
Minuartia funkii Jord.
Ononis pubescens L.
Onosma fastigiata (Braun-Blanq.) Lacaita subsp. *pyrenaica* (Braun-Blanquet) Valdés
Ornithogalum arabicum L.
Ranunculus lingua L.
Ranunculus ololeucos Lloyd
Reseda jacquini Rchb.
 **Romulea bulbocodium* (L.) Sebast. & Mauri
Rumex palustris Sm.
Ruppia cirrhosa (Petagna) Grande
Ruppia drepanensis Tineo ex Guss.
Sagittaria sagittifolia L.
Salvia sylvestris L.
Scheuchzeria palustris L.
Schoenoplectus litoralis (Schrud.) Palla
Silene viridiflora L.
Spergularia rupicola Lebel ex Le Jolis
Trifolium ornithopodioides L.
Trifolium phleoides Pourr. ex Willd.
Trifolium spumosum L.
Trigonella esculenta Willd.
Trisetum distichophyllum (Vill.) P. Beauv.
Woodwardia radicans (L.) Sm.

• **Plantas presentes en 3 cuadrículas (68 táxones):**

Acinos rotundifolius Pers.
Alnus viridis (Chaix) DC.
Alyssum pyrenaicum Lapeyr.
Andrachne telephoides L.
 **Anthyllis cytisoides* L.
Armeria euscadiensis Donad. & Vivant
Astragalus austriacus Jacq.
Astragalus glaucus L.
Atriplex tornabenei Tineo
Bidens cernuus L.
Blackstonia imperfoliata (L. f.) Samp.
Carduncellus caeruleus (L.) Less.
Carduus acanthoides L.
Carex diandra Schrank
Carex hispida Willd.
Chaetonychia cymosa (L.) Sweet
 **Cistus psilosepalus* Sweet
Cornus mas L.
Cyclamen balearicum Willk.
 **Cytisus commutatus* (Willk.) Briq.
Dracocephalum austriacum L.
Eleocharis mamillata H. Lindb. fil. subsp. *austriaca* (Hayek) Strandhede
 **Erodium daucooides* Boiss.
Erysimum virgatum Roth
Fumaria petteri Rchb. subsp. *calcarata* (Cadevall) Lidén & A. Soler.
Galium cinereum All.
Galium minutulum Jord.
Galium setaceum Lam.
 **Helianthemum organifolium* (Lam.) Pers. subsp. *organifolium*
Imperata cylindrica (L.) Raeuschel
Juncus anceps Laharpe
 **Launea pumila* (Cav.) Kunze
Ligularia sibirica (L.) Cass.
Littorella uniflora (L.) Asch.
Lotus edulis L.
Luronium natans (L.) Rafin.
Medicago coronata (L.) Bartal.
Medicago intertexta (L.) Mill.
Myosotis pusilla Lois.
Myosurus minimus L.

- Myrrhoides nodosa* (L.) Cannon
Nonea micrantha Boiss. & Reuter
Ononis mitissima L.
 **Onopordum corymbosum* Willk.
 **Onopordum nervosum* Boiss.
Onosma fastigiata (Braun-Blanq.) Lacaita subsp. *fastigiata*
 **Picris hispanica* (Willd.) P. D. Sell
Platycapnos tenuiloba Pomel subsp. *tenuiloba*
Polycarpon diphylum Cav.
Polygonum equisetiforme Sm.
Ranunculus nodiflorus L.
Ranunculus omiophyllus Ten.
Rorippa microphylla (Boenn. ex Rchb.) Hyl.
Salix appendiculata Villars
Schoenoplectus pungens (Vahl) Palla
Scorzonera bupleurifolia Pouzolz
Secale montanum Guss.
Silene mellifera Boiss. & Reuter
Spergularia capillacea (Kindb.) Willk.
Stachys ocymastrum (L.) Briq.
Stuckenia filiformis (Pers.) Börner
Suaeda splendens (Pourr.) Gren. & Godr.
Thalictrum morisonii Gmelin
Thymus embergeri Roussine
 **Thymus mastichina* L. subsp. *mastichina*
 **Thymus zygis* L. subsp. *zygis*
Trisetum loeflingianum (L.) C. Presl
Valerianella echinata (L.) DC.
- Plantas presentes en 4 cuadrículas (52 táxones):**
Adenocarpus telonensis (Loisel.) DC.
Alkanna lutea A. DC.
Anchusa undulata L. subsp. *undulata*
Artemisia caerulea L. subsp. *gargantae* Vallés-Xirau & Seoane-Camba
Bunium pachypodium P. W. Ball.
Calamagrostis epigejos (L.) Roth
Carex caudata (Kük.) Pereda & Lainz
Carex lasiocarpa Ehrh.
Carex oedipostyla Duv.-J.
Centaurium tenuiflorum (Hoffmanns. & Link) Fritsch subsp. *acutiflorum* (Schott) Zeltner
Ceratophyllum demersum L.
- Cirsium erisithales* (Jacq.) Scop.
Cirsium ferox (L.) DC.
 **Coleostephus myconis* (L.) Rchb. f.
Convolvulus siculus L. subsp. *siculus*
Coronilla repanda (Poir.) Guss.
Corrigiola litoralis L. subsp. *litoralis*
Diplotaxis viminea (L.) DC.
Drosera longifolia L.
Elatine macropoda Guss.
Euphorbia dendroides L.
Gagea bohemica (Zauschn.) Schult. & Schult. fil.
Glyceria maxima (Hartman) Holmberg
Glyceria spicata (Biv.) Guss.
 **Klasea flavescens* (L.) Holub subsp. *leucantha* (Cav.) Cantó & Rivas Mart.
Lappula deflexa (Wahlenb.) Garcke
Lycopodium annotinum L.
 **Marrubium supinum* L.
Matthiola fruticulosa (Loefl. ex L.) Maire subsp. *valesiaca* (Boiss.) P. W. Ball
Medicago scutellata (L.) Mill.
Micromeria graeca (L.) Benth. subsp. *graeca*
Myosotis laxa Lehm. subsp. *cespitosa* (Schultz) Hyl. ex Noddh.
Narcissus serotinus Loefl. ex L.
 **Narcissus triandrus* L. subsp. *triandrus*
Paronychia echinulata Chater
Potentilla grandiflora L.
Prolongoa hispanica G. López & C. E. Jarvis
 **Puccinellia hispanica* Julià & J. M. Monts.
Pulicaria sicula (L.) Moris
Quercus canariensis Willd.
Salix salviifolia Brot.
Saxifraga fragosoi Sennen
 **Senecio carpetanus* Boiss & Reuter
Sparganium emersum Rehm subsp. *emersum*
Spiraea crenata L. subsp. *parvifolia*
 **Stipa lagascae* Roem. & Schult.
 **Teucrium gnaphalodes* L'Her
Theligonum cynocrambe L.
Trisetum paniceum (Lam.) Pers.
Valantia hispida L.
Verbena supina L.
Veronica cymbalaria Bodard subsp. *cymbalaria*

• **Plantas presentes entre 5-10 cuadrículas (104 táxones):**

Representan el 28,6% de las plantas raras. Son las siguientes:

- Allium pyrenaicum* Costa & Vayr.
Androsace helvetica (L.) All.
Arenaria vitoriana Uribe-Echebarría & Alejandro
 **Atractylis cancellata* L.
Avellinia michelii (Savi) Parl.
Bellevalia romana (L.) Sweet
Botrychium matricariifolium (A. Braun ex Döll) W. D. J. Koch
Bufonia tuberculata Loscos
Bupleurum semicompositum L.
Callitriche hamulata Kütz ex Koch
Carex bicolor All.
Carex cespitosa L.
Carex limosa L.
Carex olbiensis Jord.
Centaurea hanrii Jord.
Ceratocapnos claviculata (L.) Lidén subsp. *claviculata*
Ceratophyllum submersum L.
Cistus populifolius L. subsp. *populifolius*
Cosentinia vellea (Aiton) Tod. subsp. *vellea*
Cota tinctoria (L.) J. Gay subsp. *australis* (R. Fern.) Oberpr. & Greuter
Crassula vaillantii (Willd.) Roth
Cyclosorus pozoi (Lag.) C. M. Kuo
Cystopteris diaphana (Bory) Blasdell
Cystopteris dickieana R. Sim
Cytinus ruber Fourr. ex Fritsch
Delphinium montanum DC.
Equisetum sylvaticum L.
Erigeron atticus Vill.
Falcaria vulgaris Bernh.
Frankenia hirsuta L.
Fritillaria meleagris L.
Gagea lacaitae A. Terracc.
Galium glaucum L.
Gentiana clusii Perr. & Song.
Geranium endressii J. Gay
Glandora oleifolia (Lapeyr.) D. C. Thomas
Gypsophila muralis L.
Hydrocharis morsus-ranae L.
Hyoseris radiata L.
Juncus subulatus Forssk
Lathyrus nudicaulis (Willk.) Amo
Legousia falcata (Ten.) Janchen
Leontodon hirtus L.
Limodorum trabutianum Batt.
Linaria hirta (L.) Moench
Lythrum borysthenicum (Schrank) Litv.
Lythrum junceum Banks & Solander
Lythrum thymifolia L.
Myosotis sicula Guss.
Myriophyllum verticillatum L.
Nymphaea alba L.
Oenanthe crocata L.
Orchis papilionacea L.
Orchis palustris Jacq.
Orchis spitzelii Sauter ex Koch
Oxytropis lapponica (Wahlenb.) J. Gay
Papaver aurantiacum Loisel.
Parapholis strigosa (Dumort.) C. E. Hubb.
Pedicularis rosea Wulfen subsp. *allionii* (Rchb. fil) Arcang.
Petrocoptis crassifolia Rouy
Petrocoptis guarensis Fern. Casas
Petrocoptis montserratii Fern. Casas
Petrocoptis pseudoviscosa Fern. Casas
Peucedanum schottii Besser ex DC
Peucedanum venetum (Spreng.) W. D. J. Koch
Polystichum braunii (Spenn.) Fée
Potamogeton praelongus Wulfen
Potentilla inclinata Vill.
Reseda alba L.

Ruppia maritima L.
Sagina subulata (Swartz) Presl
Salicornia europea L.
Salix daphnoides Vill.
Salix foetida Schleich. ex DC.
Salix hastata L.
Salsola soda L.
Saponaria bellidifolia Smith
Saponaria glutinosa M. Bieb.
Saxifraga retusa Gouan subsp. *retusa*
Schoenoplectus supinus (L.) Palla
Scleranthus verticillatus Tausch
Scolymus maculatus L.
Sedum andegavense (DC.) Desv.
Selaginella denticulate (L.) Spring
Sideritis ilicifolia Willd.
**Sideritis montana* L. subsp. *montana*
Sorbus ambigua (Michalet ex Dcne.) Nyman ex Hedl.
Spergularia segetalis (L.) G. Don. f.
Stachys brachyclada De Noë ex Cosson
Suaeda vera Forssk. ex J. F. Gmelin
Teucrium flavum L. subsp. *flavum*
Thelypteris palustris Schott
Tragopogon angustifolius Bellardi ex Willd.
Trifolium alpestre L.
Trifolium leucanthum M. Bieb.
Trifolium ligusticum Balbis ex Loisel.
Tyrimnus leucographus (L.) Cass.
Urtica membranacea Poir.
Utricularia vulgaris L.
Vaccinium vitis-idaea L.
Ventenata dubia (Leers) Coss.
Veronica acinifolia L.
Veronica dillenii Crantz
Vulpia membranacea (L.) Dumort

• **Plantas presentes en más de 10 cuadrículas (12 táxones):**

En este grupo se incluyen plantas de gran interés corológico o ecológico que, aunque en algún caso estén presentes en bastantes cuadrículas (hasta 24), conviene tenerlas presentes y considerar su posible inclusión en listados de protección. Son:

- *Corallorhiza trifida* Chatel., orquídea de distribución eurosiberiana, asociada a los ambientes nemorales;
- *Cypripedium calceolus* L., elegante orquídea protegida, de distribución eurosiberiana, propia del piso montano y subalpino, formando parte del bosque caducifolio y de los pastos de altura;
- *Daphne alpina* L., orófito alpino, limitado a la mitad oriental pirenaica;
- *Epipogium aphyllum* Swartz, orquídea posiblemente infrarrepresentada por su dificultad de localización y floración ocasional, con mayor presencia al norte de los Pirineos;
- *Festuca quadriflora* Honckeny, apenas presente en el Pirineo occidental;
- *Ophioglossum azoricum* C. Presl, con poblaciones dispersas por los Pirineos;
- *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab., exclusiva de la alta montaña (1800-2600 m de altitud);
- *Pimpinella tragiium* Vill., presente a oriente y occidente pirenaico, con un amplio vacío en el centro;
- *Saxifraga retusa* Gouan subsp. *retusa*: un orófito alpino limitado al piso subalpino y alpino del Pirineo oriental;
- *Prunus lusitanica* L. subsp. *lusitanica*, *Senecio nemoensis* L. subsp. *bayonnensis* y *Vandenboschia speciosa* (Willd.) Kunkel, las tres de óptimo atlántico, bien representadas en Navarra-País Vasco.

DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE LAS PLANTAS RARAS

La siguiente tabla (Tab. 1) muestra la distribución regional de las plantas raras y, entre paréntesis, el número total de taxones:

Región	Número plantas raras	Número total de táxones
Andorra	11	1393
Aragón	95	2591
Ariège	31	1774
Aude	57	2057
Cataluña	189	2958
Haute-Garonne	20	1653
Hautes-Pyrénées	49	1848
Navarra	78	2339
País Vasco	63	1848
Pyrénées-Atlantiques	31	1790
Pyrénées-Orientales	135	2529

Tabla 1. - Cómputo del número de plantas raras y número total de táxones por regiones: Andorra, España (País Vasco, Navarra, Aragón y Cataluña) y Francia (Ariège, Aude, Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées, Pyrénées-Atlantiques, Pyrénées-Orientales).

CONCLUSIONES

La revisión de la amplitud de distribución de la flora pirenaica revela que, al igual que ha sido señalado en las floras de otros territorios, las plantas que pueden considerarse "raras", incluso con un criterio de la superficie ocupada muy restrictivo, predominan cuantitativamente sobre las "comunes", como queda reflejado por el número de taxones (alrededor del 7%) que está representado en menos del 1% de la cordillera.

Por otra parte, la selección de plantas raras afronta el reto de los distintos tipos de rareza que pueden identificarse y que resultan de sus características biológicas o de otras circunstancias que pueden limitar la distribución de las plantas (Rabinowitz, 1981). Desde esta perspectiva, el listado que presentamos, delimitado a partir únicamente de la distribución en los Pirineos resulta un paso preliminar en la selección que debe ser continuado considerando la amplitud de la distribución total y el tamaño de las poblaciones.

Aun con las limitaciones señaladas anteriormente y las derivadas de las incertidumbres taxonómicas y corológicas que todavía persisten en algunos grupos florísticos, el Atlas de la Flora digital de los Pirineos puede resultar muy adecuada, tanto por el grado de conocimiento, su notable diversidad y la heterogeneidad del territorio, para el estudio de la rareza, la vulnerabilidad de plantas y hábitats y la definición de medidas y prioridades de conservación.

El Atlas de la Flora digital de los Pirineos fue realizado con la participación de IHOBE, Universitat de Barcelona, Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Institut Botànic de Barcelona-CSIC, Conservatoire Botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (Francia), Conservatoire Botanique national méditerranéen de Porquerolles (Francia) y el Institut d'estudis andorrans-Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra, en el marco del Proyecto OPCC 2011-14 (Observatorio Pirenaico del Cambio Climático), coordinado por la Comunidad de Trabajo de los Pirineos, cofinanciado por la Unión Europea (Fondo Europeo del desarrollo Regional INTERREG POCTEFA 2007-2013), el Estado Francés y las regiones Midi-Pyrénées y Aquitaine.

BIBLIOGRAFIA

- Batianoff, G. N., Burgess, R., 1993. Problems in the Documentation of Rare Plants-The Australian Experience. *Biodiversity Letters* 1(6), 168-171.
- Buzas, M. A., Koch, C. F., Culver, S. J., Sohl, N. F., 1982. On the Distribution of Species Occurrence. *Paleobiology* 8, 143-150.
- Drury, W. H., 1974. Rare species. *Biological Conservation* 6, 162-169.
- Dupias, G., 1985. Végétation des Pyrénées. Notice détaillée de la partie pyrénéenne des feuilles de la Carte de Végétation de la France au 200.000e. CNRS, Paris.
- Fiedler, P. L., Ahouse, J. J., 1992. Hierarchies of cause: toward an understanding of rarity in vascular plant species. In: Fiedler, P. L., Jain, S.K. (eds.), *Conservation Biology: the theory and practice of nature conservation, preservation and management*, 23-47. Chapman & Hall, London.
- Gaston, K. J., 1997. What is rarity? In: Kunin, W. E., Gaston, K. J., *The Biology of Rarity: Causes and Consequences of Rare-Common Differences*. Chapman & Hall, London. (Population and Community Biology Series 17).
- Kunin, W. E., Gaston, K. J., 1993. The Biology of Rarity: Patterns, and consequences. *TREE* 8(8), 298-301.
- Kunin, W. E., Gaston, K. J., 1997. *The Biology of Rarity: Causes and Consequences of Rare-Common Differences*. Chapman & Hall, London. (Population and Community Biology Series 17)
- Rabinowitz, D., 1981. Seven forms of rarity. In: Syngé, H. (ed.), *The Biological Aspects of Rare Plant Conservation*, 205-217. Wiley, New York.

Cartografía, caracterización y estado de conservación de hábitats de las turberas de Navarra

Cartography, characterization and habitat conservation status of peatlands in Navarre

Javier Peralta de Andrés^{1*}, Idoia Biurrun Galarraga², Juan Antonio Campos Prieto², Mikel Lorda López³, José Luis Remón Aldabe⁴, Asun Berastegi Gartzandia⁵

¹ Botánico Consultor, C/Concejo de Sarriguren 6, 31016 Pamplona-Iruña.

² Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apdo. 644, 48080 Bilbao.

³ C. I. Agroforestal, 31015 Pamplona-Iruña.

⁴ Consultoría Ambiental y Gestión de Pastos, Avda. Pío XII 6bis, 31008 Pamplona-Iruña.

⁵ GAN-NIK S. A., C/ Padre Adoáin 219, 31015 Pamplona-Iruña.

*Autor para la correspondencia: javier.peralta@telefonica.net

RESUMEN

Se ha realizado la cartografía de vegetación de 17 zonas turbosas del norte de Navarra a escala 1:800-1:5.000. Se han observado 59 comunidades vegetales, 24 de ellas propias de turberas. Las comunidades de turbera se incluyen en seis hábitats de interés, tres de ellos prioritarios; un 32% de su superficie corresponde a los hábitats 4020*, 6410 y 7140 y el 1% restante a 7150, 7220* y 91D0*. Del hábitat 91D0* "Turberas boscosas" se han observado dos comunidades no conocidas previamente en Navarra: saucedas de *Salix atrocinerea* con *Sphagnum palustre* y pinares de *Pinus sylvestris*. El estado de conservación de los hábitats se ha evaluado teniendo en cuenta su composición florística, estructura e impactos observados. En los hábitats de turbera es favorable en un 78% de su superficie. La principal afección es el uso ganadero por sobrepastoreo que afecta a los hábitats 4020*, 6410 y 7140, en ocasiones asociado al uso del fuego para eliminación de matorral. El infrapastoreo también altera los hábitats 4020* y 7140 por colonización de arbustos y helechos. Los caminos y pistas forestales afectan a los hábitats 7140 y 7150, mientras que la erosión, relacionada con incendios, desecación y tránsito de vehículos, incide en los hábitats 4020*, 6410 y 7140. En algunos enclaves se observan procesos de desecación de origen desconocido en superficies importantes de hábitats de turbera, por lo que deben ser objeto de seguimiento. Las acciones de restauración desarrolladas en el proyecto LIFE Tremedal se han dirigido a corregir las afecciones observadas.

PALABRAS CLAVE: Cartografía, clasificación, vegetación, Directiva de Hábitats, conservación, humedales.

ABSTRACT

Vegetation mapping at 1:800-1:5.000 scale was carried out on 17 peatlands in the north of Navarre within the framework of the LIFE Tremedal Project. 59 plant communities have been observed, 24 of them corresponding to mire habitats. Mire vegetation belongs to six habitats of Community interest, three of them priority habitats; 32% of their area is covered by habitats 4020*, 6410 and 7140, and the remaining 1% by habitats 7150, 7220* and 91D0*. Two "Bog woodland" (91D0*) types not previously recorded in Navarre have been observed: *Salix atrocinerea-Sphagnum palustre* willow woodland and *Pinus sylvestris* woodland. The conservation status of habitats has been assessed based upon floristic composition, vegetation structure and observed impacts. Mire habitats have a favourable conservation status in 78% of their area. The main pressure is overgrazing by livestock, mainly on habitats 4020*, 6410 and 7140, linked with prescribed burning for shrub clearing in some sites. Undergrazing also causes scrub encroachment on habitats 4020* and 7140. Forest trails and tracks affects habitats 7140 and 7150, whereas erosion, linked with burning, desiccation and vehicle circulation, threatens habitats 4020*, 6410 and 7140. In some sites desiccation processes of unknown origin have been observed to affect important areas of mire habitats; monitoring of this sites is highly recommended. The goal of the restoration actions conducted by LIFE Tremedal Project has been to correct the observed pressures and threats.

KEY WORDS: Vegetation mapping, vegetation classification, Habitats Directive, conservation, wetlands.

INTRODUCCIÓN

En Europa las turberas y medios higroturbosos se distribuyen principalmente por el norte y noroeste, siendo unos ecosistemas raros en su zona meridional (Montanarella *et al.*, 2006). En las áreas con influencia atlántica de la Península Ibérica, el clima suave y húmedo durante el Holoceno ha permitido su persistencia, aunque con frecuencia de modo fragmentario (Amigo *et al.*, 2017; Ramil-Rego y Rodríguez Guitián, 2017).

Entre los años 2012 y 2015 se desarrolló el proyecto LIFE Tremedal (<https://lifetremedal.eu/>) en 25 humedales del norte peninsular, desde Galicia hasta Navarra, con el objetivo de mejorar el estado de conservación de algunos tipos de hábitats y especies de interés (Directiva 92/43/CEE) y garantizar su mantenimiento (Berastegi *et al.*, 2016). De esos enclaves, 17 se encuentran en Navarra, casi todos en la vertiente cantábrica, y comprenden 171 ha que representan la mayor parte de las zonas turbo-

sas del territorio; 12 están incluidos en Zonas Especiales de Conservación de la Red Natura 2000 (Figura 1, Tabla 1). Desde el punto de vista biogeográfico 16 enclaves se sitúan en la provincia Atlántica Europea, 13 en el distrito Vasconíco Oriental, de clima muy oceánico, y 3 en el Navarro-Alavés; en la provincia Pirenaica, distrito Pirenaico Occidental, se localiza un único enclave, Baigura (Rivas-Martínez, 2017). Su rango altitudinal va de 450 a 1370 m, desde el piso mesotemplado al supratemplado, con ombrotipo de húmedo a hiperhúmedo (Rivas-Martínez *et al.*, 2007; Tabla 1).

Los estudios sobre las turberas de Navarra son numerosos y sus referencias son recogidas por Heras *et al.* (2010-11; 2011). Estos autores y Heras *et al.* (2006) estudiaron la flora y vegetación de 14 de los enclaves objeto del LIFE Tremedal en Navarra (todos, salvo Autrin, Azpilleta y Zentinel), y reconocieron 43 fitocenosis y 432 taxones de plantas vasculares y briofitos, además de evaluar cualitativamente su estado de conservación. Consideraron este estado bueno o aceptable en la mayor parte de los humedales, con pocas alteraciones o de baja intensidad, y señalaron como principal afección el uso ganadero.

Heras *et al.* (2006) propusieron diversas medidas de gestión y restauración para mejorar el estado de conservación de la flora y la vegetación de las turberas. En Belate, Arxuri y Jauregiaroztegi se llevaron a cabo proyectos de restauración en el período 2009-2011 y, junto a otros seis enclaves, también en el marco del proyecto Tremedal. Para evaluar la efectividad de estos proyectos y monitorizar los cambios en la vegetación se establecieron cuadrados permanentes y se realizó una cartografía previa (Berastegi *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo, una de las acciones del proyecto Tremedal en Navarra, es determinar con precisión la superficie, distribución, perturbaciones y estado de conservación de los hábitats en los 17 humedales considerados mediante la cartografía de vegetación.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cartografía de vegetación se realizó a escalas entre 1:800 y 1:5.000 digitalizando polígonos sobre ortofoto (DGOP, 2014) con los sistemas de información geográfica MiraMon (Pons 2011) y QGIS (2011). Esta cartografía se apoya en observaciones y fotografías del trabajo de campo más la integración de información de diversas fuentes.

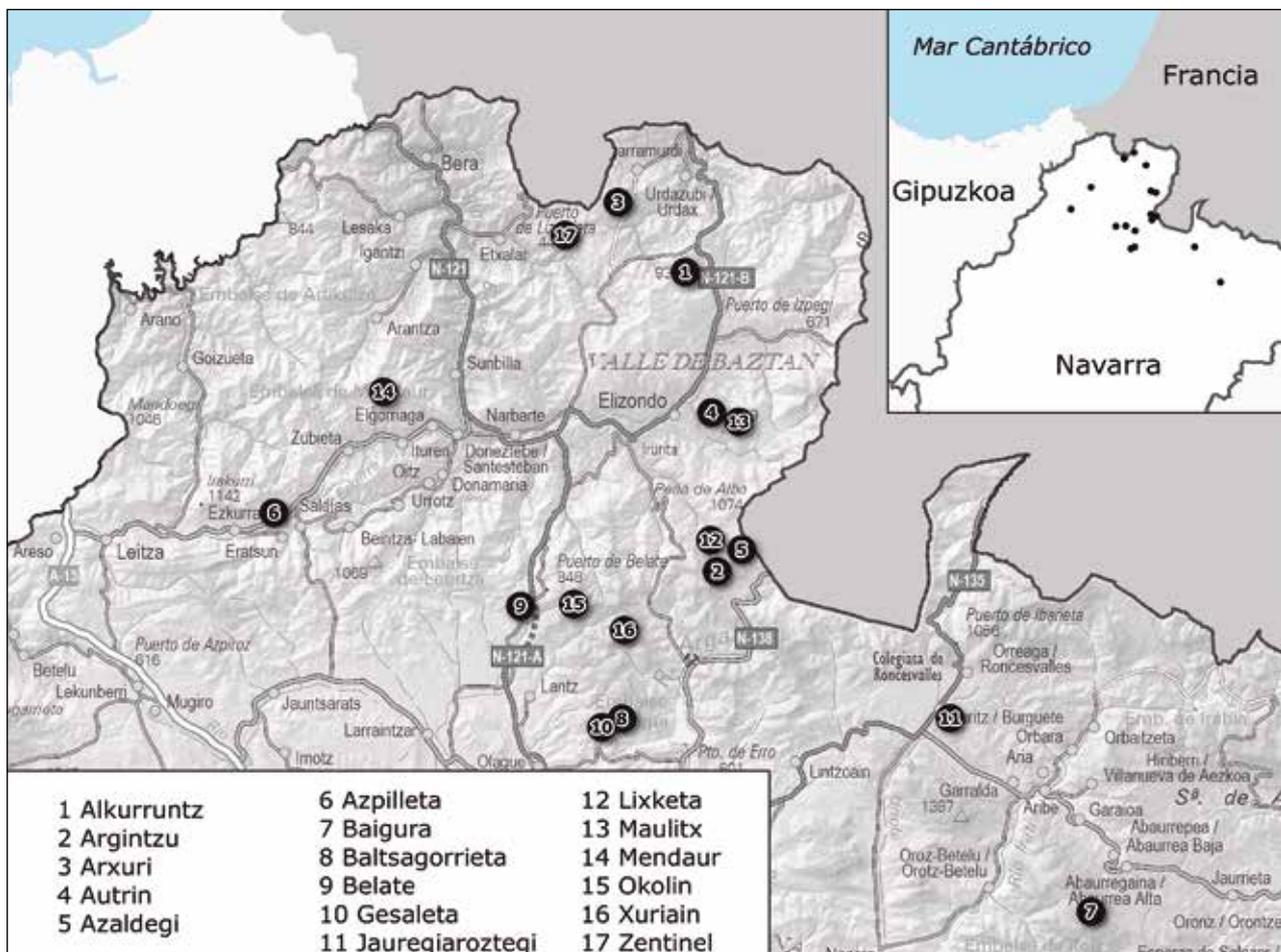


Fig. 1. - Localización de los enclaves estudiados. Base topográfica: www.ign.es, idena.navarra.es.

Enclave y municipio	Área (ha)	UTM	Altitud (m)	Biogeografía, Bioclima	ZEC	Año
Alkurruntz (Baztan)	2,24	XN2185	790	V S Hh	RO	2013
Argintzu (Baztan)	16,51	XN2368	1100	V S Hh	AL	2014
Arxuri (Baztan)	21,96	XN1789	500	V M Hh	RO	2015
Autrín (Baztan)	0,31	XN2277	450	V M Hh	-	2014
Azaldegi (Baztan)	0,77	XN2469	950	V S Hh	AL	2014
Azpilleta (Eratsun)	1,75	WN9771	700	V M H	-	2014
Baigura (Abaurrea)	3,45	XN4448	1240	P S H	AR	2014
Baltsagorrieta (Esteribar)	2,88	XN1759	970	N S Hh	BE	2015
Belate (Baztan, Ultzama)	42,02	XN1166	835	V S Hh	BE	2015
Gesaleta (Anue)	3,07	XN1659	920	N S Hh	BE	2014
Jauregiaroztegi (Auritz/Burguete)	11,63	XN3660	880	N S Hh	IR	2015
Lixketa (Baztan)	1,36	XN2270	675	V M H	BE	2013
Maulitx (Baztan)	2,12	XN2477	640	V M Hh	-	2014
Mendaur (Ituren)	3,16	XN0378	925	V S Hh	-	2014
Okolin (Baztan)	44,01	XN1466	1100	V S Hh	BE	2014
Xuriain (Anue)	2,74	XN1765	1370	V S Hh	BE	2015
Zentinel (Etxalar)	10,98	XN1487	550	V M Hh	-	2014

Tabla 1. - Denominación, municipio, superficie, coordenadas UTM (Datum ETRS89, Huso 30T), altitud, biogeografía y bioclima de los enclaves; ZEC, inclusión en Zona Especial de Conservación de la Red Natura 2000; año de cartografía.

Biogeografía: V, distrito Vascónico oriental, provincia Atlántica Europea; N, distrito Navarro Alavés, provincia Atlántica Europea; P, distrito Pirenaico Occidental, provincia Pirenaica. **Bioclima,** termotipos: M, mesotemplado; S, supratemplado. Bioclima, ombrotipos: H, húmedo; Hh, hiperhúmedo. **ZEC:** AL, Monte Alduide (ES2200019); AR, Sierra de Artxuga, Zarkie-ta y Montes de Areta (ES0000129); BE, Belate (ES2200018); IR, Sistema fluvial de los ríos Irati, Urrobi y Erro (ES2200025); RO, Regata de Orabidea y Turbera de Arxuri (ES2200015).

Las observaciones de campo consisten en el registro con GPS de la presencia de comunidades vegetales y de alguna de sus especies indicadoras. En las zonas turbosas que carecían de estudios previos (Autrín, Azpilleta, Zentinel), se realizaron inventarios fitosociológicos de la vegetación (MDNR, 2013). En los restantes enclaves se hicieron inventarios complementarios de los ya existentes, y en los 9 con actuaciones de restauración se inventarió la vegetación mediante cuadrados permanentes de 1 m².

Toda la información del contenido de los recintos cartografiados se codificó en una base de datos. En cada recinto se indica si ha sido observado en campo, los hábitats que contiene, porcentaje de ocupación, perturbaciones o amenazas y estado de conservación. El estado de conservación se califica con las categorías utilizadas en el marco de la Directiva de Hábitats (Evans y Arvela, 2011) y se evalúa mediante la estimación cualitativa de los siguientes parámetros, aplicando los criterios de Olano *et al.* (2003): composición florística, estructura e impactos observados.

La tipología empleada para la clasificación de la vegetación natural y seminatural es fitosociológica, basada en el esquema sintaxonómico de Rivas-Martínez *et al.* (2001; 2002) y el *Manual de Hábitats de Navarra* (Peralta *et al.*, 2018a). Se han reconocido nuevas unidades cuando no figuraban en las tipologías de referencia o si constituían expresiones locales características. De cada comunidad se indica si queda incluido en alguno de los tipos de la Directiva de Hábitats (European Commission, 2013).

A partir de los datos de la cartografía se calcula la superficie ocupada por cada comunidad, así como por los

hábitats de interés (Directiva de Hábitats); también la superficie correspondiente a cada categoría del estado de conservación.

La nomenclatura empleada se basa en Aizpuru *et al.* (1999) o Castroviejo (1986-2014) para la flora vascular y en Hill *et al.* (2006) para los briofitos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han realizado 348 inventarios de vegetación y registrado 8.511 observaciones de flora en 842 puntos, correspondientes a 347 taxones de plantas vasculares y briofitos para caracterizar las unidades cartográficas que componen los mapas de vegetación. En Belate y Jauregiaroztegi, donde las observaciones de campo indicaron cambios tras las actuaciones de restauración, se realizó cartografía adicional, y los datos correspondientes a esta son los incluidos en el análisis que se presenta; esta nueva cartografía y la inicial permitieron efectuar un análisis diacrónico de los cambios observados (Peralta *et al.*, 2015; 2018b).

Se han observado 59 comunidades o asociaciones vegetales, además de otras 11 unidades cartográficas correspondientes a vegetación ruderal, cultivos, plantaciones, terrenos desprovistos de vegetación e infraestructuras (Tabla 2, Figura 2). La mayor parte de la superficie (64,7%) está cubierta por prados y pastos (45,5%), brezales (18,0%) y helechales (7,3%), debido al manejo ganadero tradicional de los territorios en los que se encuentran (Berastegi *et al.*, 2016).

De las comunidades observadas, 39 se incluyen en 15 hábitats de interés (77,4% de la superficie), 5 de ellos prioritarios (53,1%), de acuerdo con la Directiva de Hábitat (Tablas 3 y 4). Las comunidades características de turberas son 24 y cubren el 33% de la superficie; se incluyen en 6 hábitats de interés (3 prioritarios). Los 9 hábitats de interés restantes (2 prioritarios) ocupan el 44,4% de la superficie y en su mayor parte (36%) corresponden a pastizales acidófilos (6230*).

HÁBITATS DE TURBERA

La vegetación de turbera ocupa un 33% de la superficie de los enclaves y su práctica totalidad (32%) corresponde a los hábitats 4020*, 6410 y 7140 (Directiva de Hábitats), integrados por brezales húmedos, juncuales y praderas, y vegetación de áreas encharcadas y promontorios de turberas, que presentan una amplia distribución (Tabla 4). Los tres hábitats de turbera restantes (7150, 7220*, 91D0*) ocupan una superficie muy reducida (1%) y su presencia es más puntual. A continuación, se comentan algunas características de estos hábitats, su tipología, superficie y distribución.

- 4020* Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de *Erica ciliaris* y *E. tetralix*.

Este hábitat integra 4 tipos de brezal, que se diferencian en función de la abundancia de esfagnos y el termotipo en el que prosperan. En los brezales turbosos son comunes los musgos del género *Sphagnum* mientras que en los brezales higrofilos son menos frecuentes o están ausentes. Para cada uno de estos dos grupos puede distinguirse una versión mesotemplada, caracterizada por *Erica ciliaris*, y otra supratemplada. Se encuentran en todos los enclaves, salvo Argintzu y Jauregiaroztegi, con una superficie del 16,8%.

- 6410 Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (*Molinion caeruleae*)

Este hábitat se distribuye por todos los enclaves, salvo Xuriain, y ocupa una superficie del 6,1%; incluye la comunidad de "*Juncus effusus* y *Scutellaria minor*", la de "*Caltha palustre* y *Ranunculus flammula*" y la de "*Deschampsia cespitosa* y *Sanguisorba officinalis*".

- 7140 "Mires" de transición

Es el hábitat más diverso, agrupando 18 comunidades. Se extiende por todos los enclaves, salvo Xuriain, ocupando el 9,1% de la superficie. Estas comunidades comprenden la casi totalidad de la vegetación de áreas encharcadas y promontorios.

Dentro de este hábitat incluimos los esfagnales y brezales turbosos de la alianza *Ericion tetralicis*, de acuerdo con los criterios de Heras *et al.* (2006), quienes los excluyen de los hábitats 7110 "Turberas altas activas" y 7130 "Turberas de cobertura" por su carácter minerotrófico en los enclaves estudiados. La adscripción de comunidades vegetales y asociaciones al grupo 71 de "Turberas ácidas de esfagnos" de la Directiva de Hábitats no resulta sencilla, como se desprende del carácter provisional que atribuían Bartolomé *et al.* (2005) a la descripción de estos hábitats en España.

Ramil-Rego y Guitián (2017) constatan una gran diversidad de criterios en la clasificación de los hábitats de turbera de la Directiva de Hábitats en el norte de la Península Ibérica y subrayan la necesidad de establecer un tratamiento homogéneo. Consideran que algunas de las comunidades incluidas en el hábitat 7140 podrían encuadrarse en el hábitat 7110 "Turberas altas activas" y que el hábitat 7120 "Turberas degradadas" está presente en el norte peninsular.

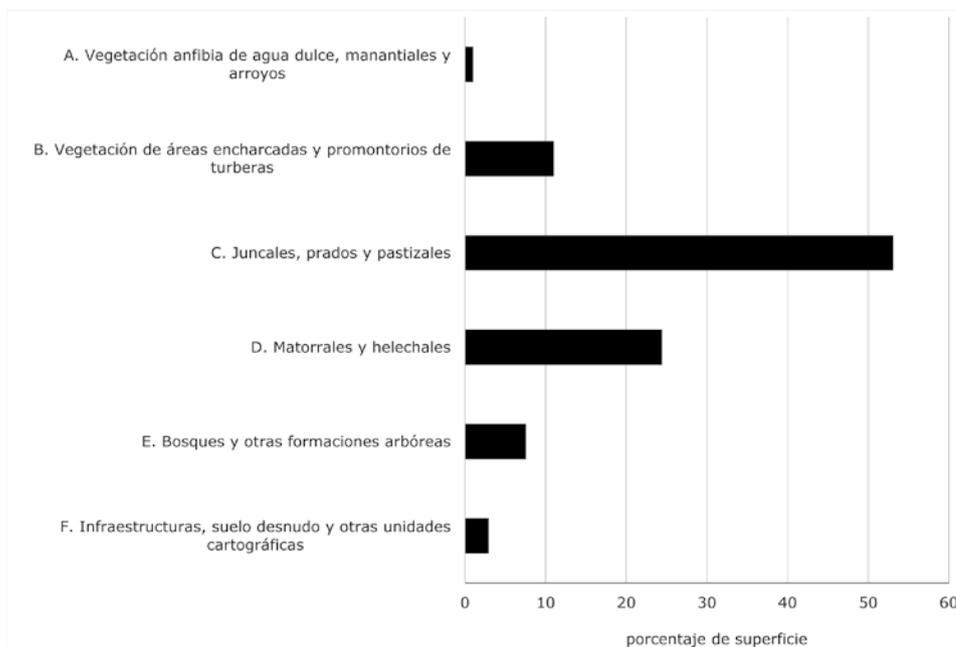


Fig. 2. - Porcentaje de ocupación de grupos de hábitats y otras unidades cartográficas; los tipos de hábitats incluidos en cada grupo se encuentran en la Tabla 2.

Hábitats	ha	%
C. Juncales, prados y pastizales	88,27	51,63
C1. Prados y pastos	77,77	45,49
<i>Lolietum perennis</i>	0,09	0,06
<i>Merendero pyrenaicae-Cynosuretum cristati</i>	18,25	10,67
<i>Carici piluliferae-Agrostietum curtisii</i> [6230*]	45,73	26,75
<i>Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis</i> [6230*]	13,31	7,78
<i>Festuco hirtulae-Sedetum pyrenaici</i> [8230]	0,38	0,22
C2. Juncales, praderas húmedas y herbazales	10,50	6,14
Comunidad de <i>Caltha palustris</i> y <i>Ranunculus flammula</i> [6410]	0,19	0,11
Com. de <i>Deschampsia cespitosa</i> y <i>Sanguisorba officinalis</i> [6410]	2,64	1,55
Com. de <i>Juncus effusus</i> y <i>Scutellaria minor</i> [6410]	7,59	4,44
Com. de <i>Mentha pulegium</i> y <i>Chamaemelum nobile</i>	0,00	0,00
<i>Mentho longifoliae-Juncetum inflexi</i>	0,00	0,00
<i>Mentho suaveolentis-Juncetum inflexi</i>	0,00	0,00
<i>Ranunculo acris-Filipenduletum ulmariae</i> [6430]	0,08	0,05
D. Matorrales y helechales	45,65	26,70
D1. Brezales	30,79	18,01
<i>Erico tetralicis-Ulicetum gallii</i> [4020*]	5,19	3,03
<i>Ulici gallii-Ericetum ciliaris</i> [4020*]	21,54	12,60
<i>Erico vagantis-Ulicetum europaei</i> [4030]	0,06	0,03
<i>Pteridio aquilini-Ericetum vagantis</i> [4030]	4,01	2,34
D2. Zarzales y espinares	2,32	1,36
<i>Rhamno catharticae-Crataegetum laevigatae</i>	2,32	1,36
<i>Tamo communis-Rubetum ulmifolii</i>	0,00	0,00
D3. Helechales	12,54	7,34
Com. de <i>Pteridium aquilinum</i>	8,62	5,04
Com. de <i>Pteridium aquilinum</i> [4020*]	1,46	0,85
Com. de <i>Pteridium aquilinum</i> [6230*]	2,46	1,44
E. Bosques y otras formaciones arbóreas	12,94	7,57
E1. Bosques de turbera	1,00	0,58
Com. de <i>Betula celtiberica</i> y <i>Sphagnum sp. pl.</i> [91D0*]	0,29	0,17
Com. de <i>Pinus sylvestris</i> y <i>Sphagnum sp. pl.</i> [91D0*]	0,27	0,16
Com. de <i>Salix atrocinerea</i> y <i>Sphagnum palustre</i> [91D0* pp.]	0,45	0,26
E2. Otros bosques	11,94	6,98
Com. de <i>Salix atrocinerea</i> y <i>S. lambertiana</i>	0,84	0,49
<i>Saxifrago hirsutae-Fagetum sylvaticae</i> [9120]	9,70	5,67
<i>Saxifrago hirsutae-Fagetum sylvaticae</i> facies de <i>Pinus sylvestris</i>	1,40	0,82
G. Infraestructuras, suelo desnudo y otras unidades cartográficas	5,04	2,95
G1. Agua libre, roquedos y terrenos erosionados	1,07	0,63
G2. Cultivos, praderas artificiales y vegetación nitrófila	0,80	0,47
G3. Plantaciones forestales, alineaciones de árboles y árboles aislados	3,17	1,86

Tabla 2. - (continuación). Superficie (ha) y porcentaje de ocupación de los hábitats. Entre corchetes se indica el código del hábitat de interés o prioritario (Directiva de Hábitats) cuando el hábitat se incluye en alguno de ellos. Los subgrupos del grupo G comprenden 11 unidades no desglosadas en la tabla.

Código del hábitat y denominación	
3110	Aguas oligotróficas con un contenido de minerales muy bajo de las llanuras arenosas (<i>Littorelletalia uniflorae</i>)
3150	Lagos eutróficos naturales con vegetación <i>Magnopotamion</i> o <i>Hydrocharition</i>
3170*	Estanques temporales mediterráneos
3260	Ríos de pisos de planicie a montano con vegetación de <i>Ranunculion fluitantis</i> y de <i>Callitriche-Batrachion</i>
4020*	Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de <i>Erica ciliaris</i> y <i>Erica tetralix</i>
4030	Brezales secos europeos
6230*	Formaciones herbosas con <i>Nardus</i> , con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de la Europa continental)
6410	Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (<i>Molinion caeruleae</i>)
6430	Megaforbios eutrofos higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano o alpino
7140	"Mires" de transición
7150	Depresiones sobre sustratos turbosos del <i>Rhynchosporion</i>
7220*	Manantiales petrificantes con formación de tuf (<i>Cratoneurion</i>)
8230	Roquedos silíceos con vegetación pionera del <i>Sedo-Scleranthion</i> o del <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i>
9120	Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de <i>Ilex</i> y a veces de <i>Taxus</i> (<i>Quercion robori-petraeae</i> o <i>Illici-Fagenion</i>)
91D0*	Turberas boscosas

Tabla 3. - Relación de los hábitats de interés y prioritarios (Directiva de Hábitats) presentes en los enclaves estudiados.

D92/43	Alk	Arg	Arx	Aut	Aza	Azp	Bai	Bal	Bel	Ges	Jau	Lix	Mau	Men	Oko	Xur	Zen	ha	%
0000	0,01	1,79	0,01	0,03	0,21	0,07	1,41	0,00	20,52	0,06	8,80	0,02	0,08	0,08	3,90	0,81	0,41	38,19	22,59
3110	.	.	0,00	.	0,01	.	.	0,00	0,00	0,00	0,01	.	0,00	.	.	.	.	0,03	0,02
3150	.	0,08	.	.	0,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,18	0,10
3170*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,00	.	.	.	.	0,00	0,00
3260	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,01	.	.	.	.	.	.	0,01	0,00
4020*	1,53	.	13,86	0,03	0,01	1,38	0,22	0,89	0,45	0,83	.	0,37	1,62	0,00	0,75	0,12	6,64	28,70	16,79
4030	.	1,66	.	0,06	.	.	0,26	.	0,79	.	.	.	.	0,02	0,72	0,56	.	4,07	2,38
6230*	0,16	9,06	4,37	.	0,04	0,05	0,03	.	6,50	.	.	0,05	0,08	2,76	34,29	1,25	2,88	61,50	35,97
6410	0,01	1,05	1,12	0,04	0,31	0,06	0,06	0,02	4,33	0,03	2,64	0,05	0,01	0,09	0,32	.	0,29	10,42	6,09
6430	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,08	.	.	.	.	.	.	0,08	0,05
7140	0,32	2,52	1,95	0,14	0,09	0,14	1,10	0,80	0,93	2,03	0,10	0,45	0,26	0,22	3,90	.	0,65	15,60	9,13
7150	0,21	.	0,65	0,00	.	0,06	.	.	.	.	.	.	0,07	.	.	.	0,11	1,11	0,65
7220*	.	0,02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,02	0,01
8230	.	0,33	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,05	0,01	.	0,38	0,22
9120	.	.	.	.	.	.	0,09	1,03	8,49	.	.	.	.	.	0,09	.	.	9,70	5,67
91D0*	.	.	.	0,03	.	.	0,29	0,14	.	0,13	.	0,41	.	.	.	.	.	0,98	0,32
ha	2,24	16,51	21,96	0,31	0,77	1,75	3,45	2,88	42,02	3,07	11,63	1,36	2,12	3,16	44,01	2,74	10,98	170,96	100

Tabla 4. - Superficie (ha) de hábitats de interés y prioritarios en los enclaves estudiados y porcentaje total. 0000 indica aquellos no incluidos en la Directiva de Hábitats. Los hábitats con superficie de 0,00 ha presentan menos de 100 m². Enclaves: Alk, Alkurruntz; Arg, Argintzu; Arx, Arxuri; Aut, Autrin; Aza, Azaldegi; Azp, Azpilleta; Bai, Baigura; Bal, Baltsagorrieta; Bel, Belate; Ges, Gesaleta; Jau, Jauregiaroztegi; Lix, Lixketa; Mau, Maulitx; Men, Mendaur; Oko, Okolin; Xur, Xuriain; Zen, Zentinel.

Jiménez-Alfaro (2018), al relacionar las alianzas fitosociológicas con los tipos de la Directiva de Hábitats, vincula los brezales húmedos turbosos de *Ericion tetralicis* con el hábitat 7130, si bien explica que la clasificación de turberas basada solo en criterios florísticos tiene limitaciones cuando no se valoran aspectos topogénicos y dinámicos. Heras y Infante (2016) aprecian rasgos de las "Turberas de cobertura" (7130) en las de Xuriain y Autza (Baztan), aunque exponen la necesidad de ampliar los datos existentes para sustentar esta asignación.

- 7150 Depresiones sobre sustratos turbosos del *Rhynchosporion*.

Este hábitat se caracteriza por las ciperáceas *Rhynchospora alba* y *R. fusca*. Se encuentra en 5 enclaves y cubre una superficie del 0,65%. En Gesaleta existe una comunidad de *R. alba* que vive en áreas no perturbadas, por lo que se ha incluido en el hábitat 7140.

- 7220* Manantiales petrificantes con formación de tuf (*Cratoneurion*)

Se trata de un hábitat propio de turberas básicas, solo representado en Argintzu por la comunidad de *Palustriella falcata*, que aparece ligada a una surgencia de aguas ricas en bases.

- 91D0* Turberas boscosas

Su superficie es muy reducida (1,00 ha) e incluye tres tipos de bosques: abedulares, saucedas de *Salix atrocinerea* y pinares de *Pinus sylvestris*. Los abedulares de turbera con *Betula celtiberica* de Baigura ya eran conocidos, mientras que los otros dos tipos de bosque de turbera no habían sido observados en Navarra.

Las saucedas de *S. atrocinerea* se localizan en Autrin y Lixketa sobre suelos muy húmedos, encharcados en ocasiones. En Lixketa es donde están mejor caracterizadas por la presencia de esfagnos (*Sphagnum palustre*, *S. flexuosum*, *S. auriculatum*); también se encuentran especies de juncales turbosos como *Scutellaria minor* y de bosques pantanosos como *Carex laevigata* y *Osmunda regalis*. En Azpilleta hay saucedas de *S. atrocinerea*, (0,02 ha) aunque con carácter más ripario por lo que no se han incluido en el hábitat 91D0*; se localizan junto a una regata e incorporan flora de alisedas como *Hypericum androsaeum* o *Myosotis lamottiana*.

Los pinares de turbera se encuentran en Baltsagorrieta y Gesaleta; son bosquetes formados por *Pinus sylvestris* var. *pyrenaica* desarrollados sobre suelos turbosos. En el dosel arbóreo también participan hayas, árboles de bosques secundarios como *Betula pendula* var. *meridionalis*, *B. celtiberica* y *Sorbus aucuparia*, y en el sotobosque especies de turbera como *Sphagnum sp.pl.*, *Erica tetralix* y *Carex echinata*, más otras acidófilas como *Festuca heterophylla* y *Vaccinium myrtillus*.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS HÁBITATS DE TURBERA

Se ha confirmado el buen estado de conservación global de las zonas turbosas señalado por Heras *et al.* (2010-11). En el conjunto de los 17 enclaves estudiados los hábitats de turbera presentan un estado de conservación favorable en el 78% de su superficie; en 7 enclaves más del 90% de superficie tiene estado de conservación favorable y en otros 6 es igual o superior al 70% (Figura 3, Tabla 5).

En 9 de los enclaves, casi todos los que muestran mayor superficie de hábitats de turbera con estado de conservación no favorable, se han llevado a cabo medidas de restauración en el proyecto Tremedal (Berastegi *et al.*, 2016).

La tipología de las afecciones observada es similar a la que Heras *et al.* (2010-11) indicaban: consideraban el uso ganadero como el principal impacto, generalmente debido a sobrepastoreo (pasto, pisoteo, estercolado), enmiendas, quemadas, desbroces, y drenajes que modifican el nivel freático. Estas perturbaciones son parecidas a las que Janssen *et al.* (2016) enumeran respecto a los hábitats de turberas en la *Lista Roja* de hábitats europeos.

El sobrepastoreo afecta sobre todo a los “Brezales turbosos” (4020*) por pisoteo, unido en Xuriain y Zentinel al uso del fuego para eliminación del matorral. También tiene un impacto negativo el sobrepastoreo en los “Prados con molinias” (6410) y, en menor medida, en “Mires de transición” (7140).

En algunas zonas de Alkurruntz, Belate y Lixketa resulta negativa la baja carga ganadera, que desplaza por sucesión los hábitats 4020* y 7140 al ser colonizados por arbustos (*Ulex sp.pl.*, *Rubus sp.pl.*) y helechales de *Pteri-*

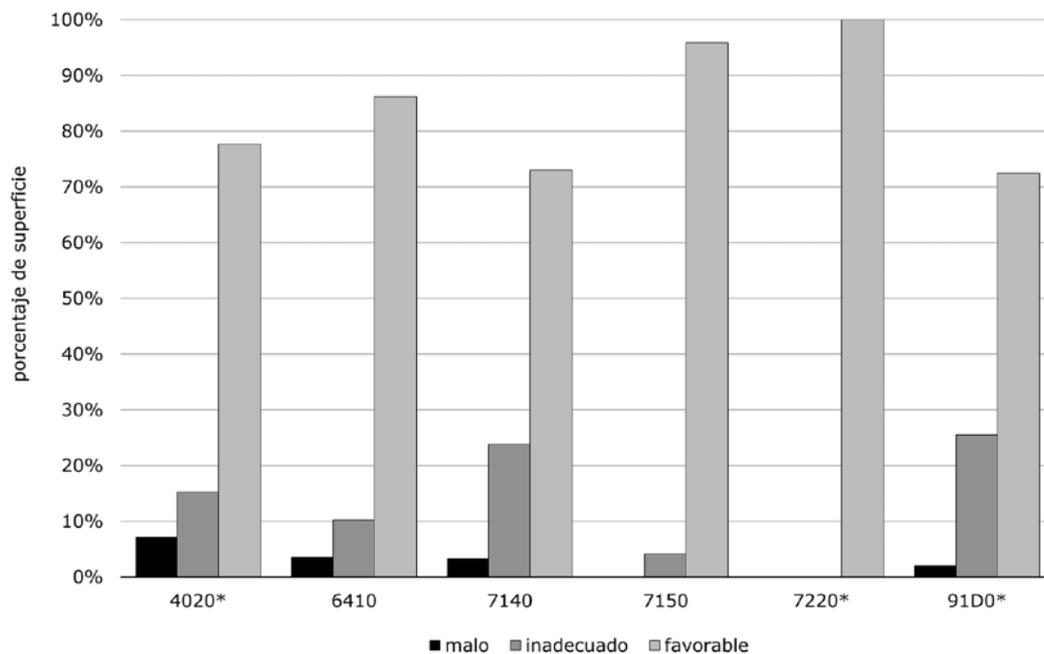


Fig. 3. - Porcentaje de superficie de los hábitats de turbera (Directiva de Hábitats) por categoría de estado de conservación.

enclaves	HÁBITATS DE TURBERA						% SUPERFICIE EC		
	4020*	6410	7140	7150	7220*	91D0*	m	i	f
Alkurruntz ¹	sP	sP	iP sP	+	.	.	0	25	75
Argintzu	.	sP	(sP)	.	+	.	0	8	92
Arxuri ¹	sP	+	(sP)	sP	.	.	0	9	91
Autrin	+	+	+	+	.	+	0	0	100
Azaldegi	+	sP	+	.	.	.	13	0	87
Azpilleta	+	+	(CP)	(CP)	.	.	0	0	99
Baigura	+	+	(sP)	.	.	+	2	1	98
Baltsagorrieta	D	D	D Fr	.	.	D	17	26	58
Belate ¹	iP	sP	iP sP	.	.	.	8	21	71
Gesaleta	D	+	(D E)	.	.	D	1	4	95
Jauregiaroztegi*	.	E	+	.	.	.	0	25	75
Lixketa ¹	iP	Si sP	(D sP)	.	.	R	4	24	70
Maulitx ¹	E In?	+	CP sP	(CP)	.	.	0	30	70
Mendaur ¹	+	+	+	.	.	.	0	0	100
Okolin ¹	+	(sP)	sP	.	.	.	0	49	51
Xuriain ¹	E In sP	.	.	.	.	.	72	23	5
Zentinel	E In sP	+	(sP D)	(D)	.	.	25	16	59
							5	17	78

¹ Enclaves que han sido objeto de medidas de restauración en el proyecto LIFE Tremedal.

Tabla 5. - Afecciones de los hábitats de interés y prioritarios característicos de turbera y porcentaje de superficie por enclave correspondiente a estado de conservación malo (m), inadecuado (i) o favorable (f). +, Estado de conservación favorable en toda la superficie. Afecciones: CP, caminos y pistas; D: desecación del terreno; E, Erosión; Fr, fragmentación; In, incendios; iP, infrapastoreo; R: ramas secas; Si, siega; sP, sobrepastoreo; ?, incertidumbre acerca de la afección; (): % de superficie con afecciones <5%.

diurn aquilinum. En Autrin, aunque el estado de conservación de los hábitats es favorable, el descenso de la carga ganadera provoca el desarrollo de *Ulex europaeus* en laderas próximas, por lo que debe vigilarse su evolución.

Los caminos y pistas forestales afectan al hábitat 7140 y a las "Depresiones del *Rhynchosporion*" (7150) en Azpilleta y Maulitx; en el último lugar, donde la afección tiene cierta entidad, se ha reordenado el uso de los caminos para eliminarla (Berastegi *et al.*, 2016).

La desecación de la vegetación es un fenómeno que afecta puntualmente a algunos hábitats en Gesaleta y Zentinel, y a una parte sustancial de la superficie (42%) que ocupan los hábitats de turbera en Baltsagorrieta. En este último enclave se ha observado un descenso del nivel freático, con erosión en algunos puntos, lo que contrasta con su buen estado cuando fue estudiada por Heras *et al.* (2006); por ello sería conveniente realizar un seguimiento de estos procesos de desecación y erosión, cuya causa es desconocida. El hábitat 91D0* "Turberas boscosas" se ve afectado por la desecación, sobre todo los pinares de *Pinus sylvestris* de Baltsagorrieta. En el caso de Lixketa, parte de las saucedas de *Salix atrocinerea* se ven afectadas por la abundancia de ramas secas en el dosel del hayedo en el que están inmersas, que permite entrar la luz en el sotobosque.

Finalmente, la erosión afecta a los hábitats 4020*, 6410 y 7140, y está ligada a distintos fenómenos; en Xuriain y Zentinel está relacionada con quemadas de matorral, y quizá

también en Maulitx, en Gesaleta parece asociada a procesos de desecación y en Jauregiaroztegi al tránsito de vehículos hacia parcelas cultivadas.

CONCLUSIONES

La aportación de la cartografía realizada al conocimiento de la presencia de hábitats de turbera es relevante, dado que del hábitat 7150 se carecía de datos de superficie en las cartografías de hábitats anteriores (MMA, 1997; Olano *et al.*, 2003; VV.AA., 2003) y del hábitat 91D0* solo se conocían 0,01 ha en Abaurrea (Olano *et al.*, 2003) que han pasado a 0,6 ha. La cartografía realizada a escalas 1:5.000, o más detalladas, hace posible la detección de estos hábitats, de carácter puntual y reducida extensión. Una inventariación adecuada en estos casos requiere una densidad de observaciones superior a la que permiten las escalas 1:25.000 y 1:50.000 de las fuentes cartográficas previas.

Los resultados obtenidos, junto a los ya aportados por Heras *et al.* (2006), suponen un punto de referencia para observar la evolución de las zonas turbosas estudiadas, tanto respecto a las medidas de restauración adoptadas como frente a perturbaciones locales, modificaciones de usos tradicionales o el cambio global.

Las dificultades señaladas en el establecimiento de relaciones entre distintas tipologías de hábitats, con implicaciones en la gestión y protección legal de los hábitats,

subrayan la importancia de acompañar tanto los estudios de vegetación, como su cartografía, de descripciones, y si es posible de inventarios florísticos. De este modo se cuenta con una base de conocimiento que permite modificar, si es necesario, las clasificaciones realizadas, y compararlas con las de otros territorios.

Este conocimiento es además fundamental para frenar el retroceso de estos hábitats con medidas de gestión y restauración; las acciones del proyecto LIFE Tremedal en Navarra suponen una contribución local al esfuerzo dirigido a preservar los hábitats de turbera a nivel europeo (Raeymaekers, 1999; Schumann y Joosten, 2008).

AGRADECIMIENTOS

P. Heras y M. Infante (Bazzania S. C., Investigación y Gestión en Biodiversidad), determinaron las especies de briofitos herborizadas en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarría, P. M., Urrutia, P., Zorrakin, I., 1999. Claves ilustradas de la Flora del País Vasco y territorios limítrofes. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.

Amigo, J., Rodríguez-Gutián, M. A., Pradinho Honrado, J. J., Alves, P., 2017. The Lowlands and Midlands of Northwestern Atlantic Iberia. In: Loidi J. (ed.), The Vegetation of the Iberian Peninsula, 191-250. Springer, Cham. Plant and Vegetation, 1.

Bartolomé, C., Álvarez, J., Vaquero, J., Costa, M., Casermeiro, M.A., Giraldo, J., Zamora, J., 2005. Los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Guía básica. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General para la Biodiversidad, Madrid.

Berastegi Gartzandia, A., Zaldúa Esteban, A., Ibarrola Mantecola, I., Larumbe Arricibita, J., Perez Perez, J., Zulaika, J., Carreras, J., Valderrábano Luque, J., Díaz González, T. E., Bueno Sánchez, A., Mora Cabello de Alba, A., Fernández Pascual, Rubinos, M., Hinojo, B., Ramil, P., HAZI, D. F. de Álava, D. F. de Gipuzkoa, 2016. Manual de buenas prácticas en la gestión de turberas y humedales. Equipo de LIFE Tremedal, Pamplona. Disponible en: <https://lifetremedal.eu/>.

Castroviejo, S. (Coord.), 1986-2014. Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Diario Oficial nº L 206 de 22 de julio de 1992.

DGOP, 2014. Serie de ortofotomapas 1:5000. Dirección General de Obras Públicas. Gobierno de Navarra, Pamplona.

European Commission, 2013. Interpretation manual of European Union Habitats. Version EUR 28. European Commission. DG Environment, Bruxelles.

Evans, D., Arvela, M., 2011. Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes & Guidelines for the period 2007-2012. European Commission, Brussels.

Heras, F. T., Infante, M., 2016. Turberas cobertor en el norte de España: estado de la cuestión. Informe técnico. LIFE Tremedal NAT/ES/707.

Heras, F. T., Infante, M., Biurrun, I., Campos, J. A., 2006. Cartografía y Bases Técnicas para la Gestión de Turberas. Informe técnico. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, Pamplona.

Heras, F. T., Infante, M., Biurrun, I., Campos, J. A., Berastegi, A., 2011. Flora de los hábitats hidroturbosos del noroeste de Navarra. Actes del IX Col·loqui Internacional de Botànica Pirenaico-Cantàbrica, 191-200. Ordino, Andorra.

Heras, F. T., Infante, M., Biurrun, I., Campos, J. A., Berastegi, A., 2010-2011. Tipología, vegetación y estado de conservación de los hábitats hidroturbosos del noroeste de Navarra. Acta Botanica Barcinonensia 53, 27-45.

Hill, M. O., Bell, N., Bruggeman-Nannenga, M., Brugges, M., Cano, M., Enroth, J., Flatberg, K., Frahm, J., Gallego, M., Garrileti, R., Montes, J., Hedenäs, L., Holyoak, D., Hyvönen, J., Ignatov, M., Lara, F., Mazimpaka, V., Muñoz, J., Söderström, L., 2006. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. Journal of Bryology 28, 198-267.

Janssen, J. A. M., Rodwell, J. S., García Criado, M., Gubbay, S., Haynes, T., Nieto, A., Sanders, N., Landucci, F., Loidi, J., Ssyman, A., Tahvanainen, T., Valderrábano, M., Acosta, A., Aronsson, M., Arts, G., Attorre, F., Bergmeier, E., Bijlsma, R.-J., Bioret, F., Biřa-Nicolae, C., Biurrun, I., Calix, M., Capelo, J., Carni, A., Chytrý, M., Dengler, J., Dimopoulos, P., Essl, F., Gardfjell, H., Gigante, D., Giusso del Galdo, G., Hájek, M., Jansen, F., Jansen, J., Kapfer, J., Mickolajczak, A., Molina, J. A., Molnár, Z., Paternoster, D., Piernik, A., Poulin, B., Renaux, B., Schaminée, J. H. J., Šumberová, K., Toivonen, H., Tonteri, T., Tsiropidis, I., Tzonev, R., Valachovič, M., 2016. European Red List of habitats. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Jiménez-Alfaro, B., 2018. Diversidad de vegetación y conservación de turberas europeas. En: Fernández-García, J. M., Pérez, F. J., Identificación, valoración y restauración de turberas: contribuciones recientes. LIFE11 NAT/ES/704 Orduñe Sostenible, 11-21. Diputación Foral de Bizkaia, Fundación Hazi, Vitoria-Gasteiz.

MDNR, 2013. Handbook for collecting vegetation plot data in Minnesota: The relevé method. Minnesota Bio-logical Survey, Minnesota Natural Heritage and Nongame Research Program, and Ecological Land Classification Program. Minnesota Department of Natural Resources, St. Paul. Biological Report 92.

MMA, 1997. Inventario Nacional de Hábitats. Cartografía a escala 1:50.000. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.

Montanarella, L., Jones, R. J. A., Hiederer, R., 2006. The distribution of peatland in Europe. Mires and Peat 1, 1-10.

Olano, J. M., Ferrer, V., Peralta, J., Remón, J. L., Berastegi, A., García, S., 2003. Cartografía de hábitats en los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) de Navarra (Red Natura 2000). Actas del VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre, 1094-1110. Barcelona.

Peralta, J., Biurrun, I., García-Mijangos, I., Remón, J. L., Olano, J. M., Lorda, M., Loidi, J., Campos, J. A., 2018a. Manual de hábitats de Navarra. GAN-NIK y Gobierno de Navarra, Servicio de Publicaciones, Pamplona.

Peralta, J., Heras, P., Infante, M., Berastegi, A., 2015. Cambios de la vegetación tras la restauración de la turbera de Belate (Navarra) observados mediante cartografía diacrónica: 2008-2013, 1823-1831. En: Riva, J. De la, Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M. (Eds.), Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación, 1823-1831. Universidad de Zaragoza-AGE, Zaragoza.

Peralta, J., Zaldúa, A., Berastegi, A., 2018b. Evaluación de la restauración del humedal de Jauregiaroztegi (Auritz/Burguete, Navarra): cambios en la vegetación en el período 2011-2015. En: Fernández-García, J. M., Pérez, F. J., Identificación, valoración y restauración de turberas: contribuciones recientes. LIFE11 NAT/ES/704 Ordunte Sostenible, 69-82. Diputación Foral de Bizkaia, Fundación Hazi, Vitoria-Gasteiz.

Pons, X., 2011. SIG MiraMon v. 7. CREA, Barcelona.

QGIS, 2011. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial.

Ramil-Rego, P., Rodríguez Guitián M. A. (Eds.), 2017. Hábitats de turbera en la Red Natura 2000. Diagnóstico y criterios para su conservación y gestión en la Región Biogeográfica Atlántica. Horreum-Ibader, Lugo.

Raeymaekers, G., 1999. Conserving mires in the European Union. Actions co-financed by LIFE-Nature. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Rivas-Martínez, S., 2007. Mapa de series, geoserias y geopermaseries de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte I. Itinera Geobotanica 17, 1-436.

Rivas-Martínez, S., Díaz González, T. E., Fernández-González, F., Izco, J., Loidi, J., Lousã, M., Penas, A., 2002. Vascular plant communities of Spain & Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. Itinera Geobotanica 15, 5-922.

Rivas-Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi, J., Lousã, M., Penas, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. Itinera Geobotanica 14, 5-341.

Rivas-Martínez, S., Penas, A., Río, S. del, Díaz González, T. E., Rivas-Saenz, S., 2017. Bioclimatology of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands, 29-80. In: Loidi J. (Ed.), The Vegetation of the Iberian Peninsula. Springer, Cham. Plant and Vegetation 1.

Schumann, M., Joosten, H., 2008. Global peatland restoration manual. Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University, Germany.

VV.AA., 2003. Atlas y Manual de los Hábitats naturales y seminaturales de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Flora y hábitats del enclave higroturboso de Baigura (Pirineo Occidental, Navarra)

Flora and habitats of the Baigura wetlands (western Pyrenees, Navarre)

Mikel Lorda¹, José Luis Remón², Javier Peralta³, Asun Berastegi⁴

¹ C. I. Agroforestal, 31015 Pamplona-Iruña, Navarra (mlordalo@educacion.navarra.es).

² Consultor Ambiental, 31008 Pamplona-Iruña, Navarra.

³ Botánico Consultor, 31016 Pamplona-Iruña, Navarra.

⁴ Gestión Ambiental de Navarra, 31015 Pamplona-Iruña, Navarra.

RESUMEN

Se exponen en el presente trabajo los resultados del estudio sobre la flora y la vegetación del enclave turboso de Baigura (Pirineo Occidental, Navarra), cuyos principales objetivos han sido la cartografía de la vegetación, la caracterización de los hábitats y el reconocimiento de la flora singular del enclave. Así mismo, se han puesto en evidencia las amenazas al mismo y se ha valorado el estado de conservación de los hábitats. Este trabajo forma parte del Proyecto LIFE Tremedal, llevado a cabo entre los años 2012 y 2015.

PALABRAS CLAVE: Cartografía de la vegetación y hábitats, flora singular, turbera, conservación, Baigura, Pirineo Occidental, Navarra.

ABSTRACT

The results of the study on the flora and vegetation of the peatland of Baigura (Western Pyrenees, Navarra), whose main objectives have been the cartography of the vegetation, the characterization of the habitats and the recognition of the characteristic flora of this spot. Likewise, the threats have been exposed to it and the state of conservation of the habitats has been assessed. This work is part of the LIFE Tremedal Project, carried out between 2012 and 2015.

KEY WORDS: Cartography of vegetation and habitats, distinctive flora, peatland, conservation, Baigura, Western Pyrenees, Navarra.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los resultados del “Estudio del estado inicial de flora y hábitats del enclave de Baigura (Abaurrea Baja/Abaurrea Alta, Navarra)” (Lorda y Remón, 2014), que forma parte del Proyecto Tremedal (LIFE11/NAT/ES/707).

El proyecto LIFE Tremedal, desarrollado entre los años 2012-2015, ha tenido como objetivo principal la identificación y la cartografía de los hábitats de 17 enclaves del norte de Navarra, donde se incluyen la mayor parte de las turberas de la Comunidad Foral (Peralta *et al.*, 2016). Este proyecto también se ha extendido a otras 4 comunidades – País Vasco, Asturias, Galicia y Castilla y León-, incluyendo 25 humedales en total, pertenecientes a 11 espacios de la Red Natura 2000.

A partir de una fase previa de prospección del enclave (Heras *et al.*, 2006), durante el año 2014, y su posterior revisión en 2015, se han planteado los siguientes objetivos: caracterizar las comunidades vegetales a partir de inventarios fitosociológicos, realizar un mapa de vegetación y hábitats (escala 1/2.500), anotar los puntos donde se localizan las especies singulares de flora, y registrar la presencia de drenajes, tomas de agua, caminos, pistas y la actividad ganadera, anotando los impactos derivados de esta última.

METODOLOGÍA

El enclave higroturboso de Baigura se encuentra situado en el Pirineo Occidental, a caballo de los municipios de Abaurrea Baja –Abaurrepea- y Abaurrea Alta –Abaurregaina- (Fig. 1). Comprende una superficie de 3,45 ha y ocupa un claro, casi llano, en el hayedo acídófilo (*Saxifraga hirsutae-Fagetum sylvaticae*), con una orla de pinos silvestres (*Pinus sylvestris* L.), abedules y matorrales. El enclave está edificado sobre areniscas, limonitas y arcillas del Bundtsandstein, formando parte en su conjunto del macizo silíceo de Oroz-Betelu (Heras *et al.*, 2006). La presencia de agua es variable, con una profundidad que oscila entre 0 y 15 cm, si bien algunos canales de desagüe alcanzan mayor profundidad, y suelen mantener una corriente de agua durante todo el año, incluso en el estío.

En función de la dependencia del agua, es posible reconocer distintas formaciones vegetales. Así, en los lugares con mayor presencia de agua, son frecuentes los esfagnos (*Sphagnum* spp.) y sus comunidades acompañantes, y en las áreas más alejadas del agua crecen las orlas de pinar-abedular, en mosaico con los matorrales de *Salix aurita* L., arándanos y brezales. La flora singular se halla repartida por todo el enclave, principalmente en los lugares con mayor presencia de agua.

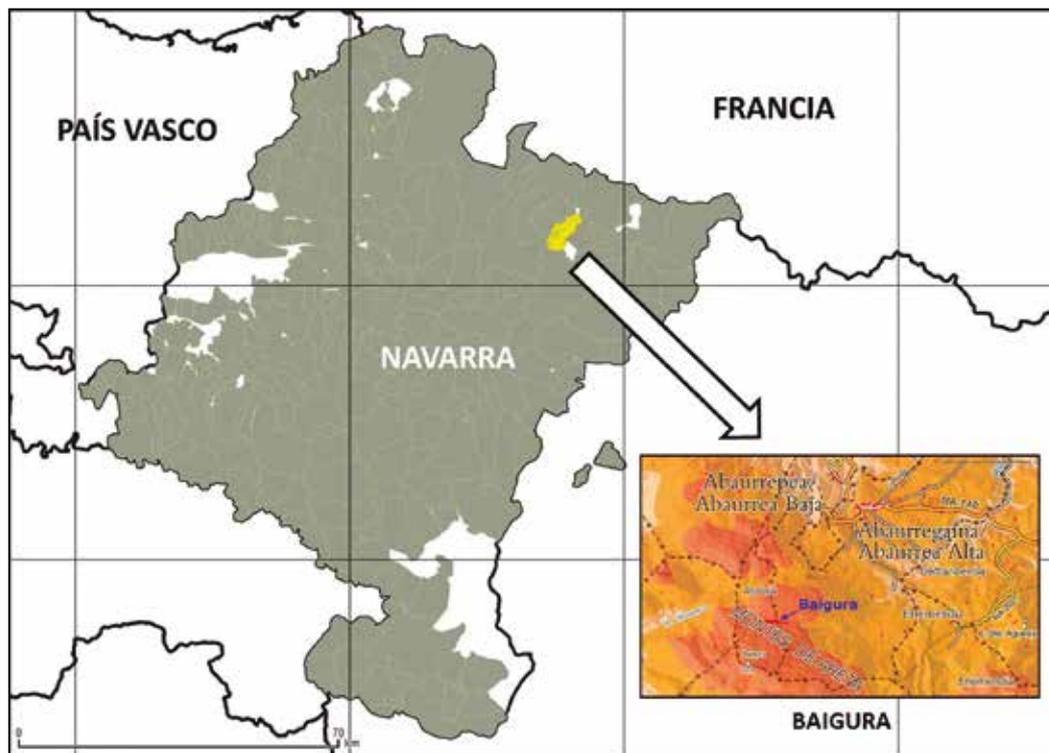


Fig. 1. - Mapa de situación del enclave higróturboso de Baigura (Navarra).

Por las condiciones del agua, el enclave es un sistema minerotrófico, con cierto matiz ombrógeno, caracterizado como *poor fen* (Heras *et al.*, 2006).

El bioclima es templado euoceánico acusado, y se localiza en el piso supratemplado inferior, con ombrotipo hiperhúmedo inferior; la precipitación media anual ronda los 1.400 mm, con valores medios de temperatura de 7,9°C.

Desde el punto de vista biogeográfico, Baigura pertenece a la región Eurosiberiana, se encuentra en el subsector Pirenaico occidental, sector Pirenaico central, subprovincia Pirenaica y provincia Cevenense-Pirenaica.

La vegetación potencial está representada por el hayedo acidófilo, correspondiente a la serie cántabro-euskalduna y pirenaico occidental acidófila y neutro-acidófila del haya. El humedal se incluye en la geopermaserie higrófila supratemplada pirenaico occidental de turberas y medios paraturbosos (Fig. 2).

Heras *et al.* (2006) destacan la singularidad del enclave por constituir uno de los dos enclaves ombrógenos detectados en Navarra (Zuriain es el otro), con formación de turba, si bien sin tener la consideración de turbera. Por todo ello el enclave tiene un interés muy alto. Las principales amenazas pueden provenir de la intensificación del uso ganadero y del acceso al enclave por la pista que la circunda en su límite norte. No se plantean actuaciones de restauración, ni de conservación del enclave.

Los trabajos de campo se han desarrollado durante el verano de 2014, y han sido complementados en 2015. Para la elaboración de la cartografía de la vegetación, nos hemos ayudado de ortofotos impresas sobre las que se

dibujaban los polígonos, elaborando finalmente el mapa a escala 1/2.500. Estos polígonos delimitados tienen como objetivo definir los distintos tipos de vegetación y hábitats, así como detectar, a futuro, los cambios generados en el enclave. Se han realizados distintos inventarios fitosociológicos, necesarios para caracterizar la vegetación, y se han complementado con los ya realizados anteriormente (Heras *et al.*, 2006). De cada uno de los polígonos se precisó el hábitat, el porcentaje de ocupación o uso, el estado de conservación (favorable, inadecuado, malo o desconocido), y, si procedía, presiones, amenazas y propuestas de gestión o restauración. Además de los inventarios asociados a los polígonos cartografiados, se han hecho anotaciones de las distintas especies singulares observadas en el enclave. A partir de los datos de la cartografía se ha calculado la superficie ocupada por cada comunidad, así como la correspondiente a los hábitats.

Para la interpretación de los hábitats, nos hemos basado en el Manual de Hábitats de Navarra (Peralta *et al.*, 2013), precisando la inclusión en los tipos de la Directiva de Hábitats.

Toda esta documentación se ha recogido en una base de datos preparada a tal fin.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comunidades vegetales

El estudio de campo nos ha proporcionado una visión tanto general como muy concreta del enclave, de manera que se pueden reconocer distintas comunidades vegeta-

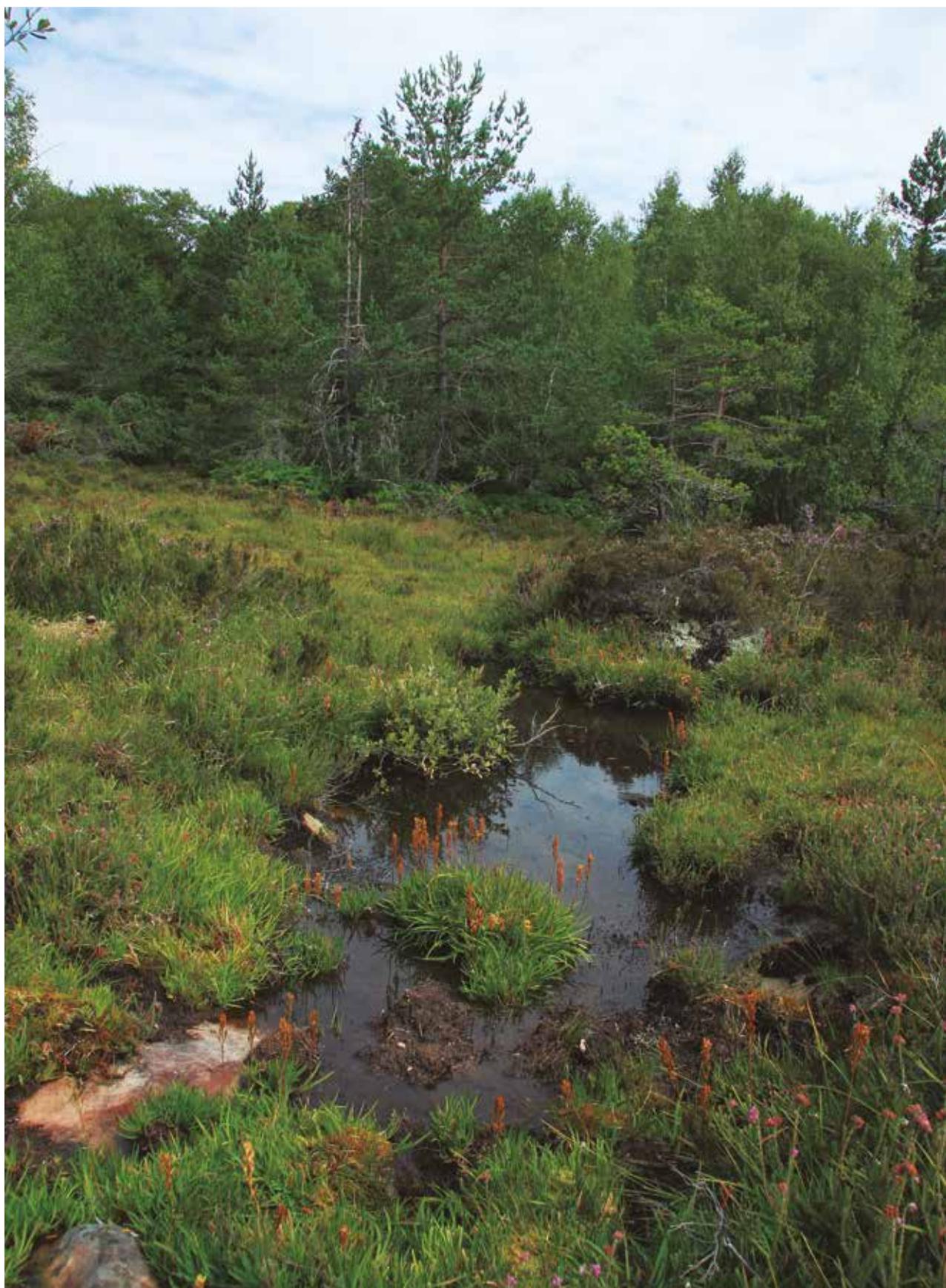


Fig. 2. - Aspecto general del enclave.

les. Así, la orla externa del enclave está ocupada por el hayedo acidófilo, frecuentado por vacas pirenaicas que entran en la turbera, principalmente en los meses de verano. Hacia las zonas con mayor humedad, se observa una segunda orla con abeludes (*Betula pubescens* Ehrh.) y pinos (*Pinus sylvestris*, como una faciación del hayedo acidófilo) aislados, a los que se une un matorral bajo de *Salix aurita* y *S. aurita x atrocinnerea*. En estas orlas no faltan los brezales-helechales más secos (*Pteridio aquilini-Ericetum vagantis*), y en los pastos predomina la comunidad acidófila del *Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis*. Los brezales, en las zonas con menor humedad, crecen dispersos próximos a bloques de areniscas formando comunidades fragmentadas.

El incremento de la humedad permite el desarrollo de las comunidades turfófilas típicas, que en el estío sufren sequía, afectando al desarrollo de la vegetación, reduciendo su extensión. En terrenos muy húmedos crecen formaciones ricas en *Narthecium ossifragum* (L.) Huds. con esfagnos (*Sphagnum auriculatum* Schimp., *S. tenellum* (Brid.) Brid.), enriquecidos con *Eriophorum angustifolium* Honckeney (Comunidad de *S. auriculatum* y *Narthecium ossifragum* var. *E. angustifolium*; *Narthecio ossifragi-Sphagnetum tenelli*). En general, la comunidad de nartecio con esfagnos y erióforo ocupa los ambientes con mayor presencia de agua, mientras que la comunidad de *Narthecio-Sphagnetum tenelli*, vive en ambientes con menor humedad, si bien ocupa más extensión, lo que concuerda con las características generales del enclave. En mosai-

co con las anteriores se presentan promontorios del *Erico tetralicis-Sphagnetum magellanici*, dependiente de las precipitaciones, junto a la comunidad señalada de *Betula pubescens* y *Sphagnum* spp. Dispersos en el enclave no faltan los brezales turbícolas del *Erico tetralicis-Ulicetum gallii*, ni los juncales de la comunidad de *Juncus effusus* L. y *Scutellaria minor* Huds.

Durante el trabajo de campo se ha observado la presencia de ganado bovino (vacuno pirenaico) y equino tanto en el hayedo, la orla, como en los enclaves más húmedos, consumiendo las plantas y contribuyendo con el pisoteo y los excrementos a modificar el entorno, si bien su incidencia sobre la vegetación es escasa. Estas afecciones las hemos anotado en las comunidades de *Erico tetralicis-Sphagnetum magellanici* (pisoteo) y *Narthecio ossifragi-Sphagnetum tenelli* (consumido y pisoteo).

Se han caracterizado 11 comunidades vegetales en el enclave y se representan en el mapa de vegetación (Fig. 3). Estos resultados se resumen en una tabla (Tabla 1).

Hábitats

Los hábitats higróturbosos más abundantes son los abedulares de turbera (8,3%) y los esfagnales con *Erica tetralix* L. (14,4%) que junto a los esfagnales pirenaicos (9,9%), brezales cantábricos higrófilos (6,3%), comunidades de esfagnos y nartecios con *Eriophorum* (7,6%), jun-

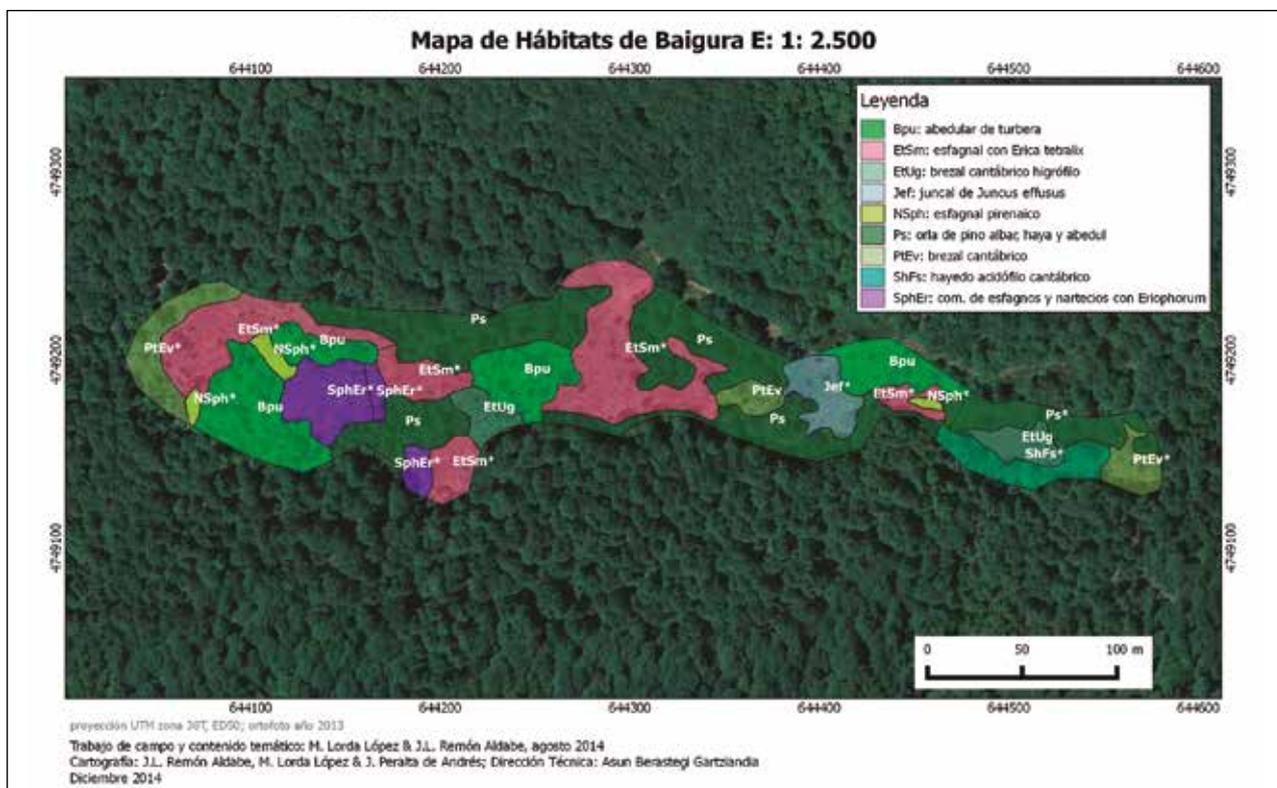


Fig. 3. - Mapa de vegetación.

Unidades cartográficas	Comunidades vegetales	ha	%
Comunidad de <i>Glyceria fluitans</i>	Comunidad de <i>Glyceria fluitans</i> [0000]	0.007	0.2
Com. de esfagnos y nartecios con <i>Eriophorum</i>	Comunidad de <i>Sphagnum auriculatum</i> y <i>Narthecium ossifragum</i> var. <i>Eriophorum angustifolium</i> [7140]	0.26	7.6
Esfagnal pirenaico	<i>Narthecio ossifragi-Sphagnetum tenelli</i> [7140]	0.34	9.9
Esfagnal con <i>Erica tetralix</i>	<i>Erico tetralicis-Sphagnetum magellanici</i> [7140]	0.49	14.4
Juncal de <i>Juncus effusus</i>	Comunidad de <i>Juncus effusus</i> y <i>Scutellaria minor</i> [6410]	0.05	1.6
Brezal cantábrico higrófilo	<i>Erico tetralicis-Ulicetum gallii</i> [4020*]	0.22	6.3
Brezal cantábrico	<i>Pteridio aquilini-Ericetum vagantis</i> [4030]	0.26	7.6
Pasto acidófilo de <i>Danthonia decumbens</i>	<i>Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis</i> [6230*]	0.03	0.8
Abedular de turbera	Comunidad de <i>Betula pendula</i> y <i>Sphagnum</i> spp. [91D0*]	0.29	8.3
Orla de pino albar, haya y abedul	<i>Saxifrago hirsutae-Fagetum sylvaticae</i> facies de <i>Pinus sylvestris</i> [0000]	1.40	40.6
Hayedo acidófilo cantábrico	<i>Saxifrago hirsutae-Fagetum sylvaticae</i> [9120]	0.09	2.6
		3.45	100

Tabla 1. - Unidades cartográficas, comunidades vegetales, superficie y porcentaje.

cales de *Juncus effusus* (1,6%) y comunidades de *Glyceria fluitans* (L.) R. Br. (0,2%) constituyen las comunidades más exigentes en humedad edáfica o encharcamiento ocupando el 48,3% de la superficie. Otros hábitats como las orlas de pino albar, haya y abedul (40,6%), los brezales cantábricos (7,6%), los hayedos acidófilos (2,6%) y los pastos acidófilos (0,8%) ocupan el resto del enclave (51,7%).

Las comunidades vegetales cartografiadas se agrupan en 7 hábitats de la Directiva 92/43/CE (Tabla 2).

De la tabla expuesta se deduce que tres de los hábitats son prioritarios, y que en conjunto ocupan la mayor parte de la superficie de la turbera (59,1%). Los tres prioritarios, [4020*, 6230* y 91D0*] corresponden respectivamente a brezales cantábricos higrófilos (6,3%), pastos acidófilos de *Danthonia decumbens* (0,8%) y abedulares de turbera (8,3%). Los "Mires" de transición [7140] ocupan el 31,9% y los prados con molinias [6410] el 1,6%. Otros hábitats como los hayedos acidófilos [9120] y los brezales secos europeos [4030] ocupan el 2,6% y 7,6% respectivamente. Los hábitats no incluidos en la Directiva contribuyen al 40,8% de la superficie.

Estado de conservación de los hábitats

El estado de conservación de los hábitats naturales se ha evaluado en tres categorías (Tabla 3): favorable, inadecuado y malo. La mayor parte de los hábitats más característicos de medios paraturbosos o higroturbosos presentan un estado favorable [7140, 6410] exceptuando algunos recintos o parte de recintos de esfagnales con *Erica tetralix* [7140], cuyo estado es inadecuado-malo y alguna zona de esfagnales pirenaicos [7140] donde es malo. Los hábitats del entorno de los anteriores como los brezales cantábricos higrófilos [4020*] y los brezales cantábricos más secos [4030] presentan también un estado favorable aunque, en estos últimos, hay zonas donde es inadecuado. Los escasos pastos acidófilos [6230*] presentan un estado entre favorable e inadecuado, dependiendo de que la presión ganadera pueda ser puntualmente excesiva. Los abedulares de turbera [91D0*] presentan un estado favorable. Las orlas de pinos silvestres, hayas y abedules [0000] también presentan un estado, principalmente, favorable aunque las zonas donde se refugia el escaso ganado están algo alteradas por el pisoteo. Los retazos de hayedo acidófilo cantábrico están

Cod. Dir.	Descripción	ha	%
0000	Hábitat no incluido en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE	1.40	40.8
4020*	Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de <i>Erica ciliaris</i> y <i>Erica tetralix</i>	0.22	6.3
4030	Brezales secos europeos	0.26	7.6
6230*	Formaciones herbosas con <i>Nardus</i> , con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de la Europa continental)	0.03	0.8
6410	Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (<i>Molinion caeruleae</i>)	0.06	1.6
7140	"Mires" de transición	1.10	31.9
9120	Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de <i>Ilex</i> y a veces de <i>Taxus</i> (<i>Quercion robori-petraeae</i> o <i>Ilici-Fagenion</i>)	0.09	2.6
91D0*	Turberas boscosas	0.29	8.3
		3.45	100

Tabla 2. - Hábitats de interés y prioritarios (éstos con asterisco).

Unidad cartográfica	Estado conservación de los hábitats		
	Fav.*	Inad.	Mal.
0 Comunidad de <i>Glyceria fluitans</i> [0000]	100		
1 Com. de esfagnos y nartecios con <i>Eriophorum</i> [7140]	100		
2 Esfagnal pirenaico [7140]	97		3
3 Esfagnal con <i>Erica tetralix</i> [7140]	91	8	1
4 Juncal de <i>Juncus effusus</i> [6410]	100		
5 Brezal cantábrico higrófilo [4020*]	100		
6 Brezal cantábrico [4030]	60	40	
7 Pasto acidófilo de <i>Danthonia decumbens</i> [6230*]	67	33	
8 Abedular de turbera [91D0*]	100		
9 Orla de pino albar, haya y abedul [0000]	100		
10 Hayedo acidófilo cantábrico [9120]		100	

Tabla 3. - Estado de conservación de los hábitats.

* (Fav: favorable; Inad: inadecuado; Mal: malo).

en un estado inadecuado, ya que son zonas de refugio del ganado y presentan un cierto pisoteo.

Flora singular

En el conjunto de los inventarios y observaciones de flora se han registrado 173 táxones, 130 correspondientes a 43 especies de plantas vasculares y 28 briófitos clasificados en 10 especies diferentes. Respecto a los táxones anotados por Heras *et al.* (2006) -66 especies de plantas vasculares y 39 de briófitos- no se han localizado durante el trabajo de campo, un total de 23 plantas vasculares y 29 briófitos. Se han encontrado 5 nuevas especies, por lo que, en total, desde 2006, se han registrado un total de 152 táxones. Estas novedades florísticas han sido halladas en el enclave higroturboso y en sus orlas, con una ecología variable y no necesariamente ligadas a los medios higroturbosos.

La presencia de flora singular asociada al medio turfófilo viene de la mano de *Eriophorum angustifolium*, *Drosera rotundifolia* L. y *Trichophorum cespitosum* (L.) Hartm. Además, las orlas se enriquecen en *Salix aurita* x *S. atrocinerea*, *Polygonatum verticillatum* (L.) All., *Convallaria majalis* L., *Narcissus pseudonarcissus* L. y *Gentiana lutea* L. Heras *et al.* (2006) anotaron la singularidad de las hepáticas: *Calyptogeia integrastipula* Stephani, *Cephalozia connivens* (Dicks.) Lindb., *Cladopodiella fluitans* (Nees) H. Buch, *Kurzia pauciflora* (Dicks.) Grolle y *Scapania mucronata* Buch; y de los musgos *Sphagnum magellanicum* Brid., *S. rubellum* Wilson y *Splachnum ampullaceum* Hedwig.

De las especies singulares de flora vascular presentes en el enclave se han observado: *Trichophorum cespitosum* (2 observaciones), *Drosera rotundifolia* (4) y *Eriophorum angustifolium* (4), *Convallaria majalis* (1), *Gentiana lutea* (1), *Salix aurita* x *S. atrocinerea* (1), así como briófitos, como *Sphagnum rubellum* (4). Destaca por su interés y rareza en el enclave, y en Navarra, *Salix aurita* (novedad) y su mestizo con *S. atrocinerea*, ya señalado.

Además, se añade como novedad la presencia de *Narcissus pseudonarcissus* que crece dispersa en el enclave,

observada fuera de la época de realización de los inventarios y observaciones de flora.

Respecto a los briófitos, se han realizado 28 observaciones, correspondiendo a 10 especies distintas (8 esfagnos).

Se consideran 11 especies indicadoras del hábitat higroturboso en el enclave: *Carex binervis* Sm., *C. demissa* Hornem., *C. echinata* Murray, *Drosera rotundifolia*, *Erica tetralix*, *Eriophorum angustifolium*, *Festuca heteromalla-rivularis*, *Juncus bulbosus* L., *Narthecium ossifragum*, *Succisa pratensis* Moench y *Trichophorum cespitosum*.

Entre los briófitos se encuentran 8 especies indicadoras de hábitats de turbera, donde destacan los esfagnos, mayoritarios en el enclave, como: *Sphagnum capillifolium* (Ehr.) Hedw., *S. auriculatum*, *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr., *S. flexuosum* Dozy & Molk., *S. papillosum* Lindb., *S. rubellum* Wilson, *S. tenellum* (Brid.) Brid. y *S. palustre* L.

La presencia de algunas especies, en caso de que se extiendan, puede ser un indicio de la pérdida del hábitat higroturboso, cuestión que debe considerarse a fin de detectar una evolución negativa del mismo. Sería el caso de *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Cytisus scoparius* (L.) Link, *Juniperus communis* L. y *Pinus sylvestris*.

Afecciones

Respecto a las afecciones observadas, cabe comentar que el enclave limita con una pista forestal en mal estado, no muy frecuentada por vehículos, y algo por excursionistas, y en el interior de la turbera se aprecia alguna senda ganadera, pero carece de infraestructuras ganaderas (abrevaderos, tomas de agua) cercanas. El pisoteo por ganado no es excesivo y el consumo de herbáceas no es muy relevante. La carga ganadera -vacuno principalmente- se considera baja-muy baja, principalmente por los recursos pascícolas poco apropiados para el ganado. En áreas próximas se ha observado ganado equino, pero, al menos durante el trabajo de campo, no se ha visto en el enclave.

BIBLIOGRAFÍA

Heras, F. T., Infante, M., Martínez, L. M., Biurrun, I., Campos, J. A., 2006. Cartografía y Bases Técnicas para la Gestión de Turberas. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A. Informe técnico, Pamplona.

Lorda, M., Remón, J. L., 2014. Estudio del estado inicial de flora y hábitats del enclave de Baigura (Abaurrea Baja/Abaurrea Alta). Gestión Ambiental de Navarra S. A. Gobierno de Navarra, Pamplona. Informe Técnico.

Peralta, J., Biurrun, I., Campos, J. A., Lorda, M., Remón, J. L., Berastegi, A., 2016. *Caracterización y cartografía de los hábitats de las turberas de Navarra en el proyecto LIFE Tremedal*. XI Coloquio Internacional Bot. Pir.-Cantábrica, Navarra.

Flora y hábitats del enclave higroturboso de Alkurruntz (Pirineo Occidental, Navarra)

Flora and habitats of the Alkurruntz wetlands (western Pyrenees, Navarre)

José Luis Remón¹, Mikel Lorda², Javier Peralta³, Asun Berastegi⁴

¹ Consultor Ambiental, 31008 Pamplona-Iruña, Navarra (joseluis.remon@gmail.com).

² C. I. Agroforestal, 31015 Pamplona-Iruña, Navarra.

³ Botánico Consultor, 31016 Pamplona-Iruña, Navarra.

⁴ Gestión Ambiental de Navarra, 31015 Pamplona-Iruña, Navarra

RESUMEN

Se exponen en el presente trabajo los resultados del estudio sobre la flora y la vegetación del enclave higroturboso de Alkurruntz (Pirineo Occidental, Navarra), cuyos principales objetivos han sido la cartografía de la vegetación, la caracterización de los hábitats y el reconocimiento de la flora singular del enclave. Así mismo, se han puesto en evidencia las amenazas al mismo y se ha valorado el estado de conservación de los hábitats. Este trabajo forma parte del Proyecto LIFE Tremedal, llevado a cabo entre los años 2012 y 2015.

PALABRAS CLAVE: Cartografía de la vegetación y hábitats, flora singular, turbera, conservación, Alkurruntz, Pirineo Occidental, Navarra.

ABSTRACT

The results of the study on the flora and vegetation of the peatland of Alkurruntz (Western Pyrenees, Navarra), whose main objectives have been the cartography of the vegetation, the characterization of the habitats and the recognition of the characteristic flora of this spot. Likewise, the threats have been exposed to it and the state of conservation of the habitats has been assessed. This work is part of the LIFE Tremedal Project, carried out between the years 2012 and 2015.

KEY WORDS: Cartography of vegetation and habitats, characteristic flora, peatland, conservation, Alkurruntz, Western Pyrenees, Navarra.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los resultados del “Estudio del estado inicial de flora y hábitats del enclave de Alkurruntz (Baztan, Navarra)” (Remón y Lorda, 2013) y de sus informes de seguimiento (Remón y Lorda, 2014 y 2015), que forma parte del Proyecto Tremedal (LIFE11/NAT/ES/707).

El proyecto LIFE Tremedal, desarrollado entre los años 2012-2015, ha tenido como objetivo principal la identificación y la cartografía de los hábitats de 17 enclaves del norte de Navarra, donde se incluyen la mayor parte de las turberas de la Comunidad Foral (Peralta y al., 2016). También este proyecto se ha extendido a otras 4 comunidades –País Vasco, Asturias, Galicia y Castilla y León-, incluyendo 25 humedales en total, pertenecientes a 11 espacios de la Red Natura 2000.

A partir de una fase previa de prospección del enclave (Heras *et al.*, 2006), durante el año 2013, y su posterior revisión en 2015, se han planteado los siguientes objetivos: caracterizar las comunidades vegetales a partir de inventarios fitosociológicos, establecer cuadradas permanentes (1x1 m) para el seguimiento de la vegetación, realizar un mapa de vegetación y hábitats (escala 1/1.100), anotar los puntos donde se localizan las especies singulares de flora, registrar la presencia de drenajes, tomas de agua, caminos y

la actividad ganadera, anotando los impactos derivados de esta última y evaluar las actuaciones realizadas (colocación de diques transversales en pequeñas regatas, construcción de un cierre interior en una parte del enclave previamente cercada con dos portillos y desbroces de matorral de *Ulex gallii* Planchon) y los cambios producidos, tanto en los cuadradas permanentes como a nivel general del enclave.

METODOLOGÍA

El humedal se localiza en el término municipal de Baztan, en el monte Alkurruntz (Fig. 1). La altitud es de 550-756 m. La orientación es S-SE, la pendiente entre 15-20° en la plataforma y 40-45° en el resto del enclave. La superficie es de 2,24 ha. El porcentaje de agua varía entre el 0-10-15%.

Se trata de un humedal en ladera formado por cabeceiras manantías y vaguadas de fondo encharcado con agua en movimiento, inmediatamente por debajo de un collado, en la cabecera de un barranco. La mayor parte del área comprendida en los límites del enclave se corresponde con suelos menos húmedos y predominancia de pastos y brezales.

La litología está constituida por esquistos arenosos, areniscas y niveles de caliza. Los pH de las aguas son ácidos. No existe depósito de turba.

El tipo de humedal se clasifica como medio paraturboso, con origen del agua minerógeno (solígeno), trampal subneutrófilo y acidófilo y mesótrofo. Los trampales subneutrófilos son los que dominan en los manantios, mientras que los acidófilos se desarrollan casi exclusivamente en la plataforma.

El encuadre biogeográfico corresponde al subsector (distrito) Vascónico oriental, Sector Cántabro-Vascónico, subprovincia Cántabro-Atlántica, provincia Atlántico-Centroeuropea. Forma parte de la Región Eurosiberiana.

El bioclima es templado semihiperocéánico atenuado, y el enclave se sitúa en el piso supratemplado inferior con ombrotipo hiperhúmedo inferior. La temperatura media anual es de 10,5°C y la precipitación anual de 2014 mm (estación meteorológica de Olabidea).

La vegetación potencial corresponde a la serie cántabro-euskalduna y pirenaica occidental acidófila y neutro-acidófila del haya, *Saxifraga hirsutae-Fago sylvaticae Sigmetum* y a la geopermaserie higrófila supratemplada cántabro-euskalduna de turberas y medios paraturbosos en su faciación euskaldún oriental.

El seguimiento de la vegetación se ha realizado a dos niveles de detalle: uno de carácter general, con la delimitación de polígonos de vegetación y realización de inventarios fitosociológicos y otro, más preciso, con el establecimiento de 12 cuadrados permanentes de 1x1 m en las zonas de influencia de las actuaciones y en los hábitats de mayor interés del enclave. Para cada tipo de hábitat y/o actuación a evaluar se establecieron 3 réplicas.

Los cuadrados se delimitan mediante 4 estacas de madera de 50 cm de longitud. Además, se realizaron inventarios de vegetación complementarios siguiendo el método fitosociológico de Braun-Blanquet. De cada cuadrado e inventario se recogen los siguientes datos:

- coordenadas GPS (precisión 2-15 m), proyección UTM zona 30T N, datum ED50.
- pendiente en grados, orientación, altitud en m, superficie en m².
- porcentaje de agua libre y profundidad del agua.
- cobertura total de la vegetación (%), altura de la vegetación (cm).
- listado de especies de plantas vasculares con:
 - = fenología (F: en flor, FR: en fruto; V: vegetativo)
 - = cobertura, estimada en porcentaje (cuadrados permanentes) y con el índice de Braun-Blanquet (cuadrados e inventarios).
- perturbaciones, amenazas y observaciones.
- fotografía.

Los inventarios se codifican en una base de datos diseñada al efecto; la posición de los inventarios se encuentra en un archivo SHP de puntos, junto al resto de las observaciones.

Los trabajos de campo se han desarrollado durante el verano de 2013 y 2015. La cartografía de vegetación se ha realizado sobre el terreno con ayuda de ortofotos y

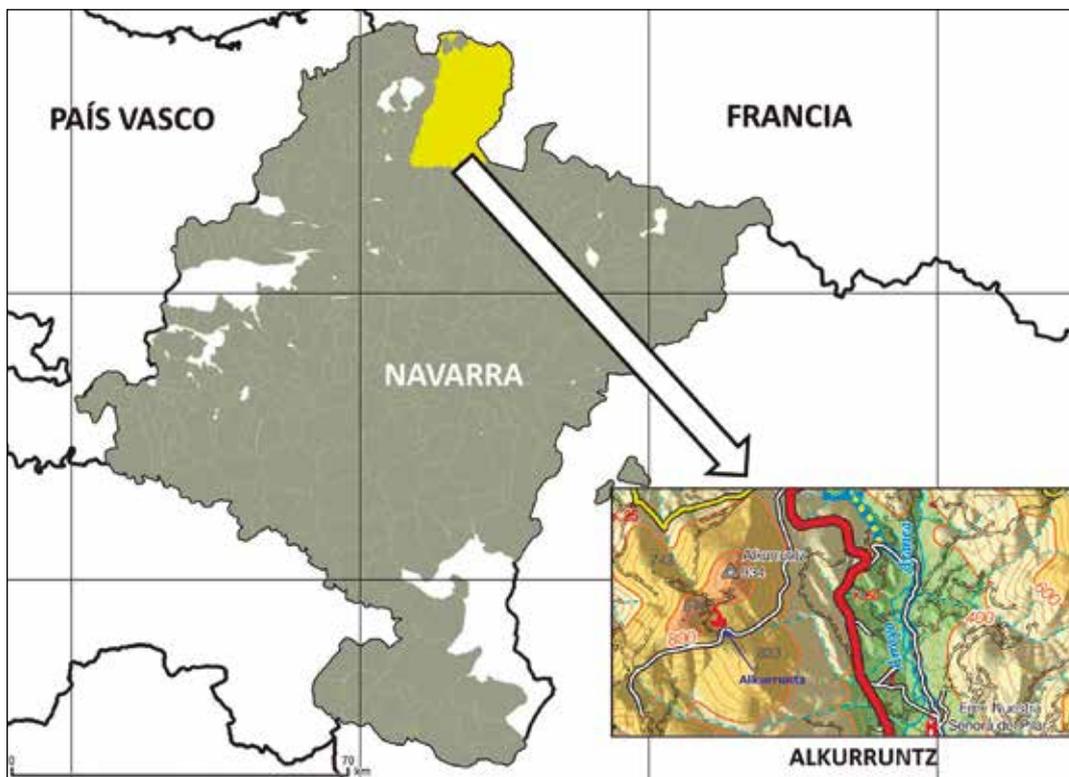


Fig. 1. - Mapa de situación del enclave higróturboso de Alkurruntz (Navarra).

realización de inventarios, elaborando finalmente el mapa a escala 1/1.100. Los polígonos delimitados definen los distintos tipos de vegetación y hábitats, y sirven para detectar a futuro los cambios generados en el enclave. Los inventarios realizados para caracterizar la vegetación se han complementado con otros previos (Heras *et al.*, 2006). En cada uno de los recintos se precisó el hábitat, el porcentaje de ocupación o uso, el estado de conservación (favorable, inadecuado, malo o desconocido), y, si procedía, presiones, amenazas y propuestas de gestión o restauración. Además de los inventarios asociados a los polígonos cartografiados, se han hecho anotaciones de las distintas especies singulares observadas en el enclave. A partir de los datos de la cartografía se ha calculado la superficie

ocupada por cada comunidad, así como la correspondiente a los hábitats.

A finales de 2013 y durante el 2014 se realizaron una serie de actuaciones de restauración entre las que cabe destacar la construcción de 8 diques (5-10 m de longitud y 30-40 cm de altura desde el suelo), construcción de un cierre de 120 m lineales que divide el ya existente en dos zonas y desbroce selectivo de matorrales de *Ulex gallii*. Estas actuaciones se evaluaron en 2015.

Para la interpretación de los hábitats, nos hemos basado en el Manual de Hábitats de Navarra (Peralta *et al.*, 2013), y se indica la inclusión en los tipos de la Directiva de Hábitats.



Fig. 2. - Aspecto general del enclave.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comunidades vegetales

A partir de los inventarios realizados y de la cartografía se han obtenido 13 comunidades vegetales más otra unidad correspondiente a una superficie erosionada.

La vegetación anfibia de agua dulce, manantiales y arroyos está representada por la (1 –ver Tabla 1 y 3-) Comunidad de *Potamogeton polygonifolius* (*Hyperico elodis-Potametum oblongi*) acompañada por esfagnos, *Anagallis tenella* (L.) L. o *Molinia caerulea* (L.) Moench y que se desarrolla en los pequeños canales por donde fluye lentamente el agua. En la cabecera del barranco principal hay unas pequeñas superficies de agua encharcada donde se desarrolla la (2) Comunidad del *Ranunculus omiophyllus* (*Ranunculetum omiophylli*) junto al briofito *Philonotis fontana* (Hedw.) Brid. y esfagnos.

La vegetación de áreas encharcadas y promontorios está representada por diversos tipos de juncales, todos ellos vinculados a zonas muy húmedas: (3) juncal con esfagnos (*Erico tetralicis-Sphagnetum papilloso*) y brezales

turbosos con presencia constante de *Juncus acutiflorus* Ehrh. ex Hoffm., *Sphagnum papillosum* Lindb. y, en menor medida, *Erica tetralix* L.; (4) juncal con *Rhynchospora alba* (*Drosero intermediae-Rhynchosporetum albae*) con presencia constante del junco *Juncus acutiflorus* y de las ciperáceas *Rhynchospora alba* (L.) Vahl y *Eleocharis multicaulis* (Sm.) Desv. acompañadas por *Molinia caerulea*; (5) juncal con esfagnos y nartecios (Comunidad de *Sphagnum auriculatum* y *Narthecium ossifragum*) propia de humedales higróturbosos donde predominan *Molinia caerulea*, *Sphagnum auriculatum* Schimp., el junco *Juncus acutiflorus* y, en menor medida, otros esfagnos y (6) juncal con *Eleocharis multicaulis* (*Eleocharitetum multicaulis*), comunidad muy puntual dominada por cárices y juncos como *Eleocharis multicaulis*, *Juncus acutiflorus* y esfagnos como *Sphagnum papillosum* y otras especies como *Potamogeton polygonifolius* Pourr. y *Molinia caerulea*.

En las zonas donde la humedad es menor hay una vegetación constituida por juncales (menos encharcados que los anteriores) y pastos como los (7) juncales de *Juncus effusus* (Comunidad de *Juncus effusus* y *Scutellaria*

Unidades cartográficas	Comunidades vegetales	S (ha)	%
Unidades cartográficas	Comunidades vegetales	S (ha)	%
Com. de <i>Potamogeton polygonifolius</i>	<i>Hyperico elodis-Potametum oblongi</i>	0.09	4.0
Com. de <i>Ranunculus omiophyllus</i>	<i>Ranunculetum omiophylli</i>	0.001	0.0
Juncal con esfagnos	<i>Erico tetralicis-Sphagnetum papilloso</i>	0.21	9.6
Juncal con <i>Rhynchospora alba</i>	<i>Eleocharitetum multicaulis-Rhynchosporetum albae</i>	0.21	9.4
Juncal con esfagnos y nartecios	Comunidad de <i>Sphagnum auriculatum</i> y <i>Narthecium ossifragum</i>	0.02	0.5
Juncal con <i>Eleocharis multicaulis</i>	<i>Eleocharitetum multicaulis</i>	0.001	0.1
Juncal de <i>Juncus effusus</i>	Comunidad de <i>Juncus effusus</i> y <i>Scutellaria minor</i>	0.01	0.6
Com. nitrófila de <i>Mentha pulegium</i>	Comunidad de <i>Mentha pulegium</i> y <i>Chamaemelum nobile</i>	0.002	0.1
Pastos acidófilos de <i>Danthonia decumbens</i>	<i>Jasiono laevis-Danthonietum decumbentis</i>	0.03	1.4
Pastos acidófilos de <i>Agrostis curtisii</i>	<i>Carici piluliferae-Agrostietum curtisii</i>	0.05	2.3
Helechal sobre pasto acidófilo	Comunidad de <i>Pteridium aquilinum</i> (<i>Jasiono-Danthonietum decumbentis</i>)	0.08	3.4
Helechal sobre matorral de otea	Comunidad de <i>Pteridium aquilinum</i> (<i>Ulici gallii-Ericetum ciliaris subas. ericetosum tetralicis</i>)	0.47	20.9
Matorral de otea higrófilo con brezo de turbera	<i>Ulici gallii-Ericetum ciliaris ericetosum tetralicis</i>	1.06	47.4
Terrenos erosionados	Terrenos erosionados	0.01	0.3
		2.24	100

Tabla 1. - Unidades cartográficas, comunidades vegetales, superficie y porcentaje.

DH	Descripción	S (Ha)	%
0000	Hábitat no incluido en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE	0.01	0.3
4020*	Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de <i>Erica ciliaris</i> y <i>Erica tetralix</i>	1.53	68.3
6230*	Formaciones herbosas con <i>Nardus</i> , con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de la Europa continental)	0.16	7.1
6410	Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (<i>Molinia caeruleae</i>)	0.01	0.6
7140	"Mires" de transición	0.32	14.3
7150	Depresiones sobre sustratos turbosos del <i>Rhynchosporion</i>	0.21	9.4
		2.24	100

Tabla 2. - Hábitats de interés y prioritarios (éstos con asterisco).

Unidad cartográfica	Estado conservación de los hábitats *			
		Fav.	Inad.	Mal.
1 Com. de <i>Potamogeton polygonifolius</i> [7140]			100	
2 Com. de <i>Ranunculus omiophyllus</i> [7140]			100	
3 Juncal con esfagnos [7140]		21	79	
4 Juncal con <i>Rhynchospora alba</i> [7150]		100		
5 Juncal con esfagnos y nartecios [7140]			98	2
6 Juncal con <i>Eleocharis multicaulis</i> [7140]			100	
7 Juncal de <i>Juncus effusus</i> [6410]			100	
8 Com. nitrófila de <i>Mentha pulegium</i> [0000]			100	
9 Pastos acidófilos de <i>Danthonia decumbens</i> [6230*]			100	
10 Pastos acidófilos de <i>Agrostis curtisii</i> [6230*]		100		
11 Helechal sobre pasto acidófilo [6230*]		86	14	
12 Helechal sobre matorral de otea [4020*]		87	13	
13 Matorral de otea higrófilo con brezo de turbera [4020*]		83	17	
14 Terrenos erosionados [0000]				100

Tabla 3. - Estado de conservación de los hábitats. *(Fav.: favorable; Inad.: inadecuado; Mal: malo).

minor), muy puntuales y situados en zonas menos encharcadas y caracterizados por especies propias de áreas encharcadas de medios turbosos como *Juncus effusus* L., *J. acutiflorus*, *Wahlenbergia hederacea* (L.) Reichenb., *Galium palustre* L. y *Lotus pedunculatus* Cav., mostrando una cierta heterogeneidad florística, debido al distinto grado de encharcamiento que condiciona el desarrollo de la flora; (8) Comunidad nitrófila de *Mentha pulegium* (Comunidad de *Mentha pulegium* y *Chamaemelum nobile*), muy puntual, bastante eutrofizado y en cuyas orillas limo-arenosas se desarrolla una comunidad de *Mentha pulegium* L. y *Chamaemelum nobile* (L.) All. Las comunidades herbáceas no higrófilas están representadas por (9) pastos acidófilos de *Danthonia decumbens* (*Jasione laevis*-*Danthonietum decumbentis*), densos, dominados por gramíneas acidófilas como *Agrostis capillaris* L., *Festuca nigrescens* Lam. subsp. *microphylla* (St.-Yves) Markgr.-Dannenb., *Danthonia decumbens* (L.) DC. que ocupan pequeñas superficies en las orlas del humedal y en los claros de los brezales, en posiciones más secas y por (10) pastos acidófilos de *Agrostis curtisii* (*Carici piluliferae*-*Agrostietum curtisii*) donde es frecuente también la presencia de *Festuca nigrescens* subsp. *microphylla*, *Agrostis capillaris* y *Danthonia decumbens*, que se instalan en las zonas más secas de los claros de los brezales que orlan el barranco situado más al norte del humedal.

Los matorrales y helechales ocupan amplias superficies. Los (11) helechales sobre pasto acidófilo (*Jasione laevis*-*Danthonietum decumbentis*) forman comunidades con gran recubrimiento del helecho *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn que se desarrollan sobre superficies marginales del humedal, en zonas de poca pendiente o casi llanas y más secas. Las especies dominantes son, además del helecho, las propias de los pastos acidófilos montanos con dominancia de *Festuca nigrescens* subsp. *microphylla*, *Agrostis capillaris* y presencia de *Agrostis curtisii* Ker-guélen. Los (12) helechales sobre matorral de otea (*Ulici gallii*-*Ericetum ciliaris* subasoc. *ericetosum tetralicis*) son

mosaicos del helecho *Pteridium aquilinum* y del matorral *Ulex gallii*. Las especies dominantes son, además de las anteriores, *Erica cinerea* L., *Agrostis curtisii*, *Pseudarrhenatherum longifolium* (Thore) Rouy, *Festuca nigrescens*, *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. y *Danthonia decumbens*. También están presentes, aunque mucho menos abundante que las anteriores, *Erica tetralix* y *Erica ciliaris*. Los (13) matorrales de otea higrófilos con brezo de turbera (*Ulici gallii*-*Ericetum ciliaris* subasoc. *ericetosum tetralicis*) son matorrales de *Ulex gallii* y *Erica tetralix*, más o menos densos, que se desarrollan principalmente en las laderas del entorno de las zonas paraturbosas. Otras especies presentes son *Pseudarrhenatherum longifolium*, *Erica cinerea*, *Erica vagans* L., *Brachypodium pinnatum*, *Pteridium aquilinum*, *Festuca nigrescens* y *Agrostis curtisii*.

En el trabajo de campo se ha observado la presencia de ganado equino dentro del cierre, antes de instalar el cierre interior y los portillos. No obstante, la presión ganadera no es excesiva y se ven ovejas y yeguas pastando en las comunidades herbáceas, fuera de los enclaves higróturbosos, aunque es frecuente el tránsito y la permanencia en las proximidades de las comunidades higróturbosas, en muchos casos a la búsqueda de agua.

Se han caracterizado 13 comunidades vegetales en el enclave y se representan en el mapa de vegetación (Fig. 3). Estos resultados se resumen en una tabla (Tabla 1).

En el periodo 2013-2015, no se han observado modificaciones que den lugar a cambios en la cartografía.

Hábitats

Los hábitats de interés de la Directiva 92/43/CEE son cinco (Tabla 2), dos de ellos prioritarios, que en conjunto ocupan la práctica totalidad de la superficie de la turbera (99,7%). Los dos prioritarios, 4020* y 6230* corresponden respectivamente a los brezales cantábricos higrófilos y a los pastos acidófilos (de *Agrostis curtisii* o *Danthonia*

Mapa de Hábitats de Alkurruntz E: 1:1.100

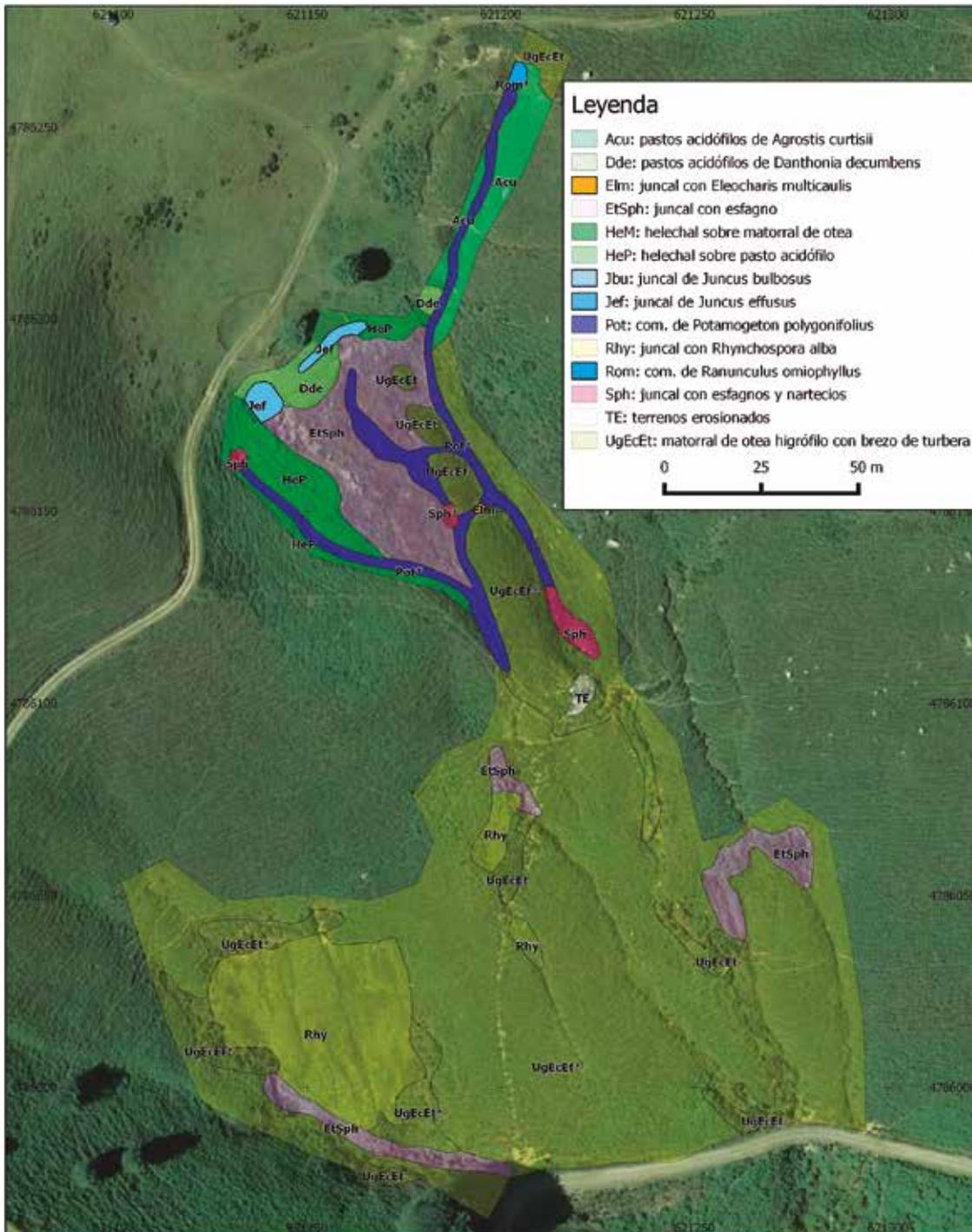


Fig. 3. - Mapa de vegetación.

decumbens) y suponen un 75,4% de la superficie del enclave. Los juncales de *Juncus acutiflorus* y *J. effusus* se incluyen en el hábitat 6410, ocupando superficies muy reducidas que únicamente suponen el 0,6%. La vegetación más característica de turberas, integrada en los hábitats 7140 y 7150, ocupa un 23,7% de la superficie.

Estado de conservación de los hábitats

El estado de conservación de los hábitats naturales se ha evaluado en tres categorías (Tabla 3): favorable, inadecuado y malo. La mayor parte de los hábitats más característicos de medios paraturbosos o higraturbosos presentan un estado inadecuado [7140, 6410] exceptuando algunos

recintos de juncos con esfagnos [7140] y los juncales de *Rhynchospora alba* [7150] cuyo estado es favorable. Por otra parte, los hábitats del entorno de los anteriores como los pastos acidófilos [6230*] y helechales sobre pastos acidófilos [6230*] presentan un estado favorable o inadecuado, dependiendo de si la presión ganadera es adecuada o excesiva. Los helechales sobre matorrales de otea [4020*] y los matorrales de otea higrofilos [4020*] presentan un estado principalmente favorable.

El estado de conservación global es entre favorable e inadecuado; tiende a ser más favorable en los recintos del mapa de vegetación mayores y más inadecuado en los más reducidos, directamente asociados al agua o a zonas de mayor humedad. El pisoteo de las yeguas ocasiona, a priori, un impacto negativo en estas comunidades, aun-

que en años posteriores se podrá evaluar, en cierto modo, la evolución de estas zonas. El ganado va a beber a las regatas y es inevitable que se produzca este efecto. En la parte del enclave teóricamente acotada al ganado (se ha observado ganado en el interior del cierre) hay algunas zonas pisoteadas en zonas de acceso a varios puntos de agua; también hay otras zonas infrapastoreadas donde se ha producido un importante desarrollo de la biomasa de la vegetación, que parece influir negativamente en la evolución de las comunidades vegetales típicas del enclave.

Cuadrados permanentes

Los 12 cuadrados permanentes se establecieron en 4 zonas de interés de hábitats higroturbosos (Fig. 4), haciendo tres réplicas, y se muestrearon en 2013 y 2015 (Fig. 5).

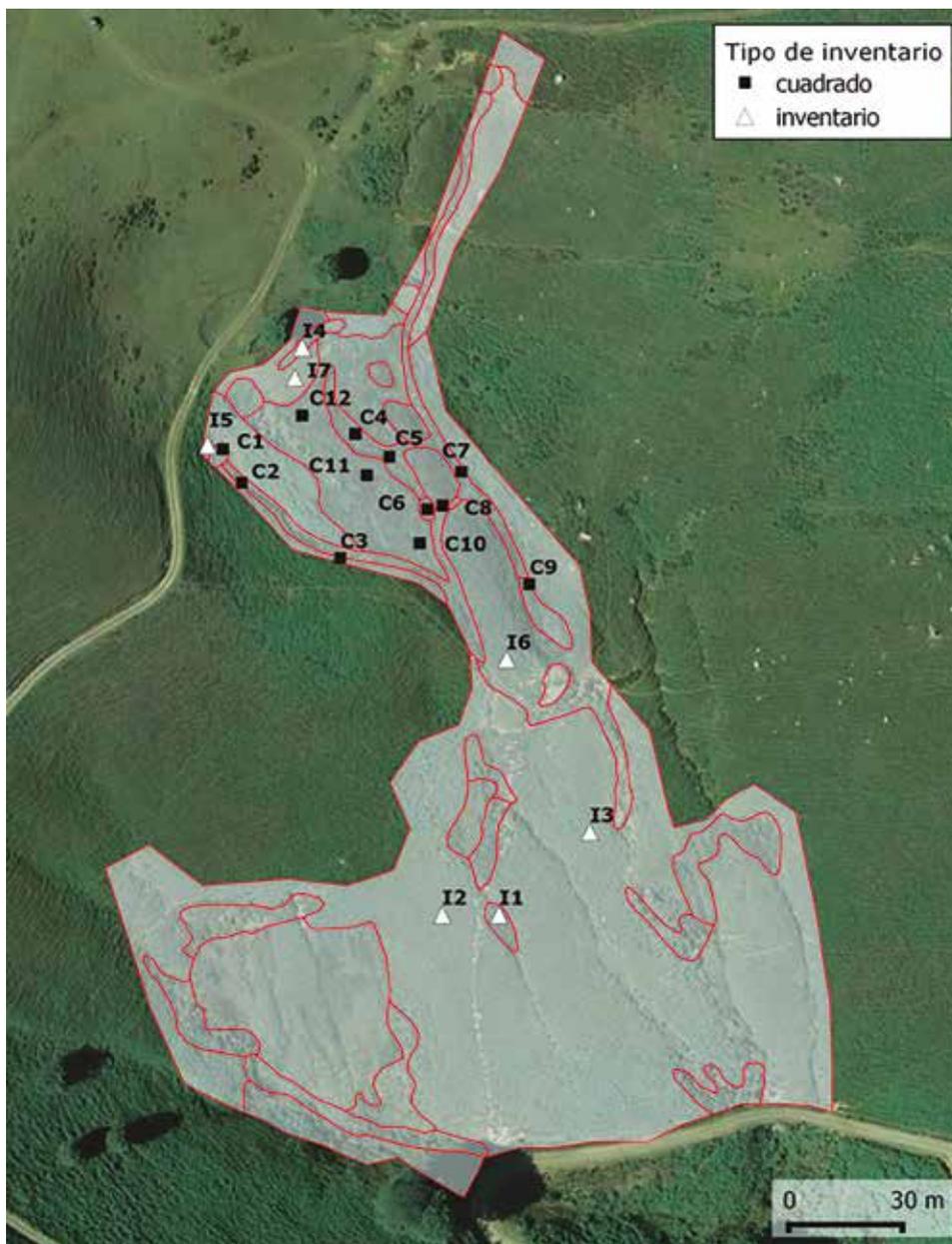


Fig. 4. - Cuadrados permanentes e inventarios.

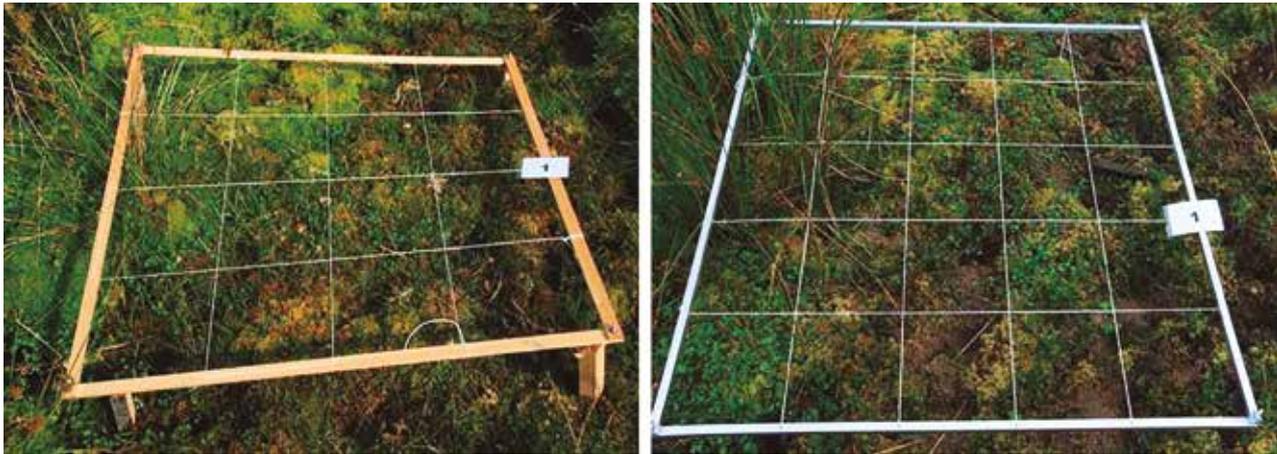


Fig. 5. - Ejemplo de cuadrado permanente en 2013 y 2015.

En relación a los cuadrados permanentes cabe realizar las siguientes consideraciones agrupadas por tipos de hábitats:

- Comunidad de juncuales con esfagno y nartecios (Com. de *Sphagnum auriculatum* y *Narthecium ossifragum*) (cuadrados 1, 7 8 y 9). Es difícil establecer conclusiones para esta comunidad, donde los datos no son concluyentes y en algunos casos contradictorios. En el cuadrado permanente 1, fuera de la zona vallada, sigue estando presente el pisoteo por ganado y la presencia de agua varía con los años; se observa un incremento de los esfagnos como nota positiva destacable, pero en general con menor cobertura. Dentro del vallado, la dinámica es muy diferente. En algunos cuadrados –sin aprovechamiento por el ganado–, el incremento de *Molinia caerulea* es notable (C7, C9), en otros (C8) sucede lo contrario. Se observa bajo *Molinia caerulea* un buen desarrollo de esfagnos. El agua fluye oculta entre la vegetación. Es evidente, como tendencia, que la ausencia de aprovechamiento ganadero provoca un aumento notable de algunas gramíneas, y si el agua se mantiene, algunas especies típicas siguen estando presentes y otras desaparecen, ya de por sí con bajas coberturas.
- Comunidad de *Potamogeton polygonifolius* (*Hyperico elodis*-*Potametum oblongi*) (cuadrados 2, 3, 4 y 5). En general se puede decir –incluyendo los cuadrados del exterior al vallado y los situados dentro de él– que en esta comunidad la cobertura vegetal se mantiene de manera similar a los datos recabados en 2013, con leves variaciones. Cuando hay ausencia de agua corriente tiende a disminuir la presencia de *Potamogeton polygonifolius* (C2), y se produce un aumento de la cobertura de esfagnos. Resulta interesante el reclutamiento de nuevas especies de turbera, destacando *Rhynchospora alba* entre ellas.
- Juncal con *Eleocharis multicaulis* (*Eleocharitetum multicaulis*) (cuadrado 6). Es el único juncal de estas características. Existe una disminución de la cobertura vegetal, y la mayor presencia de agua puede explicar

un descenso de esfagnos y, por el contrario, un incremento de *Drosera rotundifolia* L.

- Juncal con esfagnos (*Erico tetralicis*-*Sphagnetum papilloso*) (cuadrados 10, 11 y 12). Se atestigua la presencia de ganado por los excrementos, pero es evidente que el vallado, con acceso controlado a los animales, ha supuesto un incremento muy notable de *Molinia caerulea*, en la mayoría de los casos acompañado del descenso del resto de las plantas y especialmente de esfagnos, que han reducido su cobertura. La cobertura vegetal se aproxima al 100%.

Flora singular

En el conjunto de cuadrados, inventarios y observaciones se han registrado 39 taxones, de los que 1 es un briofito; hay además varias observaciones correspondientes a *Sphagnum* spp. Se han observado 3 nuevas especies (*Carex caryophyllea* Latourr., *Hypochaeris radicata* L., *Juncus inflexus* L.) respecto a las citadas por Heras *et al.* (2006, 2011) y 37 no se han observado en este trabajo. En el conjunto del enclave se han registrado desde 2006 hasta la actualidad 78 taxones.

Se han observado las 3 especies singulares de flora vascular del enclave: *Rhynchospora alba* (18 observaciones), *Pinguicula lusitanica* L. (9) y *Soldanella villosa* Darraq ex. Labarrère (4).

Buena parte de estas poblaciones se localizan fuera del recinto vallado. A excepción de *Drosera rotundifolia* que se encuentra, además, ampliamente distribuida por el enclave, *Rhynchospora alba* y *Pinguicula lusitanica* sólo tienen una buena representación en los juncuales con *Rhynchospora alba*, principalmente en el sudoeste, donde abundan localmente, sobre todo *Pinguicula lusitanica*, que coloniza los pequeños taludes y promontorios desnudos, algo sombríos, junto a los cursos de agua. Por su parte, *Ranunculus omiophyllus* Ten. Vive en la cabecera norte del enclave y su población se prolonga hasta la entrada en el recinto vallado, donde se ve afectada por las frecuentes pisadas del paso de los animales. Si atendemos exclusivamente a la

singularidad de la flora, la porción más interesante desde este punto de vista se localiza en el tercio SW del enclave. *Soldanella villosa* es puntual, en una pequeña concavidad, cercana a las salpicaduras de agua en un ambiente sombrío. Fuera del enclave, también hay una población reducida de esta planta, lo mismo que en los taludes de un abrevadero en la ladera NW del monte Alkurruntz.

Se consideran especies indicadoras del hábitat de turbera las siguientes especies: *Anagallis tenella*, *Carex binervis* Sm., *C. echinata* Murray, *C. panicea* L., *Carum verticillatum* (L.) Koch, *Drosera rotundifolia*, *Eleocharis multicaulis*, *Erica tetralix*, *Festuca rivularis* Boiss., *Galium palustre*, *Juncus bulbosus* L., *Narthecium ossifragum* Huds., *Pinguicula grandiflora* Lam., *P. lusitanica*, *Potamogeton polygonifolius*, *Ranunculus omiophyllus*, *Rhynchospora alba*, *Wahlenbergia hederacea* y *Sphagnum* spp.

En 2015 se han observado las mismas especies de flora, si bien se advierte la presencia de algunas no detectadas en 2013 y, en algunas situaciones –diques– una mayor extensión del área ocupada por algunas de ellas. *Epilobium obscurum* Schreb. es novedad.

Actuaciones realizadas

En relación a la colocación de los diques transversales, ya adelantamos en 2014 (Remón y Lorda, 2014) que habían favorecido el crecimiento de determinadas plantas típicas de turbera, como *Potamogeton polygonifolius*. Durante 2015, volvemos a ver que esta planta sigue manteniéndose e incrementa su superficie, y se observa que en las zonas donde la lámina de agua se extiende, favorecida por la retención del agua, se anota el crecimiento de otras plantas típicas como *Rhynchospora alba*, *Drosera rotundifolia*, *Pinguicula grandiflora*, y en los márgenes *Pinguicula lusitanica*.

La construcción del cierre interior consistió en dividir el enclave, que ya estaba cercado, en dos partes, mediante un cierre lineal interior de 120 m. Este cierre separa la zona NE y S, de menor superficie, por donde transcurre una pequeña regata y hay una toma de agua y un depósito del resto del enclave, de mayor superficie. Este cierre ha favorecido una menor presión del ganado sobre el humedal, donde se ha observado un menor pisoteo y excrementos. En nuestra visita de 2015, el portillo de madera que da acceso al recinto vallado de mayor superficie se encontraba abierto, y sin embargo las afecciones al humedal no fueron especialmente llamativas. Es evidente que la permeabilidad del recinto, favoreciendo la entrada del ganado, limita y controla muchas especies que pueden llegar a sofocar las típicas de las turberas. En este sentido, hemos anotado, en la zona excluida, junto a la pequeña regata y toma de agua más su depósito, un incremento notable de *Molinia caerulea*, ocultando las especies típicas de la turbera (cuadrados permanentes 7 y 9). Es necesario un manejo adecuado de la entrada y salida del ganado, a fin de controlar la vegetación, evitando el excesivo pisoteo y la eutrofización del enclave.

En 2013 se procedió a la eliminación mediante motodesbrozadora de parte de los matorrales de *Ulex gallii*, que

colonizaban un pequeño promontorio dentro del vallado, así como en otros lugares dentro del cercado. En 2015, se observó el rebrote de *Ulex gallii*, junto con la presencia de numerosas plantas típicas de estos brezales: *Brachypodium pinnatum*, *Pteridium aquilinum*, *Agrostis curtisii*, *Erica cinerea*, *E. ciliaris*, *E. vagans* y *Pseudoarrhenatherum longifolium*. Son dominantes *Brachypodium pinnatum* y *Pteridium aquilinum*, y en menor proporción *Pseudoarrhenatherum longifolium* y *Agrostis curtisii*. La cobertura de *Ulex gallii* es del 50%. Conviene hacer un seguimiento en el tiempo de esta actuación para poder hacer una valoración precisa de su efectividad.

Afecciones

En general, todos los ambientes higróturbosos muestran una dinámica muy particular, al ser dependientes de la presencia de agua –variable de año a año– y, entre otras cuestiones, de la gestión ganadera, al estar incluidos en ambientes ganaderos de explotación tradicional. Es por ello, que las conclusiones deben tomarse con cierta cautela cuando se presenta la situación estática del enclave en un determinado momento, por lo que se requiere un estudio a más largo plazo, principalmente para conocer la efectividad de las medidas adoptadas.

En términos generales, el enclave de Alkurruntz muestra en 2015 una situación muy parecida a la anotada en 2013 y 2014.

En la zona externa al cercado, la presencia de ganado es similar y las comunidades vegetales muestran idéntico aspecto, no habiendo cambiado nada sustancialmente. En esta zona, a favor de los pequeños arroyos que recorren la ladera, es donde se han instalado los diques, y sus efectos son variables. Sí hemos observado una mayor presencia de *Potamogeton polygonifolius* (*Hyperico-Potametum*), que ya adelantábamos en 2014. A su vez, parece que la retención de agua, en alguna zona con menor pendiente, está favoreciendo el crecimiento o la cobertura de plantas como *Rhynchospora alba*, *Drosera rotundifolia*, *Pinguicula grandiflora*, o la catalogada *Pinguicula lusitanica*.

El cercado, que se ha mejorado en su instalación, permite, cuando los portillos están abiertos, el acceso de los animales a su interior, por lo que las comunidades herbáceas se ven afectadas, tanto en cuanto a su consumo, pisoteo y la banalización de la flora más singular por el aumento de la eutrofización. Sin embargo, la restricción en la entrada y una correcta gestión pueden ayudar a controlar la flora –*Molinia caerulea*, *Juncus* spp.– con la consiguiente mejora del hábitat. En este sentido, hemos observado como la zona excluida al acceso de los animales, dentro ya del cercado, ha producido un aumento importante de *Molinia caerulea*, que oculta la flora típica de turberas, pudiendo tener algún efecto no deseable, como su infravaloración (cuadrado permanente 9). También hay que anotar que los animales tienden a moverse por las áreas de juncuales, y las afecciones a las comunidades turfófilas no parecen relevantes.

No se observa un excesivo aprovechamiento de la turbera por parte del ganado.

BIBLIOGRAFÍA

Heras, F. T., Infante, M., Martínez, L. M., Biurrun, I., Campos, J. A., 2006. Cartografía y Bases Técnicas para la Gestión de Turberas. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra, S. A. Informe técnico, Pamplona.

Peralta, J., Biurrun, I., García-Mijangos, I., Remón, J. L., Olano, J. M., Lorda, M., Loidi, J., Campos, J. A., 2013. Manual de Hábitats de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra S. A. Gobierno de Navarra, Pamplona.

Peralta, J., Biurrun, I., Campos, J. A., Lorda, M., Remón, J. L., Berastegi, A., 2016 Caracterización y cartografía de los hábitats de las turberas de Navarra en el proyecto LIFE Tremedal. XI Coloquio Internacional Bot. Pir.-Cantábrica, Navarra.

Remón, J. L., Lorda, M., 2013. Estudio del estado inicial de flora y hábitats del enclave de Alkurruntz (Baztan, Navarra). Gestión Ambiental de Navarra S. A. Gobierno de Navarra, Pamplona. Informe Técnico.

Remón, J. L., Lorda, M., 2014. LIFE Tremedal (LIFE11/NAT/ES/707). Flora y hábitats de turberas y zonas paraturbosas de Navarra. Informe de seguimiento de los trabajos realizados en Alkurruntz en 2014. Gestión Ambiental de Navarra S. A., Pamplona. Informe técnico.

Remón, J. L., Lorda, M., 2015. LIFE Tremedal (LIFE11/NAT/ES/707). Flora y hábitats de turberas y zonas paraturbosas de Navarra. Informe de seguimiento de los trabajos realizados en Alkurruntz en 2014. Gestión Ambiental de Navarra S. A., Pamplona. Informe técnico.

Cartografía diacrónica: estabilidad y cambios en la vegetación de Rasos de Peguera (Prepirineos Orientales), 1956-2014

Diachronic cartography: stability and changes in the vegetation of Rasos de Peguera (Eastern Pre-Pyrenees), 1956-2014

Marc Montes¹, Ignasi Soriano²

¹ Parany 48, E-08600 Berga, Barcelona. (marcmontes77@gmail.com)

² Dpt. de Biología Evolutiva, Ecología i Ciències ambientals; Secció de Botànica i Micologia. Diagonal 643. 08028 Barcelona. (isoriano@ub.edu) [Autor para correspondencia]

RESUMEN

Se analizan mediante cartografía diacrónica los cambios producidos en la vegetación del macizo de Rasos de Peguera (2.057 msnm, Prepirineos orientales) en el periodo 1956-2014. El estudio abarca el espacio protegido del mismo nombre (1.008 ha), la estación de esquí de Rasos de Peguera y los alrededores del pueblo abandonado de Peguera (295 ha).

Con ArcMap se elaboraron mapas fisiognómicos para 1956 y 2014 con siete unidades de vegetación: bosques, matorrales, pastizales, zonas húmedas, cultivos, roquedos + pedregales y núcleos urbanos. El mapa de 1956 se elaboró por fotointerpretación, y el de 2014 se derivó de un mapa de hábitats Corine levantado este mismo año. Ambos se combinaron para generar mapas de transiciones, así como para cuantificar las transformaciones detectadas.

La comparación de las coberturas de 1956 y 2014 revela un predominio de las áreas estables (63%). Los cambios sucesionales progresivos (incrementos de complejidad de la vegetación) afectan a un 35% del territorio, y solo un 2% experimenta cambios regresivos. Las principales transformaciones son de pastos en bosques (310,9 ha) y las derivadas del abandono de cultivos, que pasan principalmente a pastos (49,1 ha); los cambios regresivos más relevantes están relacionados con talas de bosques (25,1 ha en total). Se detectan asimismo diferencias significativas entre la zona no protegida y la protegida, la cual presenta mayor proporción de superficie estable (65% frente a 56,2%). Tales dinámicas se corresponden en general con las observadas en áreas pirenaicas de altitud y fisiografía similares.

PALABRAS CLAVE: Pirineos orientales, paisaje vegetal, dinámica de la vegetación, espacios protegidos, cartografía diacrónica.

ABSTRACT

We analyse here the changes occurring in the vegetation of Rasos de Peguera Massif (2,057 m a.s.l., Eastern Pyrenees) in the period 1956-2014, by means of diachronic cartography. Our study includes a protected area (the Space of Natural Interest of Rasos de Peguera, 1,008 ha), the ski resort of Rasos de Peguera and the surroundings of the abandoned village of Peguera (295 ha).

Physiognomic maps for 1956 and 2014 were elaborated with ArcMap. Seven vegetation units were considered: forests, shrublands, pastures, wetlands, crops, rocks and scree, and small villages. The 1956 map was produced by photointerpretation, while the 2014 map was derived from a Corine habitats map made the same year. Both were combined to generate transition maps, as well as to quantify surface changes.

The comparison of the coverages of 1956 and 2014 shows a preponderance of stable areas (63%). Progressive successional changes (increase of vegetation complexity) affect 35% of the territory, and only 2% undergo regressive changes. The transitions the most widespread are pastures in forests (310.9 ha), and those related to the crops abandonment, which become mainly pastures (49.1 ha). The regressive changes the most relevant are related to logging (25.1 ha). In addition, significant differences are detected among unprotected and protected areas, which have greater proportion of stable surfaces (65% vs. 56.2%). Such dynamics are analogous to those observed in Pyrenean areas similar in altitude and physiography.

KEY WORDS: Eastern Pyrenees, vegetal landscape, vegetation dynamics, protected areas, diachronic cartography.

INTRODUCCIÓN

Los Rasos de Peguera son uno de los macizos prepirenaicos más meridionales que superan los 2.000 m de altitud. Albergan una notable representación de comunidades vegetales características de la alta montaña pirenaica (pinares de *Pinus uncinata* Ramond ex DC., pastos calcícolas de la alianza *Festucion scopariae* Br.-Bl. 1948, cervunales de la alianza *Nardion strictae* Br.-Bl. 1926...), que en ciertos casos alcanzan aquí su límite sur. Por estos motivos, y también por sus valores paisajísticos, en 1992 las partes medias y altas del macizo fueron declaradas Espacio de Interés Natural (EIN; DDAA, 1996), y posteriormente inclui-

das en la propuesta catalana de red Natura-2000 (Acuerdo GOV/112/2006, DOGC).

Durante la primera mitad de 2014 y como parte del Trabajo final del Grado de Biología, el primer autor elaboró un mapa de hábitats Corine a 1:10.000 del EIN, bajo la tutoría del segundo. El trabajo incluyó además un análisis de los cambios ocurridos en la vegetación de la zona durante los últimos 60 años (periodo 1956-2014) mediante técnicas de cartografía diacrónica. Para esta segunda parte, cuyos resultados más relevantes presentamos aquí, se estudiaron también dos zonas adyacentes al EIN con impactos antrópicos aparentemente más intensos: la estación de esquí

de Rasos de Peguera y los alrededores del pequeño núcleo abandonado de Peguera.

Nuestro estudio entronca con otros similares efectuados en diferentes áreas pirenaicas por autores vinculados a la Universidad de Barcelona, presentados en ediciones anteriores del Coloquio de Botánica pirenaico-cantábrica (Monje, 2003; Puente *et al.* 2011). Todos ellos han permitido caracterizar, cuantificar y, en general, mejorar el conocimiento de las transformaciones que vienen experimentando los paisajes pirenaicos durante en estas últimas décadas, en pleno contexto de cambio global.

ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

1. Área de estudio

El macizo de Rasos de Peguera (2.057 msnm) se ubica en la zona meridional de los Prepirineos orientales, unos 10 km al NO de la ciudad de Berga (c. 700 msnm), en la cuenca alta del río Llobregat (Fig. 1). Su nombre alude a los extensos pastizales de las partes altas, así como a la pequeña población de Peguera (c. 1.600 msnm), hoy abandonada, ubicada al pie de la vertiente norte. Los sustratos están formados en su práctica totalidad por rocas carbonatadas (calizas bioclásticas, lutitas, margas, conglomerados...: http://betaportal.icgc.cat/visor/client_utfgrid_geo.html) que sustentan suelos de pH próximo a la neutralidad. Con todo, en algunas áreas de las partes altas se aprecian fenómenos de descarbonatación y acidificación edáfica,

propiciados por las precipitaciones relativamente elevadas (sobre 900-1.000 mm anuales: ICC, 2008) y los periodos más o menos prolongados de innivación. La vegetación es la propia de los pisos montano y subalpino de las sierras prepirenaicas orientales (Montserrat-Recoder y Soriano, 1998; Vigo *et al.* 2003), con algunos elementos destacables, en particular los pinares acidófilos de la asociación *Rhododendro ferrugineae-Pinetum uncinatae* Rivas-Martínez *et al.* 1991 y los cervunales de la alianza *Nardion strictae*, así como una de las escasas poblaciones pirenaicas de la orquídea *Cypripedium calceolus* L.

La zona ha albergado secularmente explotaciones agrosilvopastorales, en progresivo declive en el transcurso de las últimas décadas. Por otra parte, hasta mediados del siglo pasado, los alrededores de Peguera fueron objeto de una intensa actividad minera (explotaciones de lignitos), y entre 1974 y 2004 funcionó una estación de esquí en la zona alta, hoy clausurada por problemas económicos y falta de nieve. Como se ha indicado, las partes medias y altas forman parte del Espacio de Interés Natural (EIN) Serra d'Ensija i Rasos de Peguera, así como de la propuesta catalana de red Natura-2000.

Para este trabajo se ha considerado una superficie total de 1.303 ha (ver Fig. 2), de las cuales 1.008 (con altitudes comprendidas entre 1.250 y 2.057 msnm) corresponden al EIN, y las 295 restantes al ámbito de la estación de esquí de Rasos de Peguera (1.900 - 2.050 msnm), y los alrededores de Peguera (1.500 - 1.800 m).

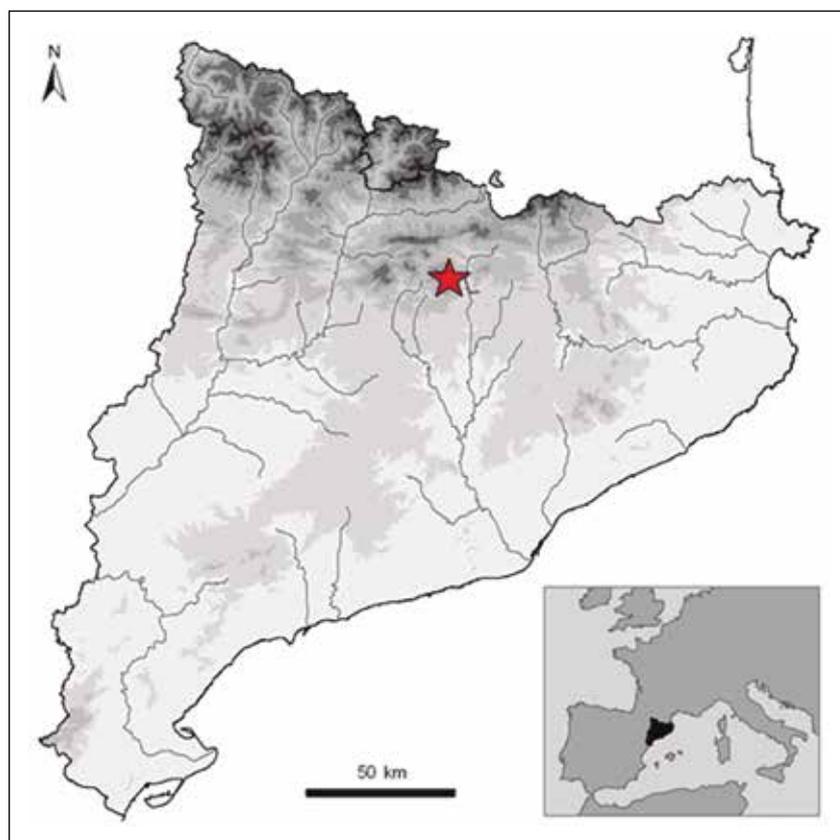


Fig. 1. - Situación del área estudiada en el contexto de Cataluña y Europa occidental.

2. Metodología

Nuestro estudio se apoya en dos mapas fisiognómicos de la vegetación del territorio para los años 2014 y 1956, elaborados con la ayuda del Sistema de Información Geográfica ArcMap (<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>). Se utilizó en ellos una leyenda de siete unidades, todas más o menos fáciles de distinguir en imágenes aéreas: bosques, matorrales, pastizales, zonas húmedas, campos de cultivo, roquedos + pedregales, y núcleos urbanos.

La cobertura del año 2014 (vegetación actual) se derivó del mapa de hábitats Corine del EIN a 1:10.000 antes mencionado, que se levantó entre junio y agosto de este mismo año combinando técnicas de fotointerpretación y prospecciones de campo. El resto del área se fotointerpretó, incorporando asimismo observaciones efectuadas en salidas *ad hoc* o durante el levantamiento del mapa de hábitats.

La cobertura de vegetación del año 1956 se elaboró a su vez mediante fotointerpretación de las imágenes aéreas de aquel año servidas por el Institut Cartogràfic de Catalunya (<http://www.icc.cat/vissir3/>). Para resolver dudas sobre ciertas zonas se consultaron fotos laterales antiguas conservadas en archivos locales, y en algunos casos se contactó con habitantes de la zona de edad avanzada.

Estas dos coberturas se combinaron para generar una tercera cobertura, el mapa de transiciones, con una leyenda de tres unidades:

- áreas con tendencia progresiva: aquellas que entre 1956 y 2014 experimentaron cambios sucesionales que conllevaron un incremento de complejidad de la vegetación (por ejemplo, transformación de pastos o matorrales en bosques).

- áreas con tendencia regresiva: los cambios sucesionales implicaron aquí una reducción del grado de complejidad de la vegetación (por ejemplo, paso de bosques a matorrales o pastos).

- áreas estables: sin cambios en la unidad inicial, o con cambios que no han modificado el nivel de complejidad (por ejemplo, transformación de pastos en zonas húmedas).

Los cambios de superficies entre las distintas unidades ocurridos durante el periodo considerado se caracterizaron y cuantificaron a partir de las tablas de atributos del mapa de transiciones. Éstas se exportaron a hojas Excel, sobre las cuales se realizaron diversos cálculos. Para el test estadístico χ^2 se utilizó RStudio (<https://www.rstudio.com/products/RStudio/>).

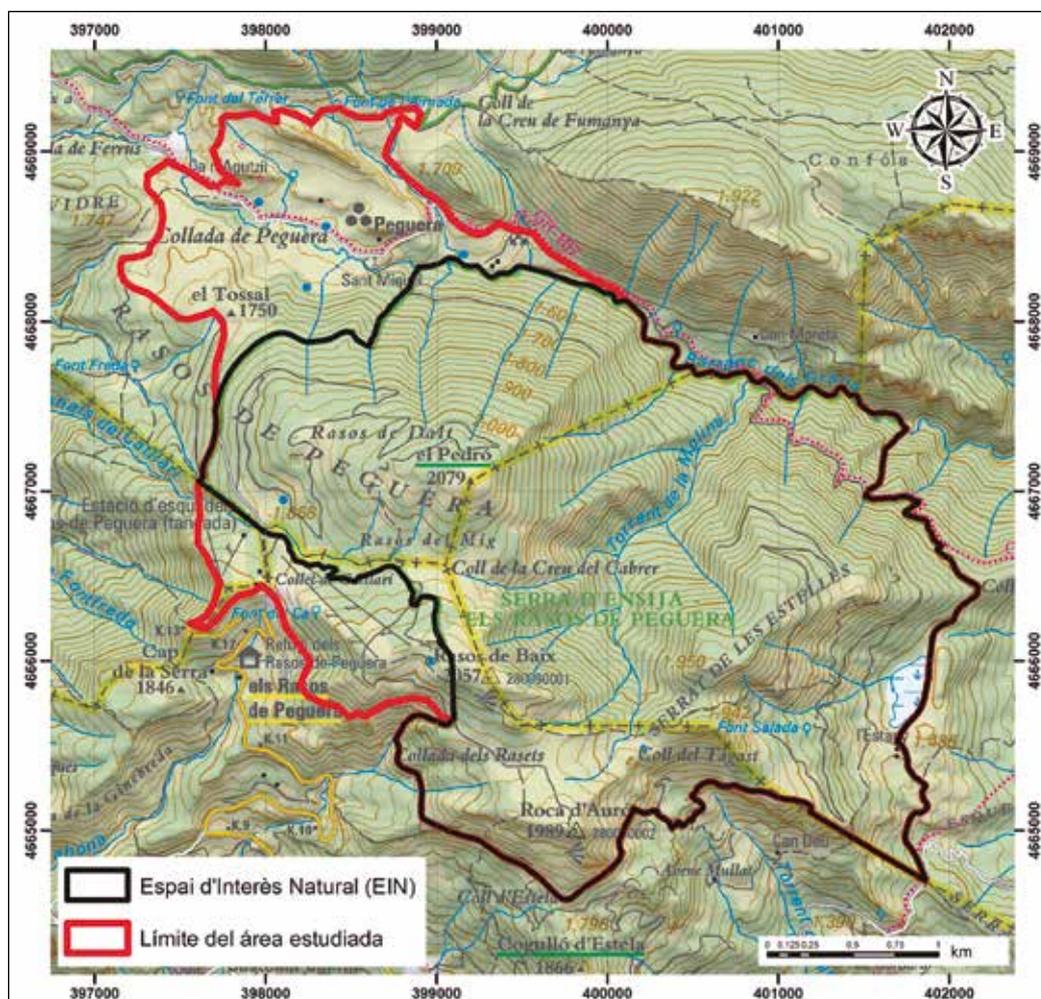


Fig. 2. - Mapa topográfico del área estudiada, con los límites del EIN. Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya (<http://www.icc.cat/vissir3/>), reelaborado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. El paisaje vegetal en 2014 y 1956

El mapa de vegetación actual (año 2014, Fig. 3) y los datos de la Tabla 1 muestran un paisaje eminentemente forestal, con casi un 75% del territorio ocupado por masas boscosas, porcentaje que se incrementa hasta un 82% en el EIN. Entre las masas forestales predominan los bosques de coníferas: pinares de *Pinus sylvestris* L. en las partes medias y bajas, sustituidos en altitud por bosques de *P. uncinata*, que se extienden casi hasta las zonas culminales. Entre estos bosques hay que señalar por su interés dos rodales de pinar acidófilo de pino negro con rododendro (*Rhododendro ferruginei-Pinetum uncinatae*) de algo más de 10 ha de extensión, situados en la Baga de Segalers y

en la umbria del Salabardar, localidades donde la comunidad alcanza su límite meridional en los Pirineos catalanes, y que indicarían procesos de decarbonatación y acidificación edáfica. Por otra parte, importantes extensiones de las vertientes norte y noreste se hallan cubiertas de hayedos y bosques mixtos de haya y pino silvestre. La existencia de una franja más o menos continua de bosques de coníferas facilita la pervivencia de la fauna propia de estos hábitats, incluida una pequeña población del emblemático urogallo (*Tetrao urogallus aquitanicus* (Ingram 1915)).

Aunque mucho menos extensos que los bosques, los pastos forman extensas manchas en todo el rango altitudinal del macizo, sobre una importante diversidad de suelos, hasta totalizar cerca de un 18% de la superficie; pese a la

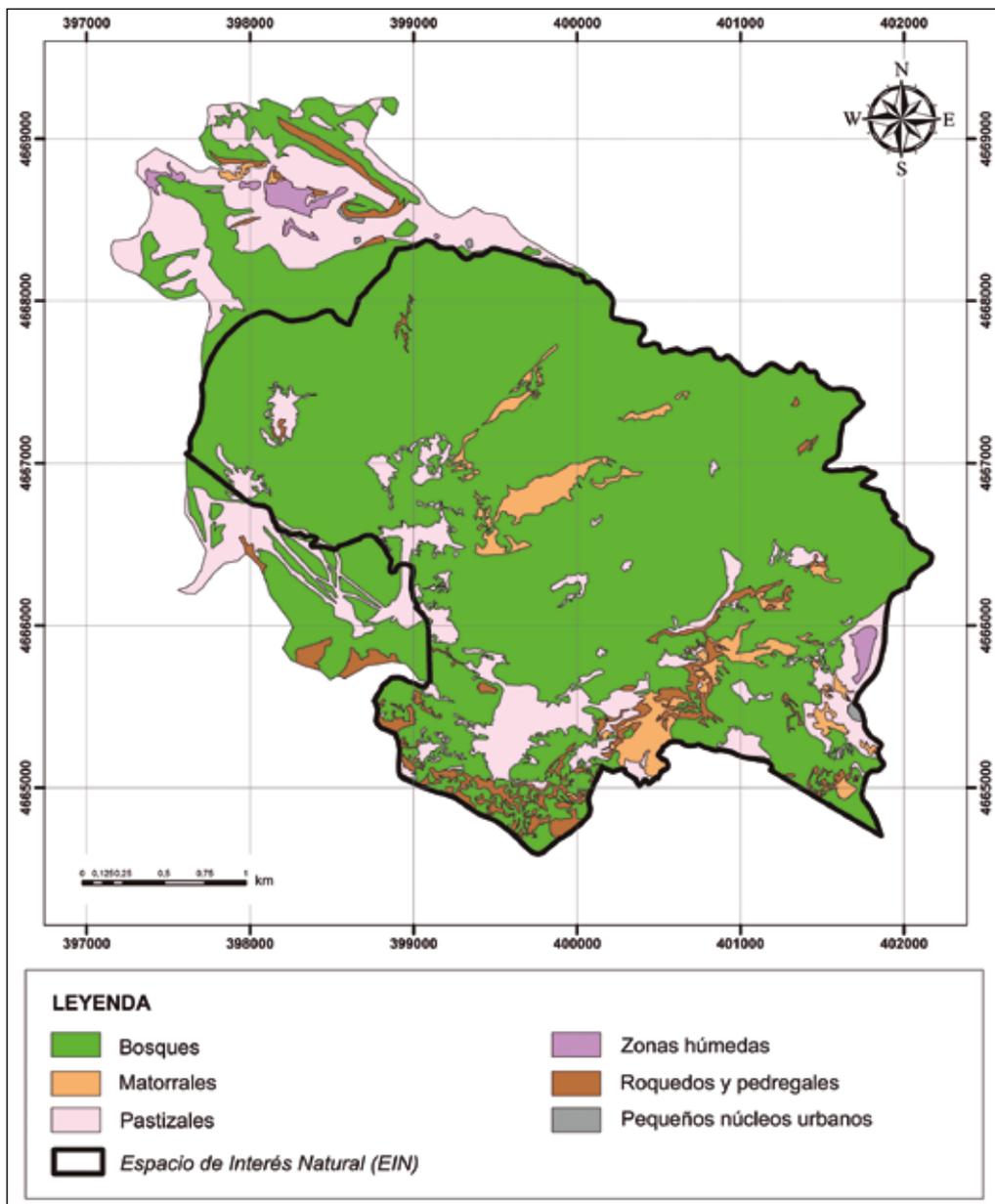


Fig. 3. - Mapa de unidades fisiognómicas de los Rasos de Peguera (2014).

Año 2014	EIN		Resto del territorio		TOTAL (ha)	
Bosques	829,0	(82,2%)	138,7	(47%)	967,7	(74,2%)
Matorrales	43,7	(4,3%)	1,4	(0,5%)	45,1	(3,5%)
Pastos	98,2	(9,7%)	131,6	(44,6%)	229,8	(17,6%)
Zonas húmedas	3,0	(0,3%)	8,2	(2,8%)	11,2	(0,9%)
Campos de cultivo	0	(0%)	0	(0%)	0	(0%)
Roquedos + pedregales	34,1	(3,4%)	14,0	(4,7%)	48,1	(3,7%)
Núcleos urbanos	0,8	(0,1%)	1,3	(0,4%)	2,1	(0,2%)
TOTAL (ha)	1008,8		295,2		1304,0	

Tabla 1. - Superficies (en hectáreas) y porcentajes con respecto al área total de las unidades fisiognómicas en el Espacio de Interés Natural (EIN), el resto del área estudiada y el conjunto del territorio (año 2014).

regresión de la ganadería, todavía albergan algunos rebaños, principalmente de vacuno. Destacan por su extensión los pastos calcícolas mesófilos y xeromesófilos (*Brometalia erecta* Br.-Bl. 1936; *Ononidetalia striatae* Br.-Bl. 1950), si bien en las depresiones y concavidades de las partes altas con suelos acidificados aparecen pequeñas manchas de cervunal (*Nardion strictae*). En las solanas menos pastadas, se aprecia una colonización progresiva de los pastos por diversas especies de arbustos, proceso del que resultan diferentes tipos de matorral. Las principales extensiones de vegetación arbustiva se localizan en las solanas meridionales (Rasets, Roc d'Auró y Serrat de les Estelles), formando parte de paisajes en mosaico, en el que bojedales (*Rhamno saxatilis-Buxetum sempervirentis* Tüxen 1952) o enebrales (*Juniperion nanae* Br.-Bl. 1939), a menudo salpicados de pinos, comparten protagonismo con rocas y canchales. Las dos últimas unidades presentes, zonas húmedas y núcleos urbanos, se ubican principalmente en las zonas medias-bajas y cubren cada una de ellas menos del 1% del territorio. En cuanto a los cultivos en activo, no existen desde hace algunas décadas.

Al retroceder hasta 1956 (Fig. 4 y 5, y Tabla 2), se aprecia un paisaje más diverso, con una mayor extensión y variedad de las formaciones no forestales. Los bosques cubrían entonces algo menos de la mitad del territorio; incluso en el futuro EIN, apenas superaban el 50% y había importantes extensiones de pastos (cerca del 35%), muchos de

los cuales se convertirían más adelante en bosques. En los alrededores de Peguera, aún habitada, y en la zona que años más tarde albergaría la estación de esquí, tenían una especial importancia las actividades agropecuarias: así lo demuestran la extensión de los pastos (cerca del 40%) y los campos de cultivo aún en activo (cerca del 15%). Otro dato de interés es la extensión de las zonas húmedas (9%) entre los pastos de los alrededores de Peguera, ocupadas probablemente por juncales y herbazales higrófilos. En cambio, fuera del futuro EIN, las masas forestales, aunque bastante extensas, tenían un papel secundario (algo menos del 30% de superficie).

Pese a todas estas diferencias entre los dos momentos, la tabla 3 muestra un territorio mayoritariamente estable (63%) en conjunto, con cambios principalmente de tipo progresivo (35%). En cuanto a los cambios regresivos, incluso en las áreas con actividad humana más intensa (fuera del EIN), la superficie afectada no supera el 5%. Conviene señalar que la proporción de áreas estables observadas en el EIN es superior a la del resto del territorio, más dinámico, y con porcentajes más altos tanto de áreas con tendencias regresivas como progresivas. Un Test χ^2 realizado sobre los datos de la Tabla 3 revela diferencias estadísticamente significativas entre el espacio protegido y el resto de la zona (p-valor=0, int. confianza=95%), atribuibles obviamente a la mayor intensidad de la acción antrópica fuera del EIN.

Año 1956	Futuro EIN		Resto del territorio		TOTAL (ha)	
Bosques	527,0	(52,2%)	83,1	(28,2%)	610,1	(46,8%)
Matorrales	51,6	(5,1%)	2,3	(0,8%)	53,9	(4,1%)
Pastos	360,4	(35,7%)	113,1	(38,3%)	473,5	(36,3%)
Zonas húmedas	0	(0%)	24,8	(8,4%)	24,8	(1,9%)
Campos de cultivo	12,0	(1,2%)	48,6	(16,5%)	60,6	(4,6%)
Roquedos + pedregales	57,0	(5,7%)	22,0	(7,4%)	79,0	(6,1%)
Núcleos urbanos	0,8	(0,1%)	1,3	(0,4%)	2,1	(0,2%)
TOTAL (ha)	1008,8		295,2		1304,0	

Tabla 2. - Superficies (en hectáreas) y porcentajes con respecto al área total de las unidades fisiognómicas en el futuro Espacio de Interés Natural (EIN), el resto del área considerada y el conjunto del territorio (año 1956).

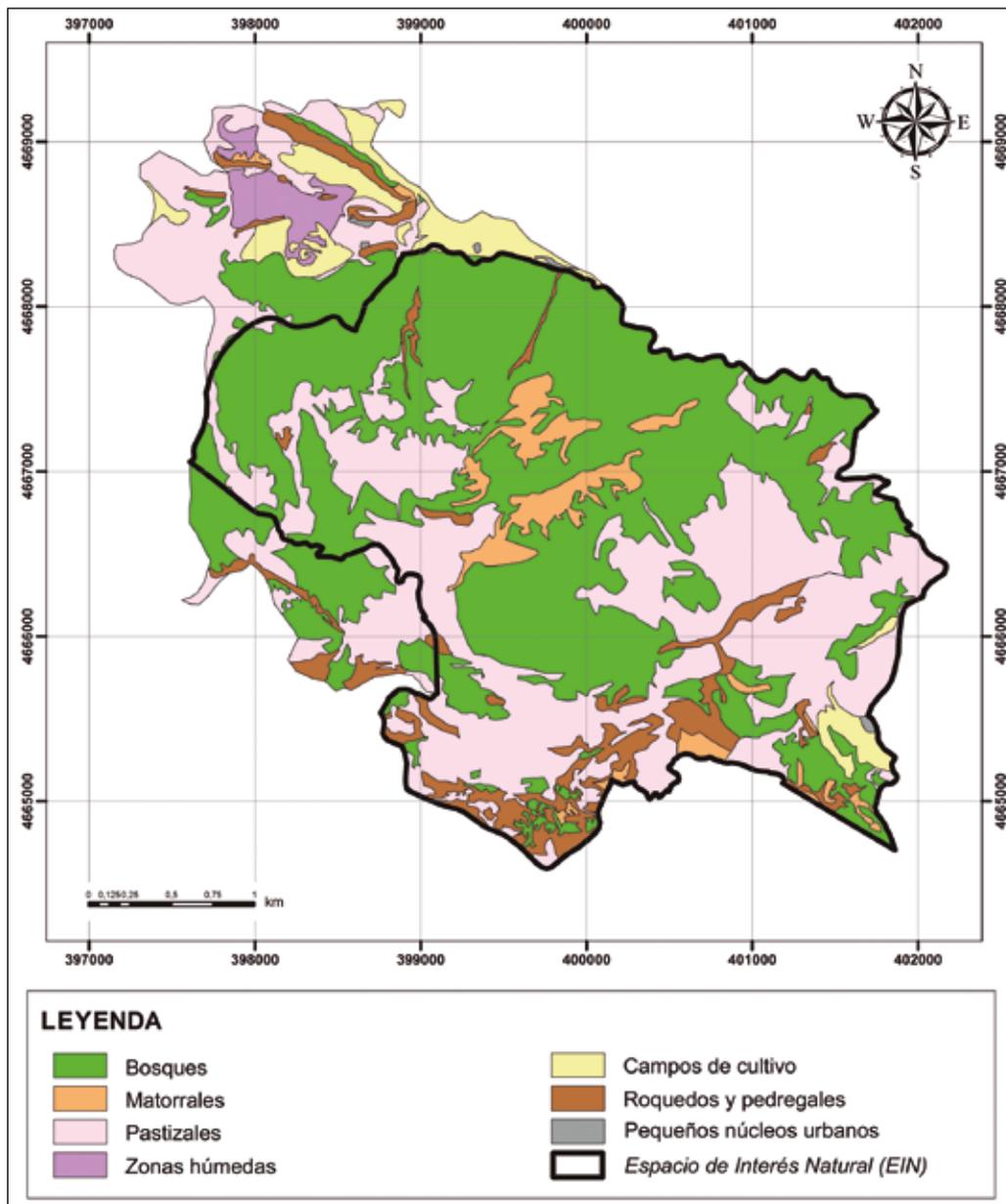


Fig. 4. - Mapa de unidades fisiognómicas de los Rasos de Peguera (1956).

2. Estabilidad, cambios y unidades de vegetación

Las dinámicas de las siete unidades de vegetación en el transcurso del periodo analizado dentro y fuera del EIN y en el conjunto del territorio, se resumen en las matrices de transición de las Tablas 4, 5 y 6. En ellas se han señalado con distintos colores las superficies consideradas estables, y las que han experimentado cambios progresivos o regresivos.

La principal extensión de áreas estables corresponde a bosques: 585,1 ha, es decir cerca de un 45% del área estudiada, el 71% de las áreas sin cambios, y el 95,9% de toda la superficie forestal en 1956. Siguen los prados y pastos, con 143 ha y un 17,3% de las zonas estables, si bien experimentan una importante regresión (solo se conserva el 30,2% de la superficie de 1956). Los roquedos y canchales (48,1 ha) totalizan a su vez un 5,8% del total de

zonas sin cambios y mantienen un 60,9% del área de 1956; otras 20,1 ha han pasado de zonas húmedas a pastos o viceversa. Por último, se incluyen también entre las áreas estables los pequeños núcleos de población, básicamente el mas del Estany y Peguera, hoy en día con gran parte de las edificaciones en estado ruinoso.

En cuanto a los cambios progresivos, el principal (y el segundo valor más alto en superficie), es la reforestación de pastos (310,9 ha), que supone cerca de dos terceras partes tanto de los cambios experimentados por esta unidad (65,7%), como del total de cambios progresivos (67,5%). Los procesos de reforestación han implicado también a matorrales (36,4 ha, un 67,4% de los cambios en esta unidad), e incluso áreas rocosas (24 ha, un 30,3%). Conviene matizar que no parecería esperable un retroce-

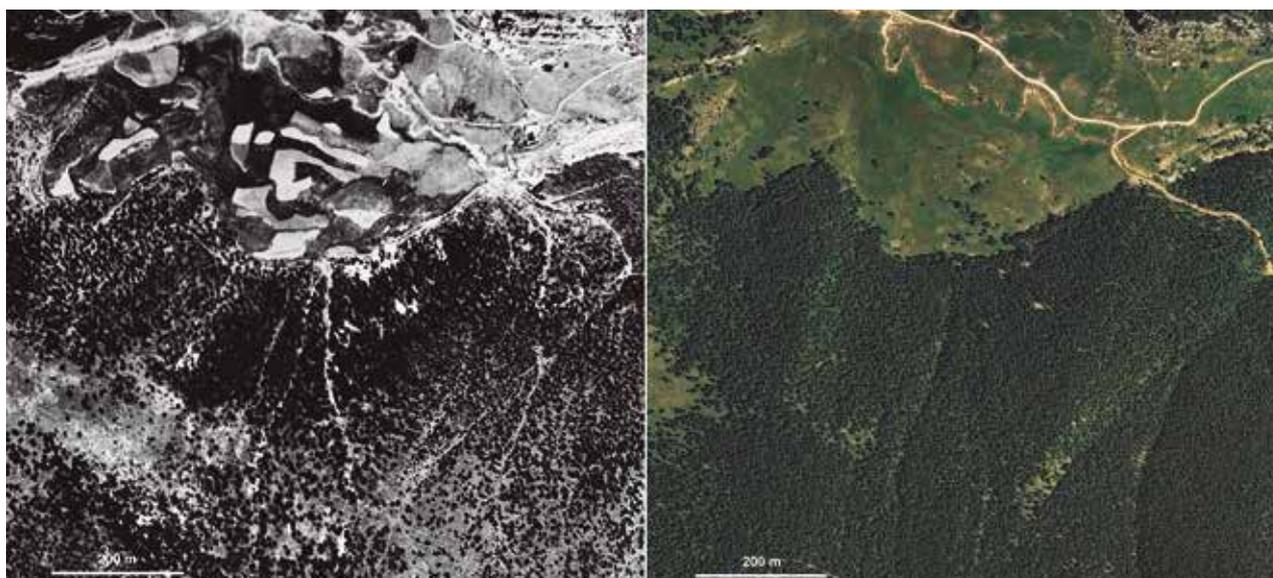


Fig. 5. - Ortoimágenes de 1956 (izq.) y 2014 (dcha.) del núcleo de Peguera (ángulo superior derecho) y zonas próximas (sector NO del área estudiada). Nótese la progresión y densificación de las masas forestales, así como el abandono de los campos de cultivo. Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya (<http://www.icc.cat/vissir3/>).

Tendencias	EIN		Resto del territorio		TOTAL (ha)	
Estable	656,1	(65%)	166,0	(56,2%)	822,1	(63%)
Progresiva	342,1	(33,9%)	114,4	(38,8%)	456,5	(35%)
Regresiva	10,6	(1,1%)	14,8	(5%)	25,4	(2%)
TOTAL (ha)	1008,8		295,2		1304,0	

Tabla 3. - Extensión (hectáreas) y porcentajes de áreas estables y áreas con cambios progresivos o regresivos dentro y fuera del EIN, y para el conjunto del territorio. Se observan diferencias significativas entre el EIN y el resto del territorio (Test χ^2 , p-valor=0, confianza=95%).

Conjunto del territorio	Unidades iniciales (1956)						
Unidades finales (2014)	BO	MA	PA	HU	CU	RP	NU
Bosques (BO)	585,1	36,4	310,8	1,9	9,5	24,0	0
Matorrales (MA)	5,5	17,2	15,1	0,8	1,8	4,8	0
Pastos (PA)	19,5	0,4	143,1	15,6	49,1	2,2	0
Zonas húmedas (HU)	0	0	4,5	6,5	0,2	0	0
Campos de cultivo (CU)	0	0	0	0	0	0	0
Roquedos + pedregales (RP)	0	0	0	0	0	48,0	0
Núcleos urbanos (NU)	0	0	0	0	0	0	2,1

Tabla 4. - Matriz de transiciones para el conjunto del territorio estudiado (superficies en hectáreas). El color amarillo indica áreas estables; el azul cambios progresivos, y el rojo cambios regresivos.

Espacio de Interés Natural (EIN)	Unidades iniciales (1956)						
Unidades finales (2014)	BO	MA	PA	HU	CU	RP	NU
Bosques (BO)	516,8	34,1	258,6	0	2,2	17,2	0
Matorrales (MA)	5,5	17,2	14,5	0	1,8	4,8	0
Pastos (PA)	4,7	0,4	84,2	0	8,0	0,9	0
Zonas húmedas (HU)	0	0	3,0	0	0,01	0	0
Campos de cultivo (CU)	0	0	0	0	0	0	0
Roquedos + pedregales (RP)	0	0	0	0	0	34,1	0
Núcleos urbanos (NU)	0	0	0	0	0	0	0,8

Tabla 5. - Matriz de transiciones para el EIN (superficies en hectáreas). Amarillo indica áreas estables; azul, cambios progresivos y rojo, cambios regresivos.

Área no protegida	Unidades iniciales (1956)						
	BO	MA	PA	HU	CU	RP	NU
Unidades finales (2014)							
Bosques (BO)	68,3	2,3	52,2	1,9	7,3	6,7	0
Matorrales (MA)	0	0	0,6	0,8	0	0	0
Pastos (PA)	14,8	0,01	58,9	15,6	41,1	1,3	0
Zonas húmedas (HU)	0	0	1,5	6,5	0,2	0	0
Campos de cultivo (CU)	0	0	0	0	0	0	0
Roquedos + pedregales (RP)	0	0	0	0	0	13,9	0
Núcleos urbanos (NU)	0	0	0	0	0	0	1,3

Tabla 6. - Matriz de transiciones para el área no protegida (superficies en hectáreas). Amarillo indica áreas estables; azul, cambios progresivos y rojo, cambios regresivos.

so tan importante de roquedos y canchales frente al bosque en poco más de medio siglo; quizás este dato sea atribuible a problemas de fotointerpretación relacionados con la calidad no muy buena de las imágenes antiguas. Otro proceso destacable, relacionado con cerca del 10% de los cambios progresivos, fue el abandono de los cultivos en los alrededores de Peguera y el Estany; aquí los campos han acabado transformándose en pastos (49,1 ha, un 81%), y también en matorrales, bosques y humedales (11,6 ha, un 19%).

Entre los cambios regresivos hay que señalar en especial la degradación de algunos bosques a matorrales (5,5 ha), o a prados y pastos (19,6 ha), a causa de actividades humanas tales como las explotaciones forestales en las laderas próximas al Estany, las talas efectuadas en la zona de la Creu del Cabrer para la apertura de las pistas de esquí, o incluso otros aprovechamientos, como el pastoreo del ganado vacuno.

3. Dinámicas dentro y fuera del espacio protegido

Como ya se ha indicado, al comparar los datos del EIN con los del resto del territorio (Tablas 5 y 6, y también Tabla 3), en el espacio protegido se observan valores más elevados de estabilidad y reforestación. Las dinámicas negativas apreciadas en el EIN pueden atribuirse al sobrepastoreo, y también a las explotaciones forestales del Serrat de les Estelles, al noroeste del Estany. En dicha zona no solo se han producido cambios regresivos, sino que el abandono de los cultivos (12 ha) dio paso a gran parte de los pastos y matorrales actuales. Dentro del EIN, pues, el impacto antrópico más intenso, y los cambios subsiguientes, parecen focalizados principalmente en la zona suroriental.

Fuera del EIN (Tabla 6), aunque en proporción se detecta menos superficie estable, los valores de estabilidad y reforestación también son altos. Muchas de las zonas húmedas de 1956 próximas al núcleo de Peguera (22,1 ha) se han mantenido, mientras que otras se han convertido en matorral o bosque. En cuanto a los antiguos campos de cultivo, en 2014 se habían transformado mayoritariamente en pastizales (41,1 ha). Hay que señalar, además, que estos últimos son con mucho la unidad más dinámica, ya que se encuentran implicados en diversos tipos de transformaciones progresivas y regresivas, con predominio de las primeras. Al igual que en el EIN, la acción antrópica ha tenido un papel importante en los cambios: además de los relaciona-

dos con el abandono de Peguera, cabe destacar sobre todo las talas de bosque en la Creu del Cabrer, para la puesta en servicio en 1973 de la nueva carretera, los aparcamientos y las instalaciones de la estación de esquí (14,8 ha).

4. Dinámicas de la vegetación y contexto socioeconómico

Quisiéramos, por último, relacionar brevemente nuestros resultados con el contexto socioeconómico de la zona y de los Pirineos catalanes en general. En primer lugar es necesario hacer hincapié en la secular influencia de las actividades humanas sobre todo el territorio, con las lógicas diferencias espacio-temporales: explotaciones agrícolas, forestales, ganaderas, mineras, y más recientemente las relacionadas con el turismo y el ocio, han modelado la vegetación y las dinámicas asociadas a lo largo de los siglos. Aunque como ya se ha dicho la influencia humana resulta omnipresente, los efectos más evidentes se manifiestan hoy sobre todo fuera del área protegida: los restos de las explotaciones mineras en el extremo norte; el núcleo de Peguera abandonado a finales de la década de 1960, las pistas de esquí e instalaciones anexas construidas en la década de 1970, o las explotaciones forestales en los alrededores del Estany. Todas estas acciones han generado y generan dinámicas tanto progresivas como regresivas.

En la actualidad, sin embargo, nos encontramos ante un territorio cubierto en gran parte de bosques, persistentes desde hace décadas o resultantes de la colonización de prados o matorrales (sucesión progresiva de la vegetación), lo que se explica principalmente por el declive progresivo de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales. Todo ello confiere a la zona unos valores de naturalidad más que apreciables, como corresponde a un área en gran parte protegida. Como en otras muchas áreas de montaña declaradas de interés natural por el gobierno catalán ("espacios PEIN"), la protección, más que estabilizar el paisaje, habría facilitado asegurar y mantener los valores naturales, así como la consolidación de dinámicas naturales en un territorio ya de por sí bastante estable.

Estos hechos, obviamente, no son exclusivos de nuestra zona. Los estudios de Monje (2003) y Puente *et al.* (2011) en otras áreas de los Pirineos catalanes (bastante más extensas, eso sí, que los Rasos de Peguera), obtienen conclusiones similares. Puente *et al.* (2011) analizaron el paisaje de alta montaña del Parque Nacional de Aiguestortes i Estany de Sant Maurici, y observaron valores de

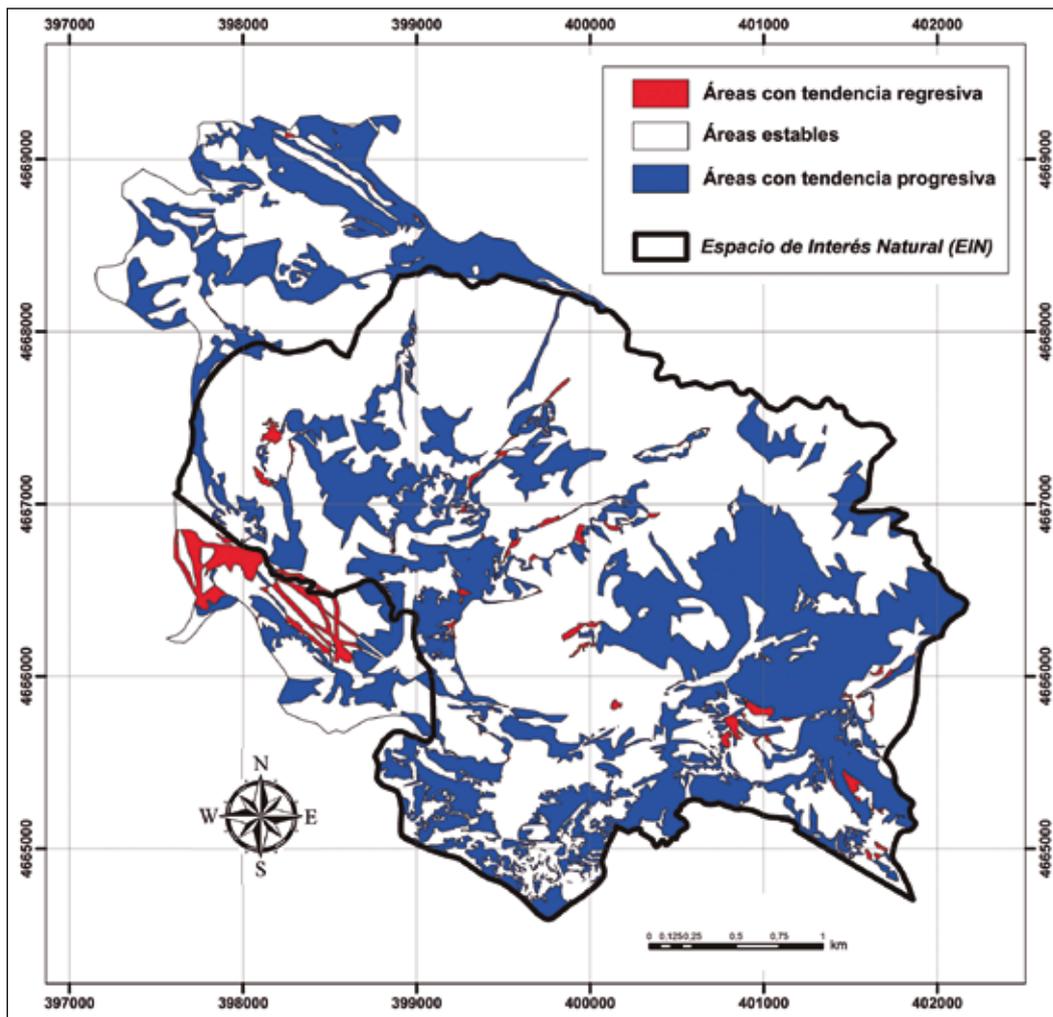


Fig. 6. - Mapa de transiciones (1956-2014).

estabilidad cercanos al 95%, mucho más altos pues que los nuestros, por tratarse de paisajes con una huella humana muy débil, tanto por las características fisiográficas como por el largo periodo en que se ha beneficiado del máximo nivel de protección. En cambio, en el trabajo de Monje (2003) sobre el valle del Freser, se obtuvieron valores de estabilidad y cambios mucho más próximos a los nuestros; además el análisis por intervalos altitudinales mostró también un incremento de los valores de estabilidad con la altitud.

CONCLUSIONES

Los Rasos de Peguera ofrecen, pues, buenos ejemplos de la flora, las comunidades y el paisaje vegetal de la media y alta montaña pirenaica. Todo ello resulta, en gran parte, de unas dinámicas moduladas por el hombre, que han variado a lo largo de los siglos, y que en las últimas décadas han generado, salvo en localidades puntuales, una disminución de la presión de explotación sobre los recursos naturales y, en consecuencia, han favorecido la extensión progresiva de los hábitats forestales, procesos todos ellos habituales en los Pirineos.

En el periodo considerado (1956-2014) la vegetación ha permanecido mayoritariamente estable (cerca de 2/3 del territorio), y las transiciones observadas han sido principalmente de tipo progresivo (reforestación de pastizales; abandono de campos de cultivo y ulterior transformación en prados y pastizales...). Solo se han apreciado tendencias regresivas en un 2% del territorio, destacando la tala de algunas hectáreas de bosque, en gran parte para la apertura de pistas de esquí. Unas dinámicas parecidas a las observadas en otras áreas de los Pirineos orientales de altitudes y características fisiográficas similares.

La comparación de las dinámicas del área protegida (EIN) con las del resto del territorio ha mostrado diferencias atribuibles a la mayor intensidad de la acción antrópica. La aplicación del estatus de protección, pues, parece haber consolidado los valores de estabilidad y naturalidad de un área en los que éstos eran ya altos. La situación marginal de los Rasos en la cordillera pirenaica, sumada al contexto de cambio global en curso, proporciona un valor añadido tanto a estos paisajes, muy apreciados por la población local y por los visitantes procedentes de zonas urbanas, como a los procesos que los han modelado. Todo lo cual, pensamos, merece ser conservado y gestionado de forma adecuada.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jordi Carreras y el Grupo de Geobotánica y Cartografía de la Vegetación de la Universidad de Barcelona (GEOVEG), por la cotutorización, el asesoramiento y el apoyo técnico en el desarrollo del trabajo. Y a Josep Marmi, Jordi Massaguer, Adrià Silles, Queralt Vegas, Martí Montes y Montserrat Barcons por la colaboración en las tareas de campo.

BIBLIOGRAFÍA

Acord GOV/112/2006, de 5 de setembre, pel qual es designen zones d'especial protecció per a les aus (ZEPA) i s'aprova la proposta de llocs d'importància comunitària (LIC). Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya 4735 (6-10-2016), 41915-41989.

ArcGIS. Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap> (acceso 15-2-2017).

Betaportal ICGC: Disponible en: http://betaportal.icgc.cat/visor/client_utfgrid_geo.html (acceso 15-2-2017).

DDAA, 1996. *El Pla d'espais d'interès natural*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient, Barcelona.

Institut Cartogràfic de Catalunya. Disponible en: <http://www.icc.cat/vissir3/> (acceso 15-2-2017).

Monje, X., 2003. Estudio mediante sistemas de información geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural de Cataluña. Aproximación al caso del valle del Freser durante el período 1956-2000. *Acta Botanica Barcinonensia* 49, 421-438.

Montserrat-Recoder, P., Soriano, I., 1998. Vegetación. En: Ruiz de la Torre, J. (Ed.), *Memoria del mapa Forestal de España escala 1:200.000. Hoja 9-3. Berga*, 143-165. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Puente, A., Carreras, J., Carrillo, E., Ninot, J. M., 2011. Canvis de la vegetació en el domini potencial del bosc de pi negre al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici en el període 1956-2008. *Actes del IX Col·loqui Internacional de Botànica Pirenaico-cantàbrica a Ordino*. Monografies del CEN-MA, 357-365. Andorra.

R-Studio. Disponible en: <https://www.rstudio.com/products/RStudio/> (acceso 15-2-2017).

Vigo, J., Soriano, I., Aymerich, P., Carreras, J., Carrillo, E., Font, X., Masalles, R. M., Ninot, J. M., 2003. *Flora del Parc Natural del Cadí-Moixeró i de les serres veïnes (Prepirineus orientals ibèrics)*. Monografies dels Museus de Ciències Naturals de Barcelona 1. Barcelona.

El impacto del cambio climático sobre la distribución potencial de *Rhododendron ferrugineum* en Andorra

Impact of climate change on the potential distribution of *Rhododendron ferrugineum* in Andorra

Benjamin Komac¹, Clara Pladevall¹, Roger Caritg¹

¹ Centre d'Estudis de la Neu i la Muntanya d'Andorra (CENMA), Institut d'Estudis Andorrans (IEA) – Autor para correspondencia: bkomac.cenma@iea.ad

RESUMEN

Rhododendron ferrugineum L. es un arbusto bastante común en las laderas de suelos silíceos de la mitad este del Pirineo al estar muy bien adaptado a las duras condiciones climáticas de estas cotas, donde coloniza bosques, roquedos, canchales y pastos. Las comunidades de *R. ferrugineum* son un hábitat clave para algunas especies de gallináceas de montaña, pero en las últimas décadas se está notando un aumento en la colonización de pastos supraforestales por parte de la especie. En la perspectiva de cambio climático, nos podemos preguntar cómo evolucionará esta situación: ¿habrá un problema para la conservación de los hábitats de *R. ferrugineum*? O bien ¿peligrará la conservación de algunos pastos de montaña?

En este estudio utilizamos datos climáticos de gran resolución para determinar el nicho ecológico potencial y futuro de la planta en Andorra, y prever su evolución frente al cambio climático, considerando tres escenarios del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) para dos periodos de referencia. Para esta modelización hemos utilizados los modelos de distribución de especies (Species Distribution Models) y parámetros climáticos como la temperatura o la presencia de nieve.

Actualmente la especie ocupa una superficie de 14.66 km² en Andorra, y los resultados de la modelización indican un área potencial de 70.7 km². Con el cambio climático, el área potencial de la planta se reduciría entre 37.9 y 67.9 km² al final del siglo.

Con estos resultados concluimos que la conservación del hábitat de *R. ferrugineum* puede peligrar en Andorra, pero no tanto la de los pastos por una posible colonización de la planta.

PALABRAS CLAVE: *Rhododendron ferrugineum*, Andorra, nicho ecológico, distribución potencial, cambio climático.

ABSTRACT

Rhododendron ferrugineum L. is a fairly common shrub on the siliceous soils slopes in the eastern half of the Pyrenees as it is very well adapted to the harsh climatic conditions of these areas, where it colonizes forests, rocky areas, fields and pastures. The *R. ferrugineum* communities are a key habitat for some species of mountain gallinaceous, but in recent decades an increase in the colonization of supra-forest grasses by the species has been observed. In the perspective of climate change, we can examine how this situation will evolve: will there be a problem for the conservation of *R. ferrugineum* habitats or for the conservation of some mountain pastures?

In this study we used high-resolution climate data to determine the potential and future ecological niche of the plant in Andorra, and a forecasting method to determine its evolution under climate change, considering three scenarios of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) for two reference periods. Here, we used the species distribution models (Species Distribution Models) and climatic parameters such as temperature or potential snow accumulation.

Currently the species occupies an area of 14.66 km² in Andorra, and the modeling results indicate a potential area of 70.7 km². With climate change, the potential area of the plant would decrease between 37.9 and 67.9 km² at the end of the century.

With these results we conclude that the conservation of the *R. ferrugineum* habitat may be endangered in Andorra, but not that much the subalpine pastures as a possible colonization of the plant.

KEY WORDS: *Rhododendron ferrugineum*, Andorra, ecological niche, potential distribution, climate change.

INTRODUCCIÓN

Rhododendron ferrugineum L. o abarset según su nombre vernáculo en Andorra, es un arbusto bastante común de la alta montaña del Pirineo. Esto se debe al hecho de que la especie está muy bien adaptada al rigor climático de las cotas alpina y subalpina: la planta suele estar presente entre los 1 500 y 2 500 m de altitud en laderas de orientación norte. La capa de nieve presente en invierno en estos lugares hace que la planta no sufra daños en sus órganos de desarrollo y crecimiento a consecuencia de

las temperaturas negativas (Neuner *et al.*, 1999). Es una planta que debido a su capacidad de reproducción sexual y asexual y al hecho de que es una especie de vida y dinámica larga, puede colonizar y adaptarse a una multitud de terrenos diferentes como roquedos, canchales, pastos o bosques (Pornon *et al.*, 2000). Las comunidades de abarset están incluidas en la Directiva Hábitats, ya que son un hábitat clave para algunas gallináceas de montaña como el urogallo (*Tetrao urogallus* L.). En las últimas décadas, a causa del descenso de la actividad ganadera se está no-

tando un aumento en la colonización de pastos supraforestales por parte del abarset, lo que podría llegar a generar problemas medioambientales si la tendencia se mantiene en el futuro. Sin embargo, hoy en día, en la perspectiva del cambio climático, nos podemos preguntar cómo evolucionará esta situación: ¿habrá un problema para la conservación de los hábitats de *R. ferrugineum*? O bien ¿peligrará la conservación de algunos pastos de montaña? En este estudio, determinaremos el nicho ecológico potencial, es decir el área de idoneidad del hábitat del abarset en Andorra. El nicho ecológico potencial de la especie obtenido usando variables topográficas y climáticas revela ciertas tendencias con respecto a la sensibilidad de una especie al cambio climático. De esta manera, en base a las condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia del abarset en Andorra podremos predecir la distribución potencial de la especie y, simular el efecto del cambio climático sobre la distribución potencial de la planta en Andorra.

ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS:

En Andorra predomina un clima sub-continental con influencias mediterráneas (OPCC, 2013) donde la llegada de masas de aire atlántico desde la vertiente francesa garantiza la presencia de nieve durante unos 6 meses al año (de noviembre hasta abril) en las montañas más elevadas (Esteban *et al.*, 2005). La asociación entre estas condiciones climáticas, y la topografía abrupta del país hace posible la presencia de más de un centenar de hábitats en el territorio (Carreras *et al.*, 2013). Los hábitats más presentes en el Principado son los bosques (181 km²), los pastos subalpinos y alpinos (143 km²) y los roquedos y pedregales (74 km²); además más de la mitad de la superficie del país (248 km²) corresponde a Hábitats de Interés Comunitario.

Para el estudio, hemos determinado la presencia del abarset por fotointerpretación de ortofotos aéreas en color de alta resolución del año 2012 y obtenido su mapa de distribución en Andorra (ver figura 1). Posteriormente, hemos utilizado datos climáticos (temperatura mediana, mínima y máxima anual y precipitación anual) de gran resolución (90 m) del Atlas Climático Digital de Andorra (Batalla *et al.*, 2011) para determinar el nicho ecológico potencial de la planta en Andorra. Como el abarset es sensible a la presencia de nieve en invierno, hemos calculado también la acumulación potencial de nieve durante el invierno

según está definida por López-Moreno *et al.* (2007) como variable climática más para obtener una predicción más robusta del nicho ecológico potencial actual y futuro de la especie. También hemos utilizado variables topográficas como orientación, pendiente, altitud y radiación solar para caracterizar el nicho ecológico potencial del abarset. Una vez obtenidos los datos climáticos, para determinar el nicho ecológico potencial frente al cambio climático, hemos considerado los escenarios B1 (conservador), A1B (intermedio) y A2 (drástico) del Intergovernmental Panel on Climate Change para los periodos de referencia 2021-2050 y 2071-2100. Hemos aplicado unos valores correctores a los datos climáticos actuales para simular el cambio climático (ver tabla 1), estos valores los obtuvimos del proyecto SCAMPEI (<http://www.cnrm.meteo.fr/scampeil/>).

Finalmente, para modelizar el nicho ecológico potencial de la especie, hemos utilizados los modelos de distribución de especie (SDMs en inglés), combinando algoritmos de "generalized additive model (GAM)", "multivariate adaptive regression splines (MARS)", "classification tree analysis (CTA)", "generalized boosted regression models (GBM)" y "artificial neural network (ANN)". Para resolver el problema de la autocorrelación espacial (Legendre, 1993) hemos utilizado el spatial eigenvector mapping (Dormann *et al.*, 2007) e incorporado una variable más en la modelización. Para realizar la modelización hemos dividido el conjunto de datos en dos partes, el 70% para calibrar el modelo con los diferentes algoritmos y el 30% para evaluar el modelo. La evaluación del modelo y correcta modelización del nicho se hizo con el "true skill statistic (TSS, Allouche *et al.*, 2006)" y la "area under the receiver operating characteristic curve (AUC, Fielding and Bell, 1997)".

RESULTADOS:

Actualmente el abarset ocupa una superficie de 14.66 km² en Andorra (o 3.1% de la superficie del país) (ver figura 1), y los resultados de la modelización indican un nicho ecológico potencial de 70.7 km² (ver figura 2). Los valores más que satisfactorios del TSS (0.744) y del AUC (0.935) muestran que la modelización es robusta y que se puede extrapolar perfectamente con las proyecciones del cambio climático. El hecho de haber considerado la acumulación potencial de nieve como una variable más ha permitido obtener una modelización más correcta (valor del TSS de

Año 2014	Periodo	A1B		A2		B1		
		Actual	2021-2050	2071-2100	2021-2050	2071-2100	2021-2050	2071-2100
	Temperatura mediana mínima anual (in °C)	4.7	+ 1.4	+ 2.1	+ 1.0	+ 2.6	+ 1.1	+ 1.3
	Temperatura mediana máxima anual (in °C)	10.3	+1.9	+ 2.8	+ 1.3	+ 3.2	+ 1.2	+ 1.9
	Precipitación anual (in mm)	868.2	- 23.6	- 34.4	- 6.3	+ 15.2	+ 57.5	- 2.7
	Temperatura mediana mínima del invierno (in °C)	-1.1	+ 1.4	+ 2.7	+ 1.3	+ 3.5	+ 1.2	+ 1.8
	Temperatura mediana máxima del invierno (in °C)	3.5	+ 1.6	+ 3.7	+ 1.4	+ 4.6	+ 1.3	+ 2.4
	Precipitaciones del invierno (in mm)	288.0	- 35.2	- 160.1	+ 17.4	- 174.9	+ 50.2	- 62.8

Tabla 1. - Valores de los datos climáticos: temperatura mediana mínima y máxima anual, precipitación anual, temperatura mediana mínima y máxima de invierno y precipitación del invierno utilizados para la modelización del nicho ecológico potencial actual del abarset y valores correctores aplicados para los dos periodos (2021-2050 y 2071-2100) y los tres escenarios considerados de cambio climático (A1B, A2 y B1).

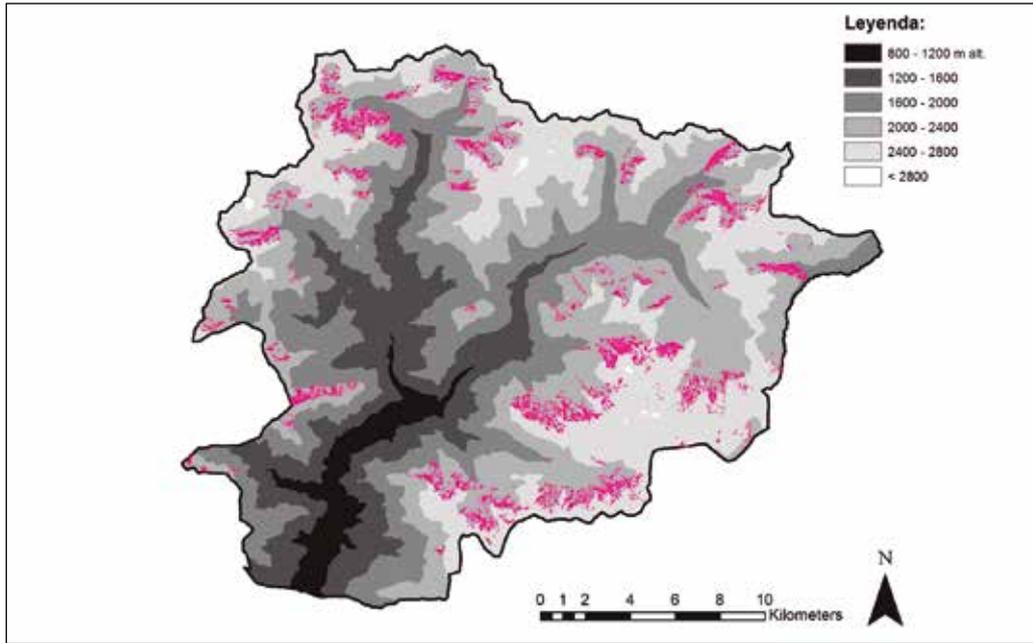


Fig. 1. - Mapa de distribución del abarset (*R. ferrugineum*) en color rosa en Andorra, representado sobre un gradiente altitudinal.

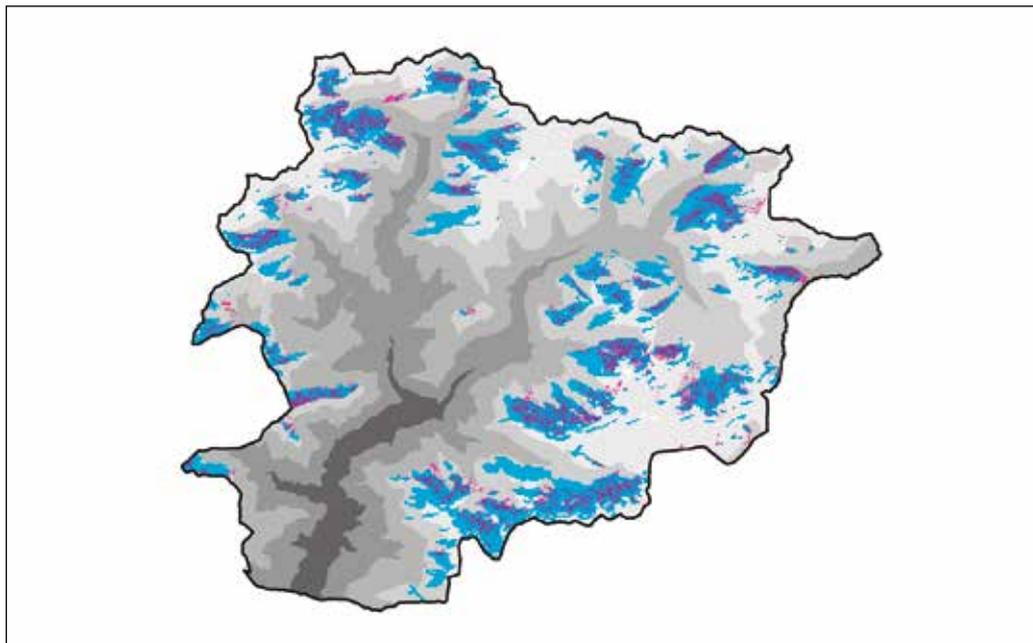


Fig. 2. - Nicho ecológico potencial del abarset en color azul en Andorra, y distribución actual de la especie en color rosa.

0.742 y del AUC de 0.86, en caso de no considerar la variable en el proceso de modelización).

A nivel topográfico el nicho ecológico potencial de la especie se corresponde a altitudes de entre 1 820 y 2 660 m, a pendientes de entre 10 y 35° y a laderas sobretodo orientadas hacia el norte. Desde el punto climático, se traduce en unas temperaturas medianas máximas de entre 6.5 y 9 °C, mientras que las mínimas varían entre los -1.5 y 0.5 °C. En invierno las temperaturas mínimas se sitúan entre los -6 y -4.5°C. Las precipitaciones anuales para el nicho ecológico potencial están entre 1 000 y 1 350 mm,

de los cuales entre 200 y 275 mm caen en forma de nieve. Finalmente, los 70.7 km² de superficie potencial para la especie están sobretodo ocupados en la actualidad por bosques (20.1 km²) y pastos (17.7 km²) y por terrenos más difíciles de colonizar como son los roquedos y pedregales (14.4 km²).

Con el escenario de cambio climático conservador B1, el nicho ecológico potencial del abarset se reduciría entre 2.1 y 37.9 km² para los periodos 2021-2050 y 2071-2100 (ver figura 3a y 3b), y se quedaría entre 68.6 y 32.8 km² respectivamente. Por lo tanto se mantendría entre un 88.3

y un 24.6 % del nicho actual respectivamente, e incluso entre 11 y 3.4 km² de este nuevo potencial ya están ocupados por la especie. Ocupar este nuevo nicho ecológico potencial obligaría a la planta a migrar altitudinalmente entre 10 y 280 m en su parte inferior y entre 70 y 160 m en su parte superior para el primer y segundo periodo, respectivamente.

Para el escenario A1B, un escenario intermedio de cambio climático, obtenemos un nicho ecológico potencial para *R. ferrugineum* de entre 22.2 y 2.8 km² para los periodos 2021-2050 y 2071-2100, respectivamente (ver figura 4a y 4b). Esto equivale a una reducción del nicho ecológico potencial actual de entre 48.5 y 67.9 km² con lo que solamente se mantendría entre un 12.3 y 0 % del nicho actual para el primer y segundo periodo. En cuanto a la migración altitudinal ocasionada por el cambio climático sería de entre 390 y 610 m para el límite inferior y entre 140 y 240 m para el límite superior, para los dos periodos respectivos.

Finalmente, con el escenario A2, el escenario de cambio climático más drástico, obtenemos una reducción del nicho ecológico potencial de entre 23.3 y 65.1 km² para el abarset para los periodos 2021-2050 y 2071-2100, respectivamente

(ver figura 5a y 5b), y los nichos respectivos serían de 6.6 y 0.03 km². En este caso, solamente 42.6 y 0.2 % del nicho actual se mantendría para el primer y segundo periodo respectivamente, y únicamente 0.9 km² de este nuevo potencial ya está ocupado por la especie para el primer periodo. Ocupar este nuevo nicho ecológico potencial obligaría a la planta a migrar altitudinalmente entre 220 y 540 m en su parte inferior y entre 160 y 250 m en su parte superior para el primer y segundo periodo, respectivamente.

DISCUSIÓN:

Obtener una modelización muy robusta del nicho ecológico potencial de *R. ferrugineum* en Andorra se puede atribuir al hecho de que la presencia de la especie está determinada por unas condiciones topográficas y climáticas bastantes bien establecidas (Hernandez *et al.*, 2006) y al hecho de haber considerado la acumulación potencial de nieve que es uno de los factores clave en la presencia de la especie (Neuner *et al.*, 1999). Las condiciones climáticas y la franja altitudinal del nicho obtenido en Andorra

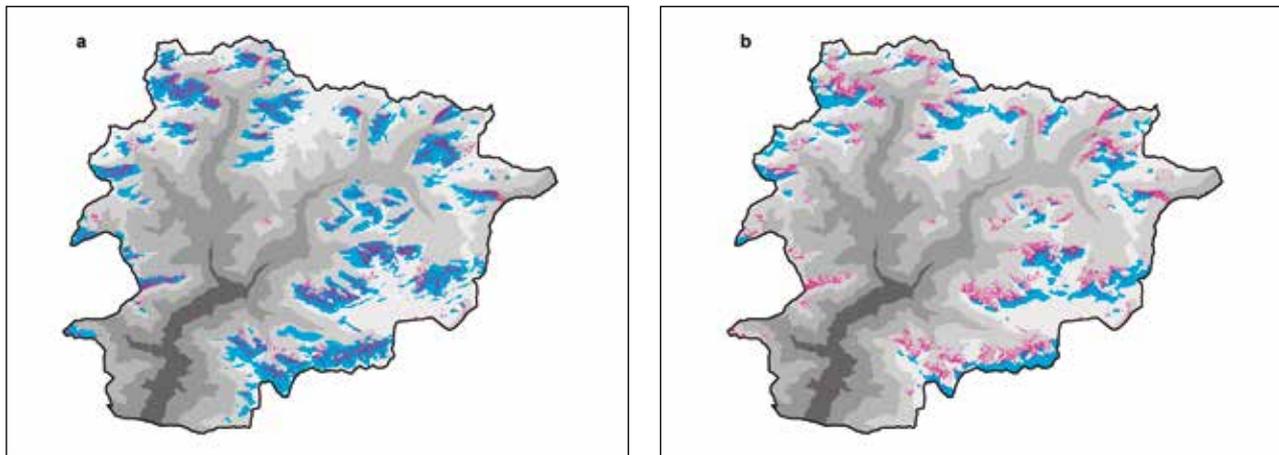


Fig. 3. - Nicho ecológico potencial del abarset en Andorra estimado para los periodos 2021-2050(a) y 2071-2100(b) en el escenario de cambio climático B1.

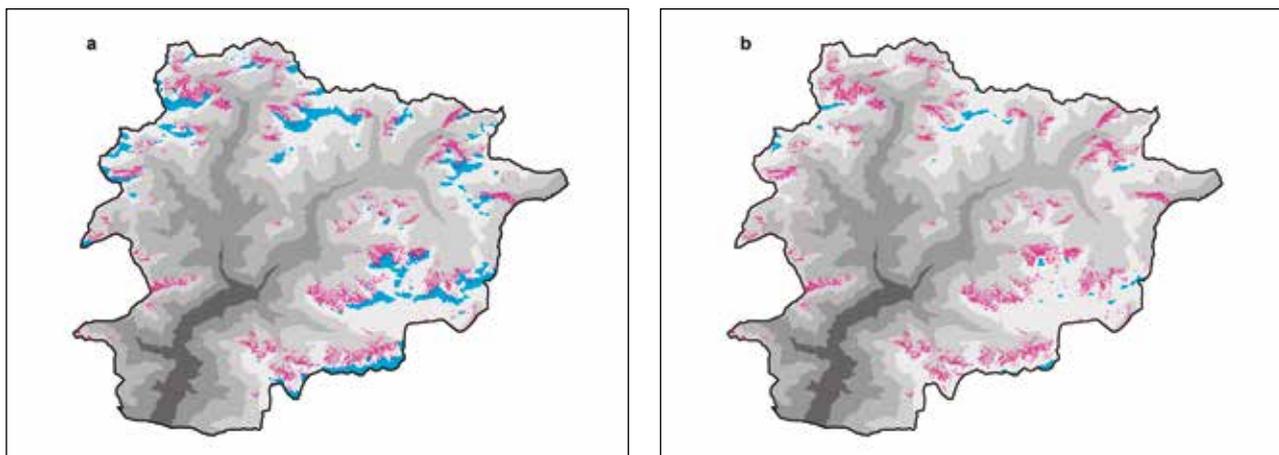


Fig. 4. - Nicho ecológico potencial del abarset en Andorra estimado para los periodos 2021-2050 (a) y 2071-2100 (b) en el escenario de cambio climático A1B.

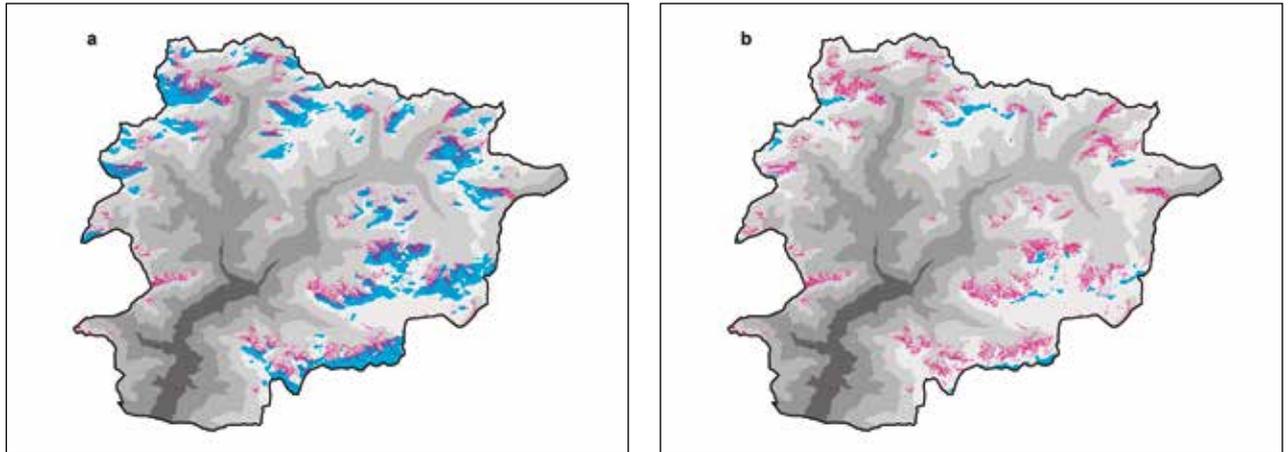


Fig. 5. - Nicho ecológico potencial del abarset en Andorra para los periodos 2021-2050 (a) y 2071-2100 (b) del escenario de cambio climático A2.

son muy similares a las condiciones y franjas de presencia de la especie en otras partes del Pirineo o de los Alpes (Gracia *et al.*, 2007; Escaravage *et al.*, 2001).

Se prevé que las consecuencias del cambio climático van a ser bastante severas para el abarset en Andorra: los tres escenarios predicen una reducción del nicho ecológico potencial de entre 54 y 96 % al final del siglo. En este sentido puede sorprender que el escenario de cambio climático intermedio (A1B) sea el escenario que supondría la reducción más importante del nicho ecológico potencial de la especie, lo que básicamente se debe a la disminución de las precipitaciones durante los meses de invierno, algo que no predicen los otros dos escenarios. A consecuencia de la falta de nieve la planta tendría que migrar altitudinalmente para encontrar condiciones climáticas más propicias a su presencia. La magnitud de esta migración varía según los escenarios pero alcanza siempre varios centenares de metros al final del siglo, algo que parece poco previsible para una planta con una capacidad de colonización bastante baja (Clark *et al.*, 2007). Además, los hábitats situados a más altitud son sobre todo roquedos, canchales o pastos, hábitats bastante difíciles de colonizar, y más cuando las plántulas son vulnerables al cambio climático (Pornon *et al.*, 2000). Por otro lado, al ser una especie que puede vivir más de un siglo, el abarset tiene bastante plasticidad y capacidad de adaptación (Escaravage *et al.*, 1998), lo que le podría permitir adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. En caso de no poder permanecer donde está establecido, sobre todo en las cotas más bajas, podemos pensar que el abarset se podría ver sustituido por matorrales de ámbitos más mediterráneos como los dominados por *Buxus sempervirens* L. o por bosque de *Abies alba* Mill. O *Pinus uncinata* Ramond ex DC.

Los resultados de este estudio hacen pensar que la conservación del hábitat de *R. ferrugineum* puede peligrar en Andorra con el cambio climático y que su efecto se traduciría en una importante reducción y fragmentación del hábitat. En ese caso podría peligrar también la supervivencia de especies de gallináceas, muy dependientes de la presencia de estos hábitats.

BIBLIOGRAFÍA

- Allouche, O., Tsoar, A., Kadmon, R., 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43, 1223–32.
- Batalla, M., Ninyerola, M., Esteban, P., 2011. *Atlas Climàtic Digital d'Andorra*. Institut d'Estudis Andorrans — Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en: <http://opengis.uab.es/wms/ACDA/index.htm>.
- Carreras, J., Carrillo, E., Ferré, A., Perez-Haase, A., Ninot, J. M., Caritg, R., 2013. Mapa digital dels hàbitats d'Andorra. Institut d'Estudis Andorrans.
- Clark, C. J., Poulsen, J. R., Levey, D. J., Osenberg, C. W., 2007. Are plant populations seed limited? A critique and meta-analysis of seed addition experiments. *American Naturalist* 170, 128–42.
- Dormann, C. F., McPherson, J. M., Araújo, M. B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R. G., Hirzel, A., Jetz, W., Kissling, W. D., Kühn, I., Peres-Neto, P. R., Reineking, B., Schröder, B., Schurr, F. M., Wilson, R., 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography* 30, 609–628.
- Escaravage, N., Questiau, S., Pornon, A., Doche, B., Taberlet, P., 1998. Clonal diversity in a *Rhododendron ferrugineum* L. (Ericaceae) population inferred from AFLP markers. *Molecular Ecology* 7, 975–82.
- Escaravage, N., Flubacker, E., Pornon, A., Doche, B., Till-Bottraud, I., 2001. Stamen dimorphism in *Rhododendron ferrugineum* (Ericaceae): development and function. *American Journal of Botany* 88, 68–75.
- Esteban, P., Jones, P. D., Martín-Vide, J., Mases, M., 2005. Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees. *International Journal of Climatology* 25, 319–29.
- Fielding, A. H., Bell, J. F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24, 38–49.
- Gracia, M., Montané, F., Piqué, J., Retana, J., 2007. Overstorey structure and topographic gradients determining diversity and abundance of understorey shrub species in temperate forests in central Pyrenees (NE Spain). *Forest Ecology and Management* 242, 391–7.

Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L., Albert, D. L., 2006 The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29, 773–85.

Legendre, P., 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology* 74, 1659–73.

López-Moreno, J., Vicente-Serrano, S., Lanjé, S., 2007. Mapping snowpack distribution over large areas using GIS and interpolation techniques. *Climate Research* 33, 257–70.

Neuner, G., Ambach, D., Aichner, K., 1999. Impact of snow cover on photoinhibition and winter desiccation in evergreen *Rhododendron ferrugineum* leaves during subalpine winter. *Tree Physiology* 19, 725–32.

OPCC, Observatorio Pirenaico del Cambio Climático, 2013. Main climatological regions of the Pyrenees. Available from: <https://www.opcc-ctp.org/>

Pornon, A., Escaravage, N., Thomas, P., Taberlet, P., 2000. Dynamics of genotypic structure in clonal *Rhododendron ferrugineum* (Ericaceae) populations. *Molecular Ecology* 9, 1099–1111.

Principales patrones de distribución de plantas vasculares de los Países Catalanes

Primary distribution patterns of vascular plants in the Catalan Countries

Maddi Otamendi¹, Xavier Font², Josep Vigo²

¹ Dpto. de Botánica, Asociación de Ciencias Aranzadi (motamendi@aranzadi.eus).

² Centre de Documentació de Biodiversitat Vegetal (CEDOCBIV), Universitat de Barcelona.

RESUMEN

El área de estudio, los Países Catalanes, comprende la parte oriental de la Península Ibérica y las islas adyacentes (Bolòs, 1985). Su superficie es aproximadamente de 70.000 km² y se trata de un área bastante bien estudiada desde el punto de vista taxonómico y corológico. Existen diversos proyectos de exploración y recopilación de la información florística, entre los cuales destaca, para todo el territorio, el del grupo de trabajo ORCA, del Instituto de Estudios Catalanes, que ha editado mapas corológicos de más de 4.100.

El objetivo de este trabajo es el de definir numéricamente los principales patrones de distribución (corotipos) de la flora vascular del territorio considerado y estudiar, para cada uno de ellos, su distribución geográfica y el conjunto de especies diagnósticas correspondientes.

A partir de la distribución geográfica de todas las plantas vasculares (autóctonas y naturalizadas), se ha construido una matriz de distancias (Bray-Curtis) y realizado un análisis de agrupación k-means. Como resultado, se han obtenido numéricamente 12 grupos y 19 subgrupos de especies geográficamente significativos, que tienen un área de distribución preferente más o menos continua y con especies diagnósticas. La mayoría de los patrones de distribución propuestos guardan una cierta relación con las regiones biogeográficas, pero, algunos de ellos están más relacionados con el tipo de suelos. Por lo tanto, se concluye que los corotipos son definidos no sólo por el clima, sino también por otros factores ecológicos, como pueden ser los edáficos.

PALABRAS CLAVE: Corotipos, agrupación K-means, Países Catalanes, Biogeografía, Plantas vasculares, distancia Bray-Curtis, ORCA.

ABSTRACT

The studied area, known as the Catalan Countries, comprises the eastern part of the Iberian Peninsula and contiguous islands (Bolòs, 1985). The area is approximately 70.000 km² and it has been quite well studied from a taxonomical and chorological point of view. In fact, there are many exploration and recompilation projects of the floristic information in the territory. The one carried out by the ORCA workgroup from the Institute of Catalan Studies stands out among them as it edited chorological maps of more than 4.100.

The goal of this work is to define numerically the main distribution patterns (chorotypes) of the concerned territory's vascular plants and to study the geographical distribution and the set of corresponding diagnostic species for each pattern or chorotype.

Based on the geographical distribution of the vascular plants of the Catalan Countries, a Bray-Curtis distances matrix has been built together with an analysis of k-means clustering. As a result, 12 groups and 19 subgroups with geographic sense have been numerically defined. They all present a more or less continuous distribution area and contain diagnostic species. In general, the proposed distribution patterns keep a certain relation with the biogeographical regions; yet, some of them have more to do with the type of soil. In conclusion, the chorotypes are not only defined by the climate, but also by other factors such as the soil.

KEY WORDS: Chorotypes, K-means clustering, Catalan Countries, Biogeography, Vascular plants, Bray-Curtis distance, ORCA.

1. INTRODUCCIÓN

La Corología, ciencia auxiliar de la Biogeografía, estudia la distribución geográfica de los organismos y pretende definir una serie de corotipos comunes a muchos de ellos. El concepto de "corotipo" fue originalmente definido por Baroni-Urbani *et al.* (1978) como un patrón de distribución elemental determinado por una o varias especies operativamente reconocibles dentro de un territorio. Desde entonces son muchos los autores que, utilizando diferentes metodologías, han establecido corotipos para territorios más o menos amplios, concernientes a distintos grupos de organismos, como plantas vasculares (Andrés and Font 2011; Britto and Arana 2014; Teneb *et al.*, 2004; Bolognini and Nimis 1993; Moreno Saiz *et al.*, 2013; More-

no Saiz y Lobo 2008), animales vertebrados (Linder *et al.*, 2012; Carmona *et al.*, 1999; Flores *et al.*, 2004; Real *et al.*, 2008), insectos (Baselga and Novoa 2005) y nematodos (Liébanas *et al.*, 2002).

Actualmente dicho trabajo se realiza numéricamente, como lo han hecho los autores antes mencionados. De esta manera se evita el error que puede provocar la subjetividad o los prejuicios del autor a la hora de interpretar y clasificar mapas y especies. Sin embargo, la cantidad de datos que utilizan es generalmente limitada, sobre todo los que trabajan con plantas vasculares, quizás porque resulta difícil conseguir ese tipo de información, en especial cuando el área a estudiar es muy amplia.

Hoy en día, gracias a proyectos como la Organització per a la Cartografia de les Plantes (Bolòs, 1985), el Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya (Font, 03/09/2015), el Atlas de la flora del Pirineo (Gómez, 2014), el Sistema de Información Vegetal Ibérica y Macaronésica (Font *et al.*, 2012), el Atlas de la flora de Aragón (VV.AA, 2010), The Global Biodiversity Information Facility (Flemons *et al.*, 2007) y el Banco de datos de Biodiversidad de la comunidad Valenciana (www.bdb.gva.es), existe una gran cantidad de datos disponibles en la red para poder soslayar dicha dificultad.

El área de estudio, los Países Catalanes, comprende la parte oriental de la Península Ibérica y las islas adyacentes (Bolòs, 1985). Su superficie es aproximadamente de 70.000 km² y se trata de un área bastante bien estudiada desde el punto de vista taxonómico y corológico. En dicho territorio existen diversos proyectos de exploración y recopilación de la información florística, entre los cuales destaca el del grupo de trabajo ORCA, del Instituto de Estudios Catalanes, que ha editado mapas corológicos de más de 4.100 táxones (www.orca.cat).

El objetivo de este trabajo es definir numéricamente los principales patrones de distribución, o corotipos, de la flora vascular del territorio considerado. Para cada patrón o corotipo se ha estudiado su distribución geográfica, el conjunto de especies que incluye y los principales elementos biogeográficos que presenta.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Datos corológicos y territoriales:

Análogamente a diversos estudios precedentes (Pausas y Sáez, 2000; Pausas *et al.*, 2003; Flores *et al.*, 2004; Israely *et al.*, 2005; Andrés y Font, 2011), en este trabajo también se ha utilizado como unidad básica territorial la cuadrícula UTM de 100 km². Los datos corológicos se obtuvieron de las siguientes fuentes: el Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya (Font, 2015), la Organització per a la Cartografia de les Plantes (Bolòs, 1985), el Atlas de la flora del Pirineo (Gómez, 2014), el Sistema de Información Vegetal Ibérica y Macaronésica (Font *et al.*, 2012), el Atlas de la flora de Aragón (VV.AA, 2010), The Global Biodiversity Information Facility (Flemons *et al.*, 2007) y el Banco de datos de Biodiversidad de la comunidad Valenciana (www.bdb.gva.es).

Se creó un archivo con todas las citas del territorio a partir de las bases de datos mencionadas en el cual la primera columna correspondía a los UTM (MGRS: Military grid reference system) y la segunda, a los nombres científicos de plantas (Género y epíteto específico), dejando de lado las subespecies y las variedades, así como los taxones híbridos. Como los datos procedentes de GBIF estaban en coordenadas geográficas, se convirtieron a MGRS con el convertidor MSP - GEOTRANS (Mensuration Services Program - Geographic Translator) 3.5. (Gorghiu *et al.*, 2008).

Se eliminaron los datos duplicados, utilizamos como referencia taxonómica la obra Flora manual dels Països Catalans (Bolòs *et al.*, 1990), se identificaron y se corrigie-

ron los sinónimos, eliminando así los nombres de plantas no aceptados.

Análisis de los datos:

Con la lista de especies y de UTM se creó una matriz que recogía la presencia/ausencia (1/0) de cada especie en cada UTM. Una vez eliminados los cuadrados UTM con pocas especies (menos de 100) y las especies con baja presencia (en 5 o menos distintos UTM), la matriz final a analizar contenía 876 cuadrados UTM y 3315 especies.

Se calculó la relación entre las especies en base a su distribución geográfica mediante la distancia de Bray-Curtis (Bray and Curtis 1957) y a partir de la matriz de distancias generada se realizó un análisis de agrupación *k-means* (MacQueen, 1967), el cual agrupa *n* objetos (especies en este caso) en *k* grupos. Aunque muchos autores que han trabajado con corotipos han utilizado clustering jerárquico aglomerativo (Carmona *et al.*, 1999; Liébanas *et al.*, 2002; Britto y Arana 2014; Flores *et al.*, 2004; Teneb *et al.*, 2004; Real *et al.*, 2008; Bolognini and Nimis, 1993), en este trabajo se utilizó *k-means* por dos razones principales. Por un lado, se puede utilizar el estadístico Silhouette (De Cáceres *et al.*, 2007) para validar la bondad (de -1 a +1) de cada grupo generado, esto permite tener un método independiente para decidir el número de grupos idóneo dentro de la matriz de datos analizada. Por otro lado, el número de objetos de la matriz de datos (las especies) de este trabajo es demasiado grande para poder deducir gráficamente resultados a partir del dendrograma obtenido con un clustering jerárquico. Los estudios anteriormente citados se basaron en matrices con decenas o centenares de especies y en este caso se trabajó con 3315 especies.

Se realizaron 25 particiones *k-means*, de 2 a 26 grupos, y en todos los casos se utilizó la validación *leave one out* (Oliva *et al.*, 2001) para evitar que los objetos (especies) ejerzan un 'efecto atractor' sobre los centroides. Para conseguir el mejor resultado posible la reordenación se ejecutó 500 veces al azar.

Con el objetivo de valorar la afinidad de las especies a cada grupo, se utilizaron las distancias al centroide del cluster (Oliva *et al.*, 2001). Este estadístico contiene valores acotados del 0 al 1 y cuanto más pequeño es su valor, más cerca del centroide se encuentra el objeto.

Para obtener una representación cartográfica de cada grupo numérico, se elaboró un mapa de distribución mediante la superposición de todas las distribuciones de las especies que pertenecen al grupo, en una escala de 5 grados, de menor a mayor número de especies.

Por último, se calculó el porcentaje de especies de cada elemento corológico tradicional en cada grupo de la partición numérica, pudiendo así relacionar los grupos de especies obtenidos (nuestros corotipos) con los elementos corológicos.

Los análisis estadísticos (transformaciones de matrices y *k-means*), así como la cartografía se desarrollaron con el paquete de programas B-VegAna (De Cáceres *et al.*, 2007).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 25 particiones *k-means* obtenidas, de 2 a 26 grupos, se escogió la partición de 24 grupos como la más significativa, ya que a partir de ella se discriminan grupos de especies que contienen un único cuadrado UTM; por lo cual ya no se generan grupos corológicos con una distribución geográfica extensa y más o menos continua. Además, en la partición de 24 grupos se encontró un valor máximo del estadístico Silhouette (De Cáceres *et al.*, 2007). Algunos grupos definidos son muy específicos, esto es, explican territorios pequeños con vegetación muy concreta, mientras que otros son más generales. Por lo tanto, se eligió la partición de 13 grupos (en este punto también se da un pico secundario en el estadístico Silhouette) para explicar corotipos más generales, y dentro de cada corotipo se detallaron los grupos más concretos (subcorotipos) derivados de la partición de 24 grupos.

En las particiones de 13 y 24 grupos, se obtuvieron 12 y 23 grupos, respectivamente, con claro significado biológico, especies propias diagnósticas y un territorio bien delimitado. Aparte se obtuvo un grupo que se consideró desprovisto de sentido biológico por no contener ninguna especie representativa, ya que todas ellas están muy alejadas del centroide. Esta situación sugirió que el grupo pueda haber sido un artefacto derivado del método empleado, puesto que *k-means* no deja ni una especie sin clasificar, de modo que las especies que no se ajustan a ningún patrón de distribución fueron incluidas en dicho grupo.

Como resultado, los corotipos (basados en la partición de 13 grupos) y los subcorotipos (basados en la partición de 24 grupos) definidos son los siguientes:

Corotipo 1. Plantas del Pirineo axial, y alta montaña pirenaica (Fig. 1). Más de la mitad de las especies (57,6 %) pertenecen al elemento borealpino, aunque también abundan (27,1 %) las eurosiberianas (Tabla 1). Son plantas que prefieren generalmente suelos silíceos (*Angelica razu- llii*, *Carex pyrenaica*, *Cardamine bellidifolia*, *Crepis conyzifolia*, *Gnaphalium norvegicum*, *Poa laxa*, etc.) y que viven en hábitats del piso alpino, como neveros, suelos pedregosos, herbazales, turberas y matorrales prostrados.

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo se reparten en dos. Por un lado, se forma un subcorotipo, similar al corotipo general, esto es, un grupo con especies y distribución parecida y, por otro lado, un subcorotipo de distribución menos amplia y más concreta, con taxones asociados a los Pirineos atlánticos (Valle de Aran).

Corotipo 2. Plantas que se distribuyen por toda la zona pirenaica (Pirineo axial y Prepireneos) (Fig. 2). La mayoría de las especies (62,1 %) pertenecen al elemento borealpino y una tercera parte (28,16%) al eurosiberiano (Tabla 1). Estos porcentajes se asemejan mucho a los del corotipo 1, solo que en este caso el elemento atlántico no es tan significativo (1,9 %, en comparación con el 8,9 % del corotipo 1). Se trata de un grupo bien definido, puesto que, las especies están muy cerca del centroide. Entre esas plantas se encuentran especies que crecen en substrato silíceo en pastos, rocas, gleras y lugares generalmente húmedos; como *Primula integrifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *Polygonum viviparum*, *Dianthus deltoides*, *Homogyne alpina*, *Linaria alpina*, *Phleum alpinum*, *Juncu strifidus*, *Luzula spicata*, *Saxifraga moschata*, *Silene acaulis*, *Campanula scheuchzeri*, *Cerastium alpinum*, *Chenopodium bonus-henricus*, *Epilobium alsinifolium*, *Juncus alpinus*, *Luzula nutans*, *Myosotis alpestris*, *Pedicularis pyrenaicay* *Phyteuma hemisphaericum*.

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo se reparten en dos. Por un lado, un subcorotipo con plantas extendidas por toda la cordillera pirenaica (Pirineo axial y Prepireneos), propias de pastos y de substratos silíceos; por otro, un segundo subcorotipo que agrupa especies del Pirineo oriental, sobre todo típicas de turberas.

Corotipo 3. Plantas propias de la montaña media (Fig. 3). Las de mayor presencia pertenecen al elemento eurosiberiano (39,4 %) y al plurirregional (28,4 %), aunque no faltan las de los elementos mediterráneo (12,9 %) y submediterráneo (12 %) (Tabla 1). Los claros de bosques, bosques de ribera y terrenos pedregosos son los hábitats donde crecen muchas de las plantas pertenecientes a este grupo, como *Helleborus foetidus*, *Potentilla neumanniana*, *Juniperus communis*, *Corylus avellana*, *Hieracium pilosella*, *Arabis hirsuta*, *Festuca ovina*, *Prunella vulgaris*, *Sambucus*

Corotipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Atlánticas (%)	8,9	1,9	0,3	2,3	2,1	0	0	0,6	0	0	0,7	0
Boreoalpinas (%)	57,6	62,1	0,3	3,3	0	0	0	0,6	0	0	0	0
Endémicas (%)	0	0,2	0	0	0,4	0	1,6	1,3	4,2	1,3	21,7	0,5
Eurosiberianas (%)	27,1	28,2	39,6	65,5	14,1	2,3	1,6	7,5	0	0	0	2,7
Introducidas (%)	1,3	0,2	3,2	1,6	15,9	8,1	5,7	1,9	4,2	9,0	2,8	20,5
Mediterráneas (%)	0,9	0,5	13,0	2,3	44,2	52,8	58,1	36,3	80,6	74,4	69,2	40,0
Oromediterráneas (%)	1,7	3,9	3,5	5,9	0	0,2	0,8	28,1	2,1	0	2,8	0
Otras (%)	0	0,2	0	0	1,1	0,6	1,6	1,9	2,8	1,3	0	3,8
Plurirregionales (%)	2,1	2,2	28,5	8,8	21,2	35,5	29,8	16,3	4,9	14,1	2,8	32,4
Submediterráneas (%)	0,4	0,5	11,7	10,4	1,1	0,6	0,8	5,6	1,4	0	0	0

Tabla 1. - Porcentaje de los diferentes elementos corológicos tradicionales en cada corotipo.

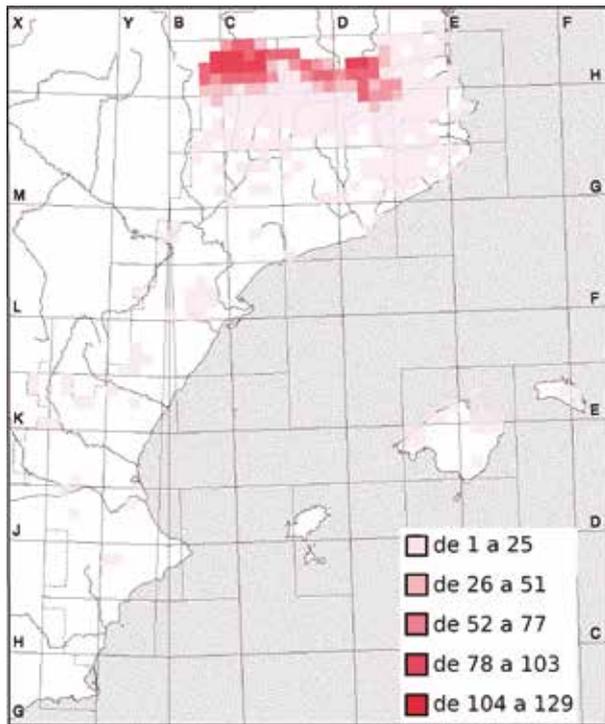


Fig. 1. - Distribución y datos corológicos del corotipo 1. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

nigra, *Silene nutans* y *Vicia cracca*. Se trata, en general, de plantas con una amplia distribución por las montañas de todo el territorio.

Corotipo 4: Las plantas que conforman este grupo tienen una distribución geográfica parecida a las del corotipo anterior, pero con un área más reducida, centrada en las zonas más montañosas -especialmente en su zona sur- y en los enclaves de clima más eurosiberiano (Fig. 4). Las especies que pertenecen a este corotipo se agrupan sobre todo en el extremo norte del territorio y descienden por zonas montañosas hacia el Sistema Ibérico. Las especies del elemento eurosiberiano alcanza en este corotipo un porcentaje mucho mayor que en el corotipo anterior (65,5 % frente al 39,4 %) (Tabla 1). Las presencias de las especies de los elementos submediterráneo (10,4 %) y del plurirregional (8,8 %) también son destacables. En cuanto al hábitat, medran en claros de bosque y prados más o menos húmedos, pastos pedregosos, bordes de cursos de agua y herbazales. Son plantas típicas de este grupo *Carex caryophylla*, *Carlina acanthifolia*, *Epilobium montanum*, *Euphrasia stricta*, *Fraxinus excelsior*, *Veronica chamaedrys*, *Betula pendula*, *Laserpitium latifolium*, *Orchis maculata*, *Rubus idaeus*, *Valeriana officinalis*, *Deschampsia flexuosa*, *Dianthus hyssopifolius*, *Digitalis lutea*, *Epilobium lanceolatum*, *Helleborus viridis*, *Luzula campestris*, *Oxalis acetosella*, *Rhinanthus pumilus* y *Salix caprea*.

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo se reparten en tres. El primer subcorotipo reúne plantas cuya distribución se corresponde con el territorio Olositano (Bolòs *et al.*, 1990), y cuyo hábitat son los bos-

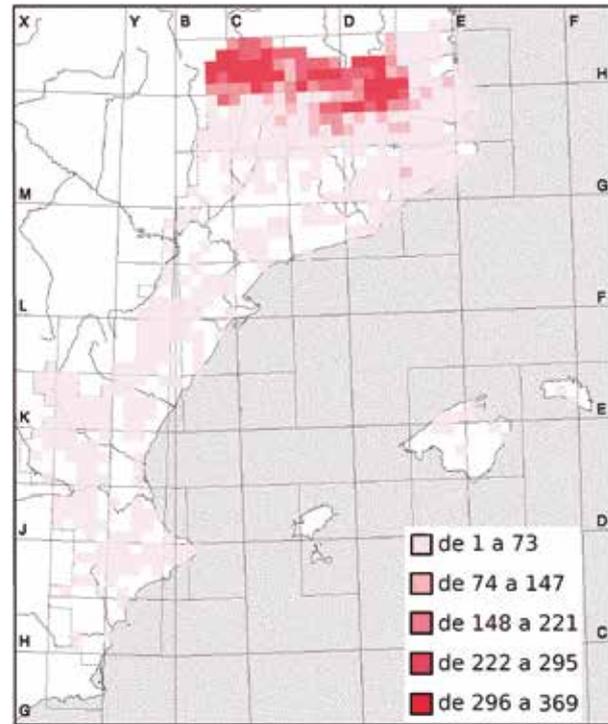


Fig. 2. - Distribución y datos corológicos del corotipo 2. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

ques húmedos y los márgenes de los mismos, los claros y barrancos, los roquedos y las gleras de lugares umbríos. El segundo subcorotipo está asociado a plantas que tienen la misma distribución que el corotipo general, aunque aquí el porcentaje de las especies del elemento euriberiano es más elevado (73,9 %). El tercer subcorotipo contiene plantas que se reparten exclusivamente por el Prepireneo.

Corotipo 5. Plantas que geográficamente se extienden por el sistema Catalanídico septentrional (Fig. 5). Dominan las plantas pertenecientes al elemento mediterráneo (44,2 %). Aunque destacan unos porcentajes apreciables de introducidas (15,9 %), plurirregionales (21,2 %) y eurosiberianas (14,1 %) que en conjunto suponen más de un tercio de las especies (Tabla 1). Las plantas que mejor lo definen son: *Vicia bithynica*, *Genista triflora*, *Ornithopus compressus*, *Aristolochia rotunda*, *Lamium flexuosum*, *Quercus suber*, *Trifolium glomeratum*, *Trifolium nigrescens*, *Bunias erucago*, *Lathyrus angulatus*, *Tolpis barbata* y *Vicia lathyroides*. Viven en bosques perennifolios, bordes de caminos, herbazales, pastizales, sotobosques, cultivos sobre suelos silíceos y márgenes de caminos, lo que explica el alto porcentaje de especies introducidas, puesto que algunos de estos hábitat son fácilmente invadidos por plantas alóctonas.

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo se reparten en dos. Por un lado, un subcorotipo conformado por plantas que se distribuyen por el territorio Ruscínico como lo describieron Bòlos *et al.* (1990). Por su parte, el segundo subcorotipo congrega plantas con la misma distribución que el corotipo general.

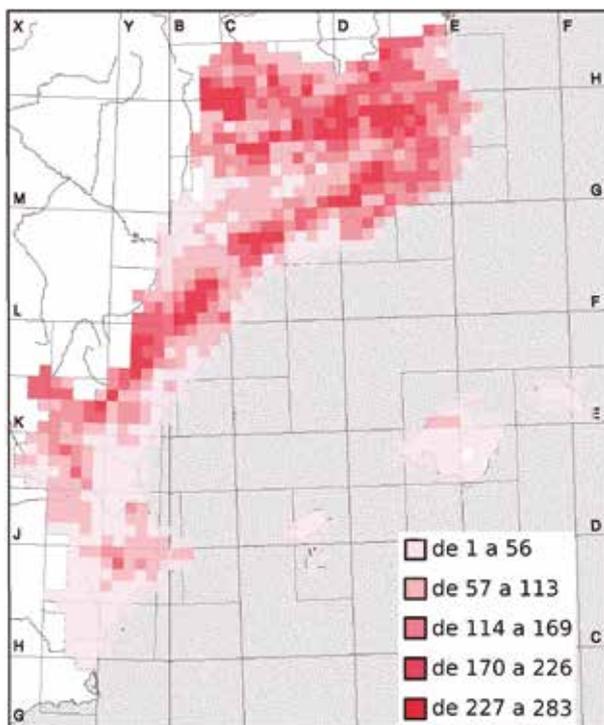


Fig. 3. - Distribución y datos corológicos del corotipo 3. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

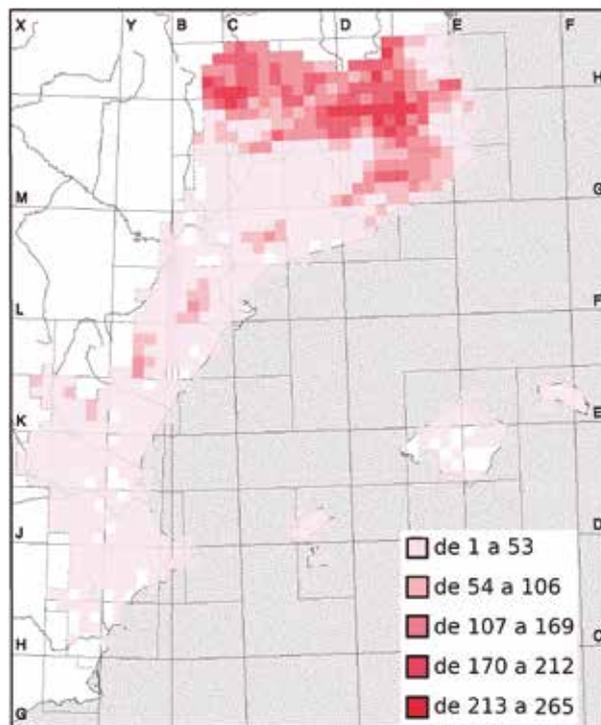


Fig. 4. - Distribución y datos corológicos del corotipo 4. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

Corotipo 6. Plantas que se distribuyen por el amplio territorio mediterráneo (Fig. 6). La mitad de las especies pertenecen al elemento mediterráneo (52,8 %) y les siguen en importancia las plurirregionales (35,5 %) (Tabla 1). No obstante, cabe señalar que las especies introducidas tienen en este territorio una presencia destacable (8,1 %). Estos porcentajes reflejan el tipo de hábitat que ocupan las plantas de este grupo, esto es, maquias y matorrales, vegetación ruderal, es decir de lugares más o menos perturbados, como cultivos, márgenes de caminos, herbazales y baldíos. Algunas de las especies que más cerca del centroide están son: *Catapodium rigidum*, *Diplotaxis erucoides*, *Ficus carica*, *Asteriscus spinosus*, *Avena barbata*, *Calendula arvensis*, *Centaurea aspera*, *Conyza bonariensis*, *Filago pyramidata*, *Marrubium vulgare*, *Quercus coccoifera* y *Salvia verbenaca*.

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo se reparten en tres. El primer subcorotipo agrupa plantas que tienen una distribución similar que el corotipo general. El segundo grupo lo forman plantas que tienen como área una distribución geográfica más litoral que el corotipo, plantas de maquias mediterráneas termófilas, como pueden ser *Chamaerops humilis*, *Ceratonia siliqua* o *Asparagu shorridus*. El tercer subcorotipo agrupa plantas con una distribución dispersa que no sigue ningún patrón. Esto puede explicarse por ser este el grupo que mayor cantidad de especies introducidas contiene (32,7 %); aunque también puede reflejar un efecto del muestreo, puesto que no todos los autores incluyen las especies introducidas en sus catálogos, y los que lo hacen no aplican criterios idénticos.

Corotipo 7. Plantas que se hallan distribuidas por la depresión del Ebro y otros territorios de clima mediterráneo continental, y con frecuencia propias de suelos salinos (Fig. 7). Más de la mitad de las especies pertenecen al elemento mediterráneo (58,1 %) y una tercera parte son plurirregionales (30,1 %) (Tabla 1). La mayoría integran la vegetación de suelos más o menos salinos (*Salsola vermiculata*, *Malcolmia* y *Spergularia diandra*, por ejemplo) y de matorrales, baldíos y tomillares, generalmente yesosos (*Lygeum spartum*, *Nonea micrantha*, *Sisymbrium runcinatum*, *Stipa parviflora*, *Artemisia herba-alba*, *Picris hispánica* y *Sideritis scordioides*).

Corotipo 8. Plantas que se distribuyen por las montañas Catalanílicas e Ibéricas y por los Prepirineos (Fig. 8). Las especies más numerosas pertenecen al elemento mediterráneo (36,3 %) y al oromediterráneo (28,1 %), pero también existe un porcentaje significativo de plurirregionales (16,3 %) (Tabla 1). Los hábitats en que viven son pastos secos, zonas pedregosas y rocas, sobre substrato calcáreo (*Festuca hystrix*, *Erinacea anthyllis*, *Hieracium loscosianum*, *Minuartia hamata*, *Alyssum lapeyrousianum*, *Arabis auriculata*, *Cerastium gracile*, *Ononis aragonensis*, *Alyssum spinosum*, *Bupleurum rotundifolium*, *Hieracium aragonense*, *Pimpinella gracilis*, *Adonis flammea* y *Lathyrus filiformis*).

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo se reparten en dos. Por un lado, se constituye un subcorotipo con plantas de las montañas Catalanílicas meridionales e Ibéricas. Por otro, se forma un subcorotipo con plantas de distribución más amplia, parecida a la del corotipo general.

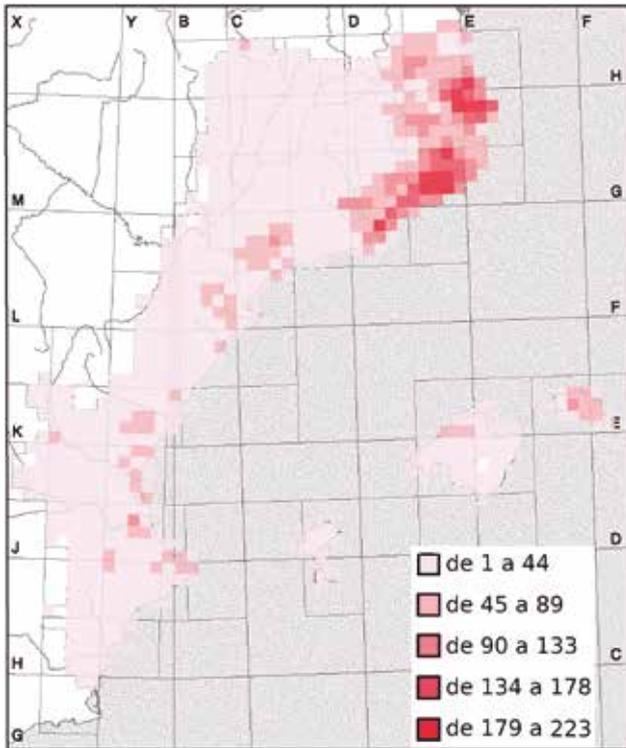


Fig. 5. - Distribución y datos corológicos del corotipo 5. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

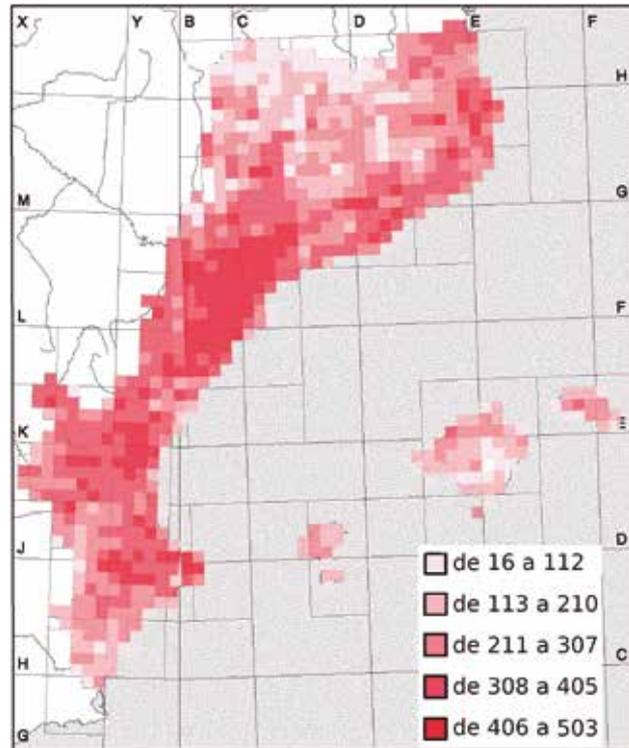


Fig. 6. - Distribución y datos corológicos del corotipo 6. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

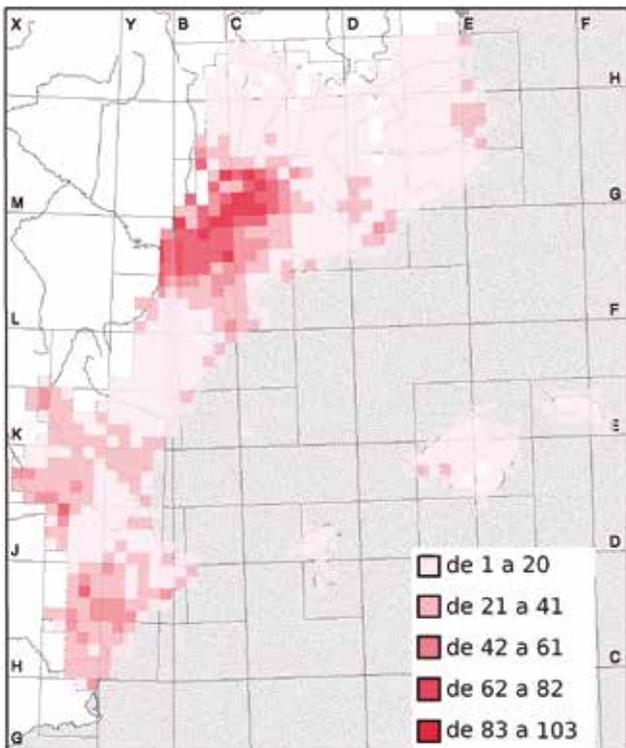


Fig. 7. - Distribución y datos corológicos del corotipo 7. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

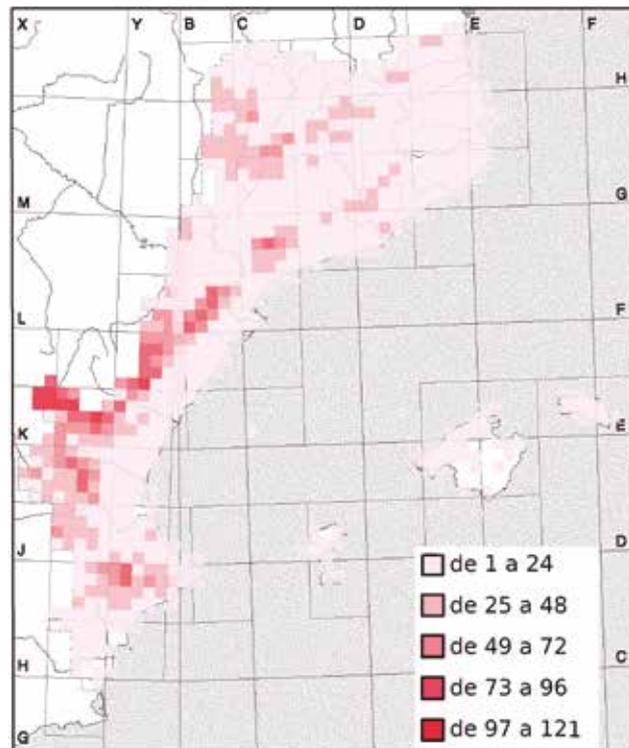


Fig. 8. - Distribución y datos corológicos del corotipo 8. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

Corotipo 9. La distribución geográfica de las plantas de este grupo corresponde a los territorios Mediovalentino y Diánico (Fig. 9) (Bolòs *et al.*, 1990). El elemento mediterráneo es el que predomina claramente (80,6 %) (Tabla 1). La vegetación que define el grupo corresponde a matorrales mediterráneos (romerales, tomillares), atochales y pedregales y roquedos calizos (*Hypericum ericoides*, *Coronilla juncea*, *Ballota hirsuta*, *Echium creticum*, *Elaeoselinum asclepium*, *Silene secundiflora*, *Stipa tenacissima*, *Teucrium buxifolium*, *Valantia hispida*, *Anthyllis cytisoides*, *Asparagus horridus*, *Fumana laevipes*, *Scrophularia sciophila*, *Teucrium pseudochamaepitys*, *Guillonea scabra*, *Trachelium caeruleum*, *Viola arborescens*...).

Corotipo 10. El área de las plantas de este grupo pertenece al territorio Lucéntico (Bolòs *et al.*, 1990) (Fig. 10). La mayoría de las especies son del elemento mediterráneo (74,1 %), pero unas cuantas corresponden al plurirregional (14,1 %) y a las introducidas (8 %) (Tabla 1). Está definido por plantas que crecen en suelos básicos, margosos, arenosos, arcillosos o yesosos más o menos salinos, como *Salsola genistoides*, *Atriplex glauca*, *Halogeton sativus*, *Thymus longiflorus*, *Hammada articulata*, *Salsola oppositifolia*, *Teucrium pumilum*, *Frankenia corymbosa*, *Limonium cossonianum*, *Diploaxis ilorcitana*, *Anthyllis terniflora*, *Echium humile*, *Limonium supinum*, *Sideritis leucantha* y *Matthiola parviflora*.

Corotipo 11. La distribución de las plantas de este grupo se centra en las Islas Baleares (Fig. 11). Las espe-

cies del elemento mediterráneo son las que predominan (69,2 %), aunque destaca también un alto porcentaje de endémicas (21,7 %) (Tabla 1). Entre estas últimas, las más cercanas al centroide, encontramos especies de hábitat muy diversos, como roquedos, gleras, prados, claros de bosques, suelos húmedos y secos: *Digitalis minor*, *Lotus tetraphyllus*, *Euphorbia pithyusa*, *Bellium bellidioides*, *Crepis triasii*, *Cymbalaria aequitriloba*, *Dracunculus muscivorus*, *Pastinaca lucida*, *Astragalus balearicus*, *Arum pictum*, *Satureja cordata*, *Sibthorpia africana*, *Phlomis itálica* y *Teucrium asiaticum*.

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo se reparten en tres. El primer subcorotipo está formado por plantas cuya área se circunscribe a Menorca. Las plantas del segundo subcorotipo tienen una distribución geográfica amplia, como el corotipo, es decir, todas las Islas Baleares. Las plantas del tercer subcorotipo presentan una distribución geográfica limitada a la sierra de Tramuntana de Mallorca, ya que la mitad de ellas son endémicas de esta zona (45,2 %).

Corotipo 12. Plantas con una distribución geográfica litoral (Fig. 12), asociadas a la vegetación sabulícola, esto es, taxones que crecen en playas, arenales y dunas (*Echinophora spinosa*, *Elymus farctus*, *Sporobolus pungens*, *Ammophila arenaria*, *Calystegia soldanella*, *Pancratium maritimum*, *Polygonum maritimum*, *Pseudorhiza pumila*...) y en ambientes salobres (*Cyperus difformis*, *Spartina versicolor*, *Ceratophyllum demersum*...). El porcentaje de las

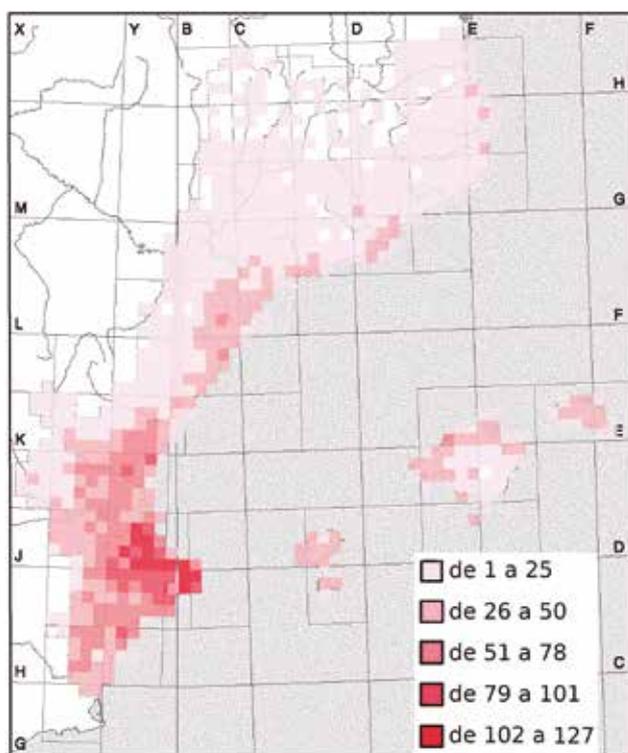


Fig. 9. - Distribución y datos corológicos del corotipo 9. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

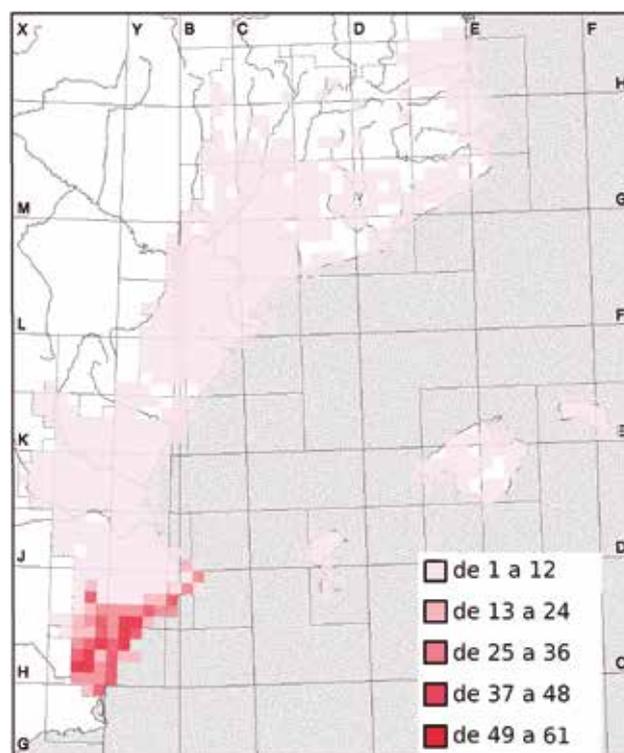


Fig. 10. - Distribución y datos corológicos del corotipo 10. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

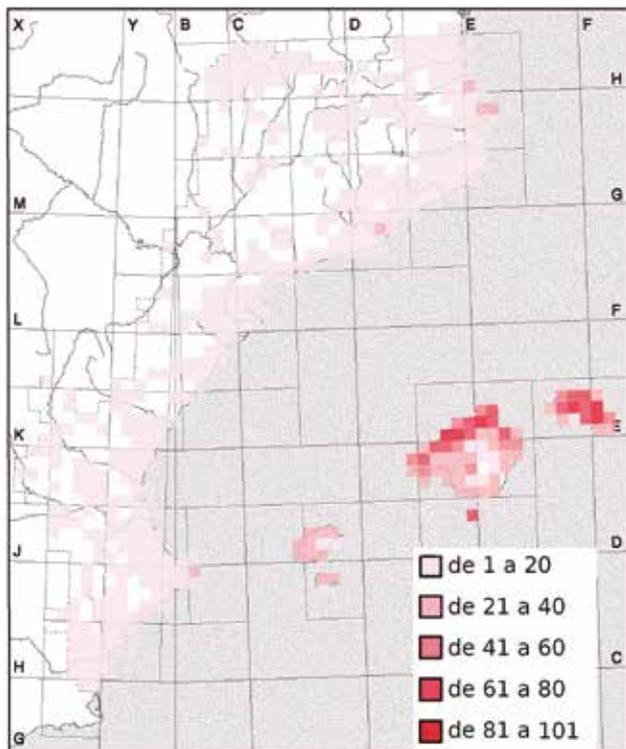


Fig. 11. - Distribución y datos corológicos del corotipo 11. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

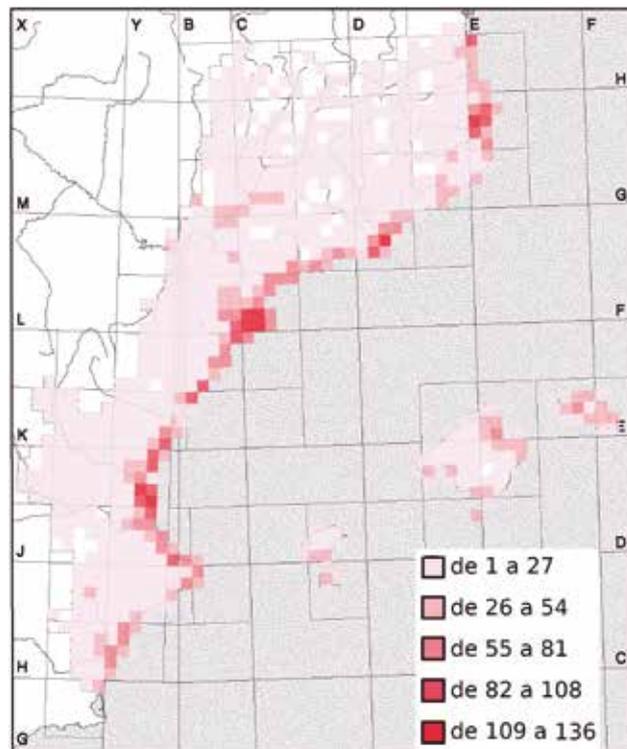


Fig. 12. - Distribución y datos corológicos del corotipo 12. La escala de rojos, descrita en la leyenda (borde inferior derecho), indica el número de especies del grupo presentes en cada cuadrado UTM de 100 m².

especies introducidas es muy alto (20,5 %), explicable porque estas comunidades son de las más perturbadas y por lo tanto las más propensas a las invasiones (Tabla 1). Los elementos mediterráneo (40%) y plurirregional (32,4 %) son los dominantes.

En la partición de 24 grupos las especies de este corotipo (12) se reparten en dos subcorotipos de distribución geográfica diferenciada. Por un lado, un subcorotipo que agrupa plantas de lagunas salinas y de ambientes deltáicos. Por otro lado, un segundo corotipo con plantas que presentan la misma distribución que las del corotipo, en que predomina la vegetación sabulícola.

4. CONCLUSIONES

A partir de la distribución geográfica de las plantas de los Países Catalanes, se pueden definir numéricamente 12 corotipos principales y 19 subcorotipos con significado biogeográfico, los cuales presentan un área de distribución preferente más o menos continua e incluyen especies propias.

Sin embargo, al utilizar fuentes de diferentes orígenes, puede haber ocurrido que uno de los subgrupos (uno de los subcorotipos del corotipo 6) refleje en realidad un defecto en el muestreo de las especies introducidas. No todos los autores recopilan las especies introducidas, y los que lo hacen no utilizan criterios semejantes. En futuros

trabajos, sería interesante estudiar y estandarizar el esfuerzo de muestreo de las especies introducidas.

Las áreas de distribución de algunos corotipos coinciden con los territorios fisiográficos establecidos por Bòlos *et al.* (1990). A pesar de que dichos territorios se basan en características físicas (relieve, clima, suelo, vegetación, etc.) y los corotipos sólo en la distribución de las plantas. Los corotipos 9 y 10 y los subcorotipos de los corotipos 4 y 5 se ajustan con bastante fidelidad a los territorios Lucéntico, Mediovalentino/Diánico, Olositánico y Ruscínico, respectivamente, con lo que esos territorios resultan caracterizados asimismo florísticamente.

Por último, los corotipos que se proponen guardan una cierta relación con las regiones biogeográficas. Hay corotipos donde dominan claramente especies de un único elemento biogeográfico; los corotipos 6, 7, 9, 10 y 11 presentan más de la mitad de taxones del elemento mediterráneo. El elemento eurosiberiano es dominante en el corotipo 4 y el borealpino en los corotipos 1 y 2. En el resto de corotipos (3, 5, 8 y 12) no hay ningún elemento que presente más del 50% de las especies y encontramos dos o tres elementos con porcentajes elevados. Por último, se ha visto que en algunos corotipos dominan las especies que crecen en determinados tipos de suelos (silíceo, yesoso, etc.). Por lo que se concluye que los corotipos no solamente vienen definidos por el clima, sino también por otros factores, como por ejemplo el tipo suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrés, M., Font, X., 2011. Principals patrons de distribució de plantes vasculares a Catalunya. En: Actes del IX Col·loqui Internacional de Botànica Pirenaico-Cantàbrica a Ordino, 33-44. Andorra.
- Baroni-Urbani, C., Ruffo, S., VignaTaglianti, A., 1978. Materiali per una biogeografia italiana fondata su alcunigeneri di coleottericicindelidi, carabidi e crisomelidi. *Memoire-Societa entomologica italiana*.
- Baselga, A., Novoa, F., 2005. Faunistic Heterogeneity across Eurosiberian-Mediterranean Boundary: Chrysomelidae (Coleoptera) in Galicia, Spain. *Annals of the Entomological Society of America* 98(4), 558–564.
- Bolognini, G., Nimis, P. L., 1993. Phytogeography of Italian deciduous oak woods based on numerical classification of plant distribution ranges. *Journal of Vegetation Science* 4(6), 847–860.
- Bolòs, O., 1985. *Corologia de la flora del Països Catalans volum introductor*. Institut d'Estudis Catalans, Secció de ciències, Barcelona. ORCA: Notícies i comentaris; 1.
- Bolòs, O., Vigo, J. De, Masalles, R., Ninot, J. M., 1990. *Flora manual dels països Catalans*. Editorial Pòrtic, Barcelona.
- Bray, J. R., Curtis, J. T., 1957. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27(4), 325–349.
- Britto, B., Arana, C., 2014. Preliminary chorotypes of Peru based on the distribution of Asteraceae family. *Darwiniana, nueva serie* 2(1), 39–56.
- Carmona, J. A., Doadrio, I., Márquez, A. L., Real, R., Hugueny, B., Vargas, J. M., 1999. Distribution patterns of indigenous freshwater fishes in the Tagus River basin, Spain. *Environmental Biology of Fishes* 54, 371–387.
- De Cáceres, M., Oliva, F., Font, X., Vives, S., 2007. GINKGO, a program for non-standard multivariate fuzzy analysis. *Advances in Fuzzy Sets and Systems* 2, 41–56.
- Flemons, P., Guralnick, R., Krieger, J., Ranipeta, A., Neufeld, D., 2007. A web-based GIS tool for exploring the world's biodiversity: The Global Biodiversity Information Facility Mapping and Analysis Portal Application (GBIF-MAPA). *Ecological Informatics* 2(1), 49–60.
- Flores, T., Puerto, M. A., Barbosa, A. M., Real, R., Gosálvez, R. U., 2004. Agrupación en corotipos de los anfibios de la provincia de Ciudad Real (España). *Revista Española de Herpetología* 18, 41–53.
- Font, X., Pérez-García, N., Biurrun, I., Fernández-González, F., Lence, C., 2012. The Iberian and Macaronesian Vegetation Information System (SIVIM, www.sivim.info), five years of online vegetation's data publishing. *Plant Sociology* 49(2), 89–95.
- Font, X., (acceso 03.09.2015), *Mòdul Flora i Vegetació. Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya. Generalitat de Catalunya i Universitat de Barcelona*. Disponible en: <https://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>.
- Gómez, D., 2014. Atlas de la flora vascular de los Pirineos. *Boletín de la AHIM* 16, 39–40.
- Gorghiu, G., Cosmin, M., Carstoiu, D., Nicolescu, C. L., 2008. Software applications dedicated to spatial data processing. *Bulletin UASVM, Horticulture* 65(2), 581–587.
- Israely, N., Ziv, Y., Galun, R., 2005. Metapopulation Spatial – Temporal Distribution Patterns of Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in a Patchy Environment. *Annals of the Entomological Society of America* 98(3), 302–308.
- Liébanas, G., Peña-Santiago, R., Real, R., Márquez, A. L., 2002. Spatial Distribution of Dorylaimid and Mononchid Nematodes from Southeast Iberian Peninsula: Chorological Relationships among Species. *Journal of Nematology* 34(4), 390–395.
- Linder, H. P., de Klerk, H. M., Born, J., Burgess, N. D., Fjeldså, J., Rahbek, C., 2012. The partitioning of Africa: Statistically defined biogeographical regions in sub-Saharan Africa. *Journal of Biogeography* 39(7), 1189–1205.
- MacQueen, J., 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: Cam, L. M. Le, Neyman, J. (eds.), *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium of Mathematical Statistics and Probability*, 281-297. University of California Berkeley, California.
- Moreno Saiz, J. C., Donato, M. H., Katinas, L., Crisci, J. V., Posadas, P. E., 2013. New insights into the biogeography of south-western Europe: Spatial patterns from vascular plants using cluster analysis and parsimony. *Journal of Biogeography* 40(1), 90–104.
- Moreno Saiz, J. C., Lobo, J. M., 2008. Iberian-Balearic fern regions and their explanatory variables. *Plant Ecology* 198(2), 149–167.
- Oliva, F., De Cáceres, M., Font, X., Cuadras, C. M., 2001. Contribuciones desde una perspectiva basada en proximidades al Fuzzy K-means clustering. En: XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Úbeda, España.
- Pausas, J. C., Carreras, J., Ferré, Font, X., 2003. Coarse-scale plant species richness in relation to environmental heterogeneity. *Journal of Vegetation Science* 14, 661–668.
- Pausas, J. G., Sáez, L., 2000. Pteridophyte richness in the NE Iberian Peninsula: Biogeographic patterns. *Plant Ecology* 148(2), 195–205.
- Real, R., Olivero, J., Vargas, J. M., 2008. Using chorotypes to deconstruct biogeographical and biodiversity patterns: The case of breeding water birds in Europe. *Global Ecology and Biogeography* 17(6), 735–746.
- Teneb, E. A., Cavieres, L. A., Parra, M. J., Marticorena, A., 2004. Patrones geográficos de distribución de árboles y arbustos en la zona de transición climática mediterráneo-templada de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 77(1), 51–71.
- VV. AA, 2010. Atlas de la Flora de Aragón. Instituto Pirenaico de Ecología-Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Disponible en: <http://www.ipe.csic.es/> (acceso 16.02.2015).

Las plantas alóctonas de la Coma de Burg (Pirineos Centrales Catalanes)

Allochthonous plants from La Coma de Burg (Catalan central Pyrenees)

Angel Romo¹, Neus Ibáñez¹, Meritxell Campos²

¹ Institut Botànic de Barcelona (IBB, CSIC-ICUB), Passeig del Migdia s/n, 08038 Barcelona, <http://orcid.org/0000-0001-8135-8570>.

² Centre d'Art i Natura (CAN), La Bastida s/n, 25595 Farrera, Pallars Sobirà, Lleida; Illustration & Visual Art Xell Campos, Bruc del mig 9 baixos, 08294 El Bruc, Barcelona. Contacto: a.romo@ibb.csic.es / angel.romo@gmail.com

RESUMEN

¿Están las áreas, con baja densidad de población y situadas en zonas apartadas de la cordillera pirenaica poco invadidas por las plantas alóctonas? Para contestar a esta pregunta se ha estudiado la unidad geográfica de la Coma de Burg. En ella se han encontrado un total de 235 táxones de plantas vasculares viviendo en los hábitats antropizados, de las cuales 175 son plantas nativas (74.4%) y 60 alóctonas (25.6%). Entre las plantas alóctonas destaca el grupo de los arqueófitos con 34 táxones (14.4%), seguido por los neófitos con 24 taxones (11.2 %) de las cuales solo tres están consideradas plantas invasoras agresivas.

En los últimos 35 años, en las áreas apartadas y con baja densidad de población, se han detectado numerosos neófitos nuevos, caso de la Coma de Burg. En ésta solo se conocían hasta época muy reciente una de las tres plantas invasoras detectadas y no se mencionaban gran parte de los neófitos no invasores agresivos hallados por nosotros. De los 24 neófitos encontrados durante el trabajo de campo realizado durante los años 2013 y 2014, dieciséis, que representan un 73%, no habían sido detectados en los estudios previos y dos (un 9%) eran conocidos de las cercanías de la Coma de Burg y solo cuatro neófitos (un 18% del total) eran previamente conocidos de esta área. Aunque el número de neófitos de la Coma de Burg es menor que el de las áreas periurbanas, cercanas a mayores núcleos de población y más densamente habitadas, es interesante destacar que la llegada masiva de neófitos a esta área montañosa de la Coma de Burg, es relativamente reciente.

PALABRAS CLAVE: Alóctona, arqueófito, baja densidad de población humana, flora, lugares remotos, neófito, Pirineos, plantas invasoras..

ABSTRACT

Are the thinly-populated and more remote areas of the Pyrenean Chain little affected by allochthonous plant species? To answer this question the Coma de Burg district (region) has been the object of our study. Within this area, a total of 235 vascular plant taxa occurring in altered habitats have been encountered, of which 175 (74.4%) are native species and 60 (25.6%) are non-native. Of these allochthonous plants, the group of archaeophytes, with 34 taxa (14.4%), stands out, followed by neophytes, with 24 taxa (11.2%), three of which are considered to be aggressive invaders.

It needs saying that in the last 35 years numerous new neophytes have been detected in somewhat remote areas of low population density such as is the case of Coma de Burg. In this district until recent times only one of the three aggressive newcomers was known, and the greater part of the remaining neophytes found by us went unmentioned.

Of the 24 neophytes encountered during our field work during 2013-2014, sixteen (representing 73%) had not been detected in previous studies, and two (9%) were known from the area around Coma de Burg but not expressly indicated from this district. Only four neophytes (18% of the total) were previously known from this area.

Although the total number of neophytes in the Coma de Burg is lower than that of suburban areas near the major urban and other more densely-populated areas, it is of interest to emphasize that the massive arrival of these plant species to this mountainous area is relatively recent.

KEY WORDS: Allochthonous, archaeophyte, flora, invasive plants, low human population density, neophyte, remote areas, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

Las plantas alóctonas han sido identificadas como un desafío para la conservación de la biodiversidad (Lonsdale, 1999; Mack *et al.*, 2000; Pauchard y Alaback, 2004). Causan pérdidas en la riqueza de especies de la flora autóctona y afectan a la estructura y la dinámica de los ecosistemas (Mack *et al.*, 2000). Además representan una gran amenaza para los sistemas naturales, ya que sus efectos no son fáciles ni de predecir ni de controlar (Stohlgren *et al.*, 2001, 2002).

Los estudios en los Pirineos sobre plantas alóctonas son escasos y se encuentran dentro de las obras de ambi-

to geográfico más amplio o en obras generales sobre flora, caso de la Coma de Burg, cuyo estudio se engloba en la flora de la Vall Ferrera (Farreny 1978) y en el estudio global de la flora catalana (Bolòs, 1998; Casasayas, 1989).

MATERIAL Y MÉTODOS

La Coma de Burg se encuentra integrada en la actualidad en el Parque Natural del Alt Pirineu (Figura 1). En ella el punto más bajo se ubica a 824 m, en el río Noguera de Cardós, y el más elevado a 2515 m, en el Pic de Mà-niga. Forma parte de los municipios de Farrera y Tírvia,

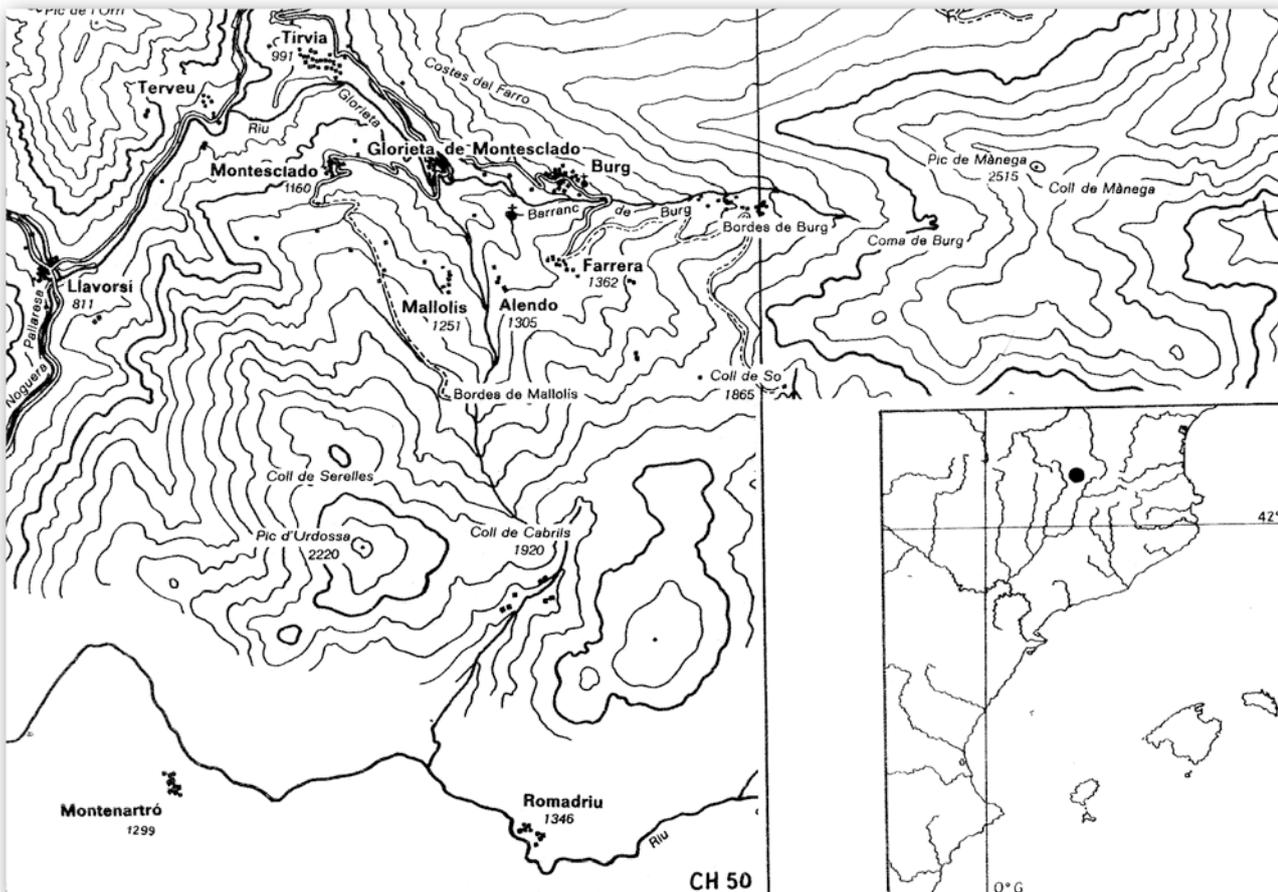


Fig. 1. - Situación de la Coma de Burg, redibujado de Farreny (1978).

que cuentan con varios agregados de población: Alendo, Burg, Glorieta, Mallolís, Montesciador y Terveu, además de numerosas bordas. Abarca una superficie aproximada de 3.600 ha y una población permanente que no alcanza a los 270 habitantes. El municipio de Farrera tiene una de las menores densidades de población de Cataluña con 1,97 hab/km². La Coma se ubica en la comarca del Pallars Sobirà, en la provincia de Lleida (Cataluña). ¿Están estas áreas, con baja densidad de población y situadas en zonas apartadas de la cordillera pirenaica, poco invadidas por las plantas alóctonas?

Para poder responder a esta pregunta se ha estudiado la Coma de Burg durante los años 2013 y 2014. Con este fin se han explorado minuciosamente todo tipo de hábitats altamente antropizados, ya que la riqueza de neófitos está asociada con la intensidad de humanización del paisaje (Gassó *et al.*, 2012). Se han estudiado con detalle: taludes, muros, calles de los núcleos de población y sus aledaños, cunetas de márgenes de carreteras y caminos, lugares de extracciones de áridos, áreas recreativas, cercanías de las bordas y todo tipo de hábitats muy alterados por las actividades humanas. Se han identificado todas las plantas vasculares presentes en ellos y para que todos los táxones queden detectados, se han levantado inventarios de vegetación de acuerdo con la metodología fitosociológica

matizada por Mueller-Dombois y Ellenberg (2002). Se ha revisado, además, la bibliografía sobre flora de este territorio (Farreny, 1978; Bolòs, 1998; Casasayas, 1989).

RESULTADOS

Se han encontrado un total de 232 táxones de plantas vasculares viviendo en los hábitats intensamente antropizados, de las cuales 175 son plantas nativas (74.4%) y 60 son plantas alóctonas (25.6%). Entre las alóctonas destaca el grupo de los arqueófitos con 34 táxones (14.4%), seguido por los neófitos no agresivos con 21 táxones (9.05%); los neófitos altamente agresivos o plantas invasoras se limitan a tres taxones (2.15%), (Tabla 1). Los neófitos invasores representan el 5% del total, frente a un 35% de neófitos que pueden llegar a tener un comportamiento agresivo en el futuro y, por otro lado, la gran mayoría, un 60%, esta representada por neófitos de carácter no invasor según Sanz-Elorza *et al.* (2001) (Tabla 1).

Estas tres plantas neófitas invasoras son: *Buddleja davidii* Franch., que es empleada en jardinería en núcleos de población como Alendo, donde se encuentran pies de esta planta en los taludes de la carretera entre la Borda de Cota y Tírvia; *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn., que vive en núcleos urbanos y huertos y que se

Taxon	Estatus	Citado por Farreny (1978) de la Coma de Burg	Comportamiento invasivo
<i>Althaea cannabina</i> L.	Neófito	no	1
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Neófito	si	1
<i>Aptenia cordifolia</i> (L.f.) Schwantes	Neófito	no	1
<i>Atriplex patula</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Ballota nigra</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Bilderdykia convolvulus</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Bromus sterilis</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Bromus tectorum</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) Vent.	Neófito	no	1
<i>Buddleja davidii</i> Franch.	Neófito agr.	no	3
<i>Chaenorrhinum minus</i> (L.) Lange	Arqueófito	si	
<i>Chenopodium album</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Cichorium intybus</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Neófito	no	2
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Neófito	si	2
<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult. F.) Asch. & Graebn.	Neófito	no	3
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Arqueófito	no	
<i>Datura stramonium</i> L.	Neófito	no	1
<i>Daucus carota</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Arqueófito	no	
<i>Erodium ciconium</i> (L.)	Neófito	no	1
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Neófito	no	2
<i>Hordeum murinum</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Impatiens balfourii</i> Hook. f.	Neófito	no	2
<i>Laurus nobilis</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Lepidium graminifolium</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Arqueófito	si	
<i>Medicago lupulina</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.	Arqueófito	no	
<i>Medicago sativa</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Melilotus albus</i> Medik.	Arqueófito	no	
<i>Mercurialis annua</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Onopordum acanthium</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Panicum capillare</i> L.	Neófito	no	1
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	Neófito	no	1
<i>Papaver argemone</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Neófito	no	1
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch.	Neófito	no	1
<i>Pennisetum villosum</i> Fresen.	Neófito	no	2
<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss	Arqueófito	no	
<i>Populus alba</i> L.	Neófito	si	2
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Neófito	si	3
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	Arqueófito	no	

Taxon	Estatus	Citado por Farreny (1978) de la Coma de Burg	Comportamiento invasivo
<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.	Arqueófito	si	
<i>Stachys byzantina</i> K. Koch	Neófito	no	1
<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S. F. Blake	Neófito	no	
<i>Syringa vulgaris</i> L.	Neófito	no	1
<i>Tanacetum balsamita</i> L.	Arqueófito	no	
<i>Torilis arvensis</i> (Huds.) Link	Arqueófito	no	
<i>Verbena officinalis</i> L.	Arqueófito	si	
<i>Veronica persica</i> Poir.	Neófito	si	1
<i>Veronica polita</i> Fr.	Arqueófito	si	
<i>Viola arvensis</i> Murray	Arqueófito	no	
<i>Xanthium spinosum</i> L.	Neófito	no	2

Tabla 1. - Taxones alóctonos encontrados durante el presente estudio en la Coma de Burg. Significado de los símbolos, adaptado de Richardson *et al.* (2010) y de Sanz-Elorza *et al.* (2001): 1, neófito sin un comportamiento invasivo, y que por el momento sólo se encuentra en ecosistemas muy perturbados. 2, neófito que, aunque no amenaza los ecosistemas naturales o artificiales, se sospecha que lo hagan en un futuro cercano. 3, neófito peligroso, causante de daño o alteración ecológica en los ecosistemas naturales.

localiza por ahora en la Coma de Burg confinada al helipuerto de Tírvia y *Robinia pseudoacacia* L., que coloniza las tierras removidas y taludes por debajo de la cota de 1.100 m.

A estos tres táxones se tiene que añadir *Senecio inaequidens* DC., neófito invasor, que ha estado indicado de las cercanías de la Borda de la Cota hacia Araós el 1 de octubre de 2006 por Aymerich Boixader (2007) donde este autor vió un ejemplar, pero nosotros no lo hemos vuelto a encontrar.

Otra especie invasora que no parece expandirse a cotas más altas, y que vive en la periferia de la Coma, es la caña *Arundo donax* L., que se encuentra en los huertos de Llavorsí, hallándose allí varios pies en fecha de 20.11.2013. En este mismo lugar fue detectada previamente por Fernández Gil (2010) con fecha de 01.10.2009.

Anotamos a continuación las referencias más sobresalientes de los cuatro primeros neófitos invasores citados anteriormente:

Buddleja davidii

No indicada del Pallars Sobirà ni por Bolòs (1998), ni posteriormente por Bolòs *et al.* (2001). Planta invasora incluida en Real Decreto 630/2013 (España 2013). La hemos observado colonizando taludes de la carretera entre Tírvia y la Bana (25.10.2013).

Cortaderia selloana

Aunque Bolòs y Vigo (2001) la consideran una planta cultivada, que raramente sobrevive en solares abandonados, presenta una alta capacidad para invadir riberas y cauces fluviales (Sanz-Elorza *et al.*, 2004). Por este motivo debería prohibirse su cultivo en jardinería. Es una planta invasora incluida en Real Decreto 630/2013 (España 2013).

Fernández Gil (2010) indica la presencia de este taxon en huertos y núcleos urbanos de Esterrí de Cardós (09.09.2009), de Escaló (01.10.2009) y de la Central de

Llavorsí (09.09.2009). Como planta decorativa, ya fue encontrada en el Helipuerto de Tírvia (30.09.2009) por Fernández Gil (2010), donde también ha sido detectado por nosotros el 18.11.2013.

Robinia pseudoacacia

Taxon por ahora limitado a taludes y derrubios y áreas urbanas y periurbanas de la Coma de Burg. No invade ni bosques de ribera ni otras comunidades en las cercanías de torrenteras. Dado su alto grado de colonización en otros sistemas montañosos, caso de los Alpes (Aeschmann *et al.*, 2004), y las numerosas lagunas de su ausencia en los Pirineos (Bolòs 1998), creemos que no ha alcanzado su óptimo de expansión en las torrenteras y taludes del Pallars Sobirà.

Senecio inaequidens

Taxon de llegada reciente a los alrededores de la Coma de Burg. Aymerich Boixader (2007) lo mencionan como nuevo en el ámbito, en sentido amplio, del Parc Natural de l'Alt Pirineu y lo indican de Tírvia: margen de la carretera de la Vall Ferrera, unos 100 m tras el cruce de Tírvia, el 01.10.2006. Posteriormente, Fernández Gil (2010) indica la presencia de este taxon en Rialp, desvío de Port Ainé el 09.10.2009.

Aunque hemos buscado con ahínco este taxon durante los años 2013 y 2014 no nos ha sido posible dar con él dentro de la Coma de Burg. Esta planta es una invasora muy agresiva y esta incluida en el Real Decreto 630/2013 (España 2013).

Entre los neófitos de moderado poder invasor, que han alcanzado Coma de Burg y que pueden llegar a tener en un futuro próximo un comportamiento invasor agresivo destaca *Impatiens balfourii* Hook f. Es un taxon fácil de detectar, no anotado por Farreny (1978), y que fue citado primero por Bolòs (1998), del cuadrado UTM CH 50 (Llavorsí) y, posteriormente, del cuadrado UTM CG 49 (Sort) (Bolòs

et al., 1998). Las citas más recientes se encuentran en Fernández Gil (2011). Este autor menciona este taxon fuera de núcleos urbanos, recubriendo taludes: en Llavorsí, Hostal del Rei (20.08.2010) y también en Tírvia, hacia la Bana, cerca del río Noguera de Cardós (17.08.2010).

Nosotros lo hemos visto también en el núcleo de población de Ribera de Cardós 20.11.2013 (CH 51). Es un taxon naturalizado presente en todos los departamentos de la Francia continental mediterránea (Tison *et al.*, 2014). En las localidades estudiadas se limita a los núcleos urbanos, pero no hay que perder de vista que en Francia coloniza los aluviones de los cursos de agua (Tison *et al.*, 2014) y los lugares sombríos eutróficos (Tison and Foucault de, 2014). Creemos que es un taxon en plena expansión, que es considerado invasivo en Italia (Bouvet 2013) y que en la cordillera pirenaica puede alcanzar este estatus, aunque Sanz-Elorza *et al.* (2004) no lo consideran como tal. En cambio, Blanco Salas y Vázquez Pardo (2014) la consideran una planta invasora.

DISCUSIÓN

El número de neófitos encontrados en la Coma de Burg es similar al que dan Chytrý *et al.* (2008) para la vegetación ruderal del conjunto de Cataluña (5.3 de media con una desviación estándar de 10.69), y están representados por una media de 17 especies con una desviación estándar de ± 9 especies. Esta diferencia de porcentajes (11.20% en nuestro estudio) es debida a aspectos metodológicos, pues nosotros hemos estudiado únicamente ambientes altamente antropizados.

En un trabajo reciente publicado por Šilc *et al.* (2012) sobre algunas áreas de los Balcanes el porcentaje de neófitos detectado es equiparable al que hemos encontrado nosotros (11.20%). Esto nos hace pensar que incluso los lugares mas apartados no escapan a las invasiones biológicas de las plantas.

Nuestros resultados ratifican los datos hallados por otros autores. En ellos se confirma que las comunidades estables, hábitats raros y lugares remotos (Swenson *et al.*, 1997; Greimler *et al.*, 2002; Cuevas *et al.*, 2004; Romo *et al.*, 2012) no están exentas de las invasiones biológicas, y lo mismo sucede en las zonas apartadas y con baja densidad de población de los Pirineos centrales (García y Gómez 2007).

CONCLUSIONES

Es interesante resaltar que en los últimos 35 años se han detectado numerosos neófitos en las áreas apartadas y con baja densidad de población de la cordillera Pirenaica. Este es el caso de la Coma de Burg, donde numerosos neófitos no habían sido hallados en el estudio previo realizado por Farreny (1978), (Tabla 1). Aunque esta llegada de neófitos es menor que en las áreas periurbanas, cercanas a mayores núcleos de población y más densamente habitadas (Kollmann *et al.*, 2013; Pyšek *et al.*, 2004), es interesante destacar que las áreas montañosas apartadas,

como la Coma de Burg, no están exentas de la llegada masiva de neófitos, y que ésta es relativamente reciente.

Ante este escenario sería necesario realizar seguimientos y monitoreos periódicos para ver la dinámica de estos neófitos en las nuevas áreas invadidas. También es preciso conocer mejor la biología de estos neófitos (Kühn *et al.*, 2004) para poder controlarlos, especialmente en el caso de las especies invasoras.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con el soporte logístico del "Centre d'Art i Natura de Farrera" durante los años 2013 (Angel Romo) y 2014 (Meritxell Campos). Mikel Lorda ha realizado una revisión crítica del texto y ha sugerido modificaciones que han mejorado la versión final de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aeschimann, D., Lauber, K., Moser, D. M., Theurillat, J. P., 2004. Flora Alpina. Verlag Paul Haupt, Bern.
- Aymerich Boixader, P., 2007. Anuari naturalista del Parc Natural de l'Alt Pirineu 2006. Llavorsí (Lleida): Parc Natural de l'Alt Pirineu. Disponible en: <http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/detalls/Article/Anuari-Naturalista-del-Parc-Natural-de-l'Alt-Pirineu>.
- Blanco Salas, J., Vázquez Pardo, F. M., 2014. Impatiens balfourii Hook f. (Balsaminaceae) actuando como especie invasora en la Reserva Natural de la Garganta de los Infiernos (Extremadura). *Bouteloua* 18, 100-105.
- Bolòs, O. de, 1998. Atlas coròlogic de la Flora Vasculardels Països Catalans, 2 volums compilatoris. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Bolòs, O. de, Font, X, Pons, X., Vigo, J., 1998. Atlas coròlogic de la Flora Vasculardels Països Catalans, volum 8. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Bolòs, O. de, Font, X., Vigo, J. 2001. Atlas coròlogic de la Flora Vasculardels Països Catalans volum 11. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Bolòs, O., Vigo J., 2001. Flora Vasculardels Països Catalans, volum 4. Editorial Barcino, Barcelona.
- Bouvet, D., 2013. Plante esotiche invasive in Piemonte. Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino.
- Casasayas i Fornell, T., 1989. La flora al·lòctona de Catalunya. Catàleg raonat de les plantes vasculars exòtiques que creixen sense cultiu al NE de la Península Ibèrica. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, Facultat de Biologia.
- Chytrý, M., Maskell, L. L, Pino, J. Petr Pyšek, P., Vilà, M., Font, X., Smart, S. M., 2008. Habitat invasions by alien plants. *Journal Applied Ecology* 45, 448-458.
- Cuevas, J., Marticorena, A., Cavieres, L., 2004. New additions to the introduced flora of the Juan Fernández Islands: origin, distribution, life history traits, and potential of invasion. *Revista Chilena de Historia Natural* 77, 523-538.
- España, 2013. Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. *Boletín Oficial del Estado*, 3 de agosto de 2013, 185: 56764-56786. <https://www.boe.es/boe/dias/2013/08/03/pdfs/BOE-A-2013-8565.pdf>

- Farreny, J. E., 1978. Contribució al coneixement de la flora de Vallferrera. *Acta Botanica Barcinonensis* 30, 11-118.
- Fernández Gil, J., 2010. Anuari naturalista del Parc Natural de l'Alt Pirineu 2009. Llavorsí (Lleida): Parc Natural de l'Alt Pirineu. Disponible en: <http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/detalls/Article/Anuari-Naturalista-del-Parc-Natural-de-lAlt-Pirineu>.
- Fernández Gil, J., 2011. Anuari naturalista del Parc Natural de l'Alt Pirineu 2010. Llavorsí (Lleida): Parc Natural de l'Alt Pirineu. Disponible en: <http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/detalls/Article/Anuari-Naturalista-del-Parc-Natural-de-lAlt-Pirineu>.
- García, M. B., Gómez, D., 2007. Flora del Pirineo Aragonés, patrones espaciales de biodiversidad y su relevancia para la conservación. *Pirineos* 162, 71-88.
- Gassó, N., Pino, J., Font, X., Vilà, M. 2012. Regional context affects native and alien plant species richness across habitat types. *Applied Vegetation Science* 15, 4-13.
- Greimler, J., López, P., Stuessy, T. F., Dirnböck, T., 2002. The vegetation of Robinson Crusoe Island (Isla Masatierra) Juan Fernández Archipelago, Chile. *Pacific Science* 56, 263-284.
- Kollmann, J., Heger, T., Jeschke J., 2013. Auswirkungen von Neobiota auf die Biodiversität – eine Frage des Maßstabs, der Artengruppen und ökologischen Mechanismen. *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* 25, 123-131.
- Kühn, I., Durka, W., Klotz, S., 2004. BiolFlor—a new plant-trait database as a tool for plant invasion ecology. *Diversity and Distribution* 10, 363-365.
- Lonsdale, W. M., 1999. Global patterns of plant invasions, and the concept of invasibility. *Ecology* 80, 1522-1536.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F. A., 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecology Application* 10, 689-710.
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H., 2002. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey.
- Pauchard, A., Alaback P., 2004. Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of south-central Chile. *Conservation Biology* 18(1), 238-248.
- Pyšek, P., Richardson D. M., Rejmánek, M., Webster, G. L., Williamson, M., Kirschner, J., 2004. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* 53(1), 131-143.
- Richardson, D., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C.J., 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6, 93-107.
- Romo, A., Ferrari, S., Romo, N., Albrieu, C., Kofalt, R., 2012. Fitodiversidad en la estepa magallánica húmeda de la Patagonia Argentina. En: Cunill, R. *et al.* (eds.), *Las zonas de montaña: gestión y biodiversidad*, 203-208. GRAMP (Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge), Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona; Fundació Catalunya Caixa. España.
- Sanz-Elorza, M., Dana, E. D., Sobrino, E., 2001. Aproximación al listado de plantas alóctonas invasoras reales y potenciales en España. *Lazaroa* 22, 121-131.
- Sanz-Elorza, M., Dana, E. D., Sobrino, E., 2004. Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Šilc, U., Vrbničanin, S., Božić, D., Čarni, A., Stevanović, Z., 2012. Alien plant species and factors invasiveness of anthropogenic vegetation in the NW Balkans, a phytosociological approach. *Central European Journal of Biology* 7(4), 720-730.
- Stohlgren, T. J., Barnett, D. T., Kartesz, J. T., 2001. Patterns of plant invasion: A case example in native species hotspots and rare habitats. *Biological Invasions* 3(1), 37-50.
- Stohlgren, T. J., G.W. Chong, L. D. Schell, K. A. Rimar, Y. Otsuki, M. Lee, M.A. Kalkha, M. A., Villa C. A., 2002. Assessing vulnerability to invasion by non native plant species at multiple scales. *Environmental Management* 29, 566-577.
- Swenson, U., Stuessy, T. F., Baeza, M. Crawford, D. J., 1997. New and historical plant introductions, and potencial pests in the Juan Fernández Islands. *Chile. Pacific Science* 51, 233-253.
- Tison, J. M., de Foucault, B., 2014. *Flora Gallica*. Biotope éditions, Mèze.
- Tison, J. M., Jauzein, P., Michaud, H., 2014. *Flore de la France méditerranéenne continentale*. Naturalia Publications, CBN-Med, Turriers.

Diversidad haplotípica en *Saxifraga* sección *Gymnopera* D. Don (Saxifragaceae)

Haplotype diversity in *Saxifraga* Sect. *Gymnopera* D. Don (Saxifragaceae)

Mauro Sanna¹, Eduardo Cires¹, José Antonio Fernández-Prieto¹

¹ Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo. c/ Valentín Andrés Álvarez 33005 s/n, Oviedo, España.
+ 34 985104827. Autor para la correspondencia: Mauro Sanna (sannamaur@gmail.com).

RESUMEN

Las plantas incluidas en la sección *Gymnopera* del género *Saxifraga* muestran una distribución exclusivamente europea y todas medran en los territorios pirenaico-cantábricos. Se han realizado escasos estudios de carácter filogenético en este grupo de plantas y tanto su origen, como las relaciones con otras secciones del género están pendientes de investigar. Este estudio se focaliza en la diversidad haplotípica de la sección mediante el análisis de secuencias cloroplásticas (espaciador *trnL-F* y una región parcial del gen *rbcL*), regiones previamente utilizadas en trabajos filogenéticos y filogeográficos de la familia Saxifragaceae. Gracias al análisis de estas regiones, se ha detectado la diversidad genética existente entre las muestras de las cuatro especies que componen la sección: *S. cuneifolia* L., *S. hirsuta* L., *S. spathularis* Brot. y *S. umbrosa* L. Los resultados indican una mayor diversidad haplotípica en la península Ibérica respecto a Irlanda y los territorios más orientales donde está representada la sección, lo que podría indicar un posible origen ibérico de las plantas de la sección *Gymnopera* que en épocas sucesivas habría colonizado otras áreas.

PALABRAS CLAVE: *Saxifraga*, haplotipos, filogenia, filogeografía.

ABSTRACT

The plants systematized in the *Gymnopera* section of the genus *Saxifraga* include only European plants and all of them grow in the Pyrenean-Cantabrian territories. Few phylogenetic studies have been carried out in this group of plants and both its origin and its relationships with other sections of the genus *Saxifraga*, have to be investigated. This work focuses on the haplotype diversity of the section by the analysis of chloroplast sequences corresponding to regions previously used in phylogenetic and phylogeographic works on the family Saxifragaceae. When the sequences of the *trnL-F* spacer and a partial region of the *rbcL* gene, the genetic diversity between samples of the four species of the section (*S. cuneifolia* L., *S. hirsuta* L., *S. spathularis* Brot. y *S. umbrosa* L.), have been detected. The results show a greater haplotype diversity in the Iberian peninsula with respect to Ireland and to the more oriental territories where the section is present. This could indicate a possible Iberian origin of the plants of the section *Gymnopera*.

KEY WORDS: *Saxifraga*, haplotypes, phylogeny, phylogeography.

INTRODUCCIÓN

Según la sistemática actualmente aceptada, la sección *Gymnopera* D. Don del género *Saxifraga* L. agrupa cuatro especies (Gornall, 1987; Tkach *et al.*, 2015) que se distribuyen por las montañas del sur de Europa e Irlanda: *S. cuneifolia* L. que vive desde los Pirineos orientales hasta los Cárpatos, pasando por los Alpes; *S. hirsuta* L. en la Cordillera Cantábrica, Pirineos e Irlanda; *S. spathularis* Brot. en las montañas del norte de Portugal, Cordillera Cantábrica e Irlanda y *S. umbrosa* L. endémica de los Pirineos (Tutin *et al.*, 1964; Euro+Med, 2006). En este estudio se considerarán las dos subespecies habitualmente reconocidas en *S. hirsuta*: subsp. *hirsuta* L. y subsp. *paucicrenata* (Leresche ex Gillot) D. A. Webb. Aunque existen varios estudios sobre la filogenia del género *Saxifraga* que incluyen muestras de plantas de esta sección (Soltis *et al.*, 2001; Tkach *et al.*, 2015), el conocimiento sobre la diversidad intraespecífica y las relaciones interespecíficas existentes a lo largo de su área de distribución es escaso. Los estudios realizados mediante marcadores moleculares cloroplásticos, parecen

indicar distintas líneas evolutivas a partir de otras secciones que confluyeron en la sección *Gymnopera* (Tkach *et al.*, 2015). No obstante, la escasez de datos impide obtener conclusiones claras sobre el origen de la sección, por lo que es necesario un estudio más completo sobre su diversidad y las relaciones con las otras secciones del género. Este estudio preliminar se centra en la diversidad haplotípica de la sección *Gymnopera* mediante el análisis de secuencias cloroplásticas relativas al espaciador *trnL-F* y una región parcial del gen *rbcL*. Tratamos de detectar la diversidad genética existente en muestras de las cuatro especies incluidas en la sección, con especial énfasis en las dos ampliamente distribuidas en el noroccidente de la Península Ibérica e Irlanda: *S. hirsuta* y *S. spathularis*.

ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

Un total de 75 muestras de plantas pertenecientes a la sección *Gymnopera* del género *Saxifraga* han sido colectadas a lo largo de sus áreas de distribución. Actualmente,

el número de muestras estudiado de las cuatro especies ha sido: *S. cuneifolia* (4 muestras), *S. hirsuta* s.l. (29 muestras de las cuales 22 corresponden a la subsp. *hirsuta* y 7 a la subsp. *paucicrenata*), *S. spathularis* (39 muestras) y *S. umbrosa* (3 muestras). Además, se han utilizado como grupos externos una muestra de *S. granulata* (tipo del género) y una de *Micranthes stellaris* (Tabla 1).

El ADN genómico se ha extraído a partir de 10-20 mg de hojas previamente deshidratadas en gel de sílice con el kit DNeasy Plant Mini Kit de Qiagen siguiendo las instrucciones del fabricante. En algunos casos la elución final resultó ser de aspecto gelatinoso; este problema se solucionó con la utilización de un 5% de β -mercaptoetanol en el tampón de extracción. El ADN extraído se cuantificó mediante electroforesis horizontal en geles de agarosa al 1% y 0.5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de bromuro de etidio y utilizando un sistema Gel Logic 100 (KODAK) y el programa KODAK 1D Image Analysis. Mediante la reacción en cadena de la po-

limerasa (PCR) se amplificaron las regiones cloroplásticas *rbcL* (parcial) y *trnL-F* utilizando los cebadores 890F-3'R para el gen *rbcL* (Fernández Prieto *et al.*, 2013; Olmstead *et al.*, 1992) y Le-Lf para el espaciador *trnL-F* (Taberlet *et al.*, 1991). Cada reacción de PCR se hizo en 25 μL de volumen final, 2.5 μL de 10x PCR buffer (Biotools), 2.5 mM de MgCl_2 , 0,2 mM dNTPs, 0,08 μM de cada cebador y 0,5 U de polimerasa (Biotools). Las amplificaciones se realizaron mediante 35 ciclos de PCR que consistieron en 94°C durante 1 min, una fase de hibridación optimizada previamente de 60°C para el *rbcL* y 52°C para el *trnL-F* durante 1 min y una fase de extensión de 72°C de 1 min precedidos de 1 ciclo de desnaturalización de 5 min a 94°C y una fase final de extensión de 72°C durante 1 min. Los productos de PCR obtenidos se visualizaron y cuantificaron mediante electroforesis horizontal en geles de agarosa al 1% y 0.5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de bromuro de etidio. La secuenciación mediante el método de Sanger se realizó mediante un servicio exter-

Taxa	Código	Localización	Altitud (m)	UTM		
				Zona	E	N
<i>S. cuneifolia</i>	SC1	Italia – Valle d'aosta – Petit San Bernard	1833	32T	337986	5063645
	SC2	Italia – Piamonte – Valdieri	775	32T	372746	4903500
	SC3	Eslovenia – Črna na Koroškem – Mt. Greben	1317	33T	483212	5142224
	SC4	Rumanía – Vrancea – Lepsa	721	35T	466227	5086461
<i>S. hirsuta</i> subsp. <i>hirsuta</i>	SHH1	Francia – Altos Pirineos – Argelez Gazost	569	30T	740999	4757584
	SHH2	Francia – Pirineos Atlánticos – Eaux bonnes	857	30T	713629	4760669
	SHH3	Francia – Pirineos Atlánticos – Arneguy	312	30T	639452	4773866
	SHH4	España – Navarra – Roncesvalles	1052	30T	636700	4764018
	SHH5	España – País Vasco – Hendaya	127	30T	593068	4796546
	SHH6	España – Navarra – Lekunberri	593	30T	589222	4763020
	SHH7	España – País Vasco – Gorbeia	1344	30T	518064	4765207
	SHH8	España – Rioja – Ezcaray	1025	30T	501436	4684416
	SHH9	España – Cantabria – Arredondo	147	30T	453309	4791679
	SHH10	España – Cantabria – Puerto de Palombera	879	30T	396986	4772101
	SHH11	España – Cantabria – Desfiladero de Urdón	154	30T	367134	4791435
	SHH12	España – Asturias – Vega de Ario	1257	30T	339966	4791708
	SHH13	España – Asturias – Aller	754	30T	298300	4774410
	SHH14	España – Asturias – Valle del arroyo de la ñora	30	30T	291158	4823934
	SHH15	España – Asturias – Granullo	1322	30T	286344	4773502
	SHH16	España – Asturias – Pajares	1236	30T	274624	4764622
	SHH17	España – Asturias – La Vara	437	30T	262718	4794222
	SHH18	España – Asturias – Tuñon	113	30T	257959	4797804
	SHH19	España – Asturias – Muniellos	785	29T	693664	4760991
	SHH20	España – Galicia – Lugo	627	29T	648914	4716504
	SHH21	Irlanda – Cork – Glengariff	18	29 U	460791	5734039
	SHH22	Irlanda – Kerry – Dungloe	279	29 U	418607	5782836
<i>S. hirsuta</i> subsp. <i>paucicrenata</i>	SHP1	Francia – Pirineos Atlánticos – Lac de Fabrèges	1314	30T	712025	4751314
	SHP2	Francia – Pirineos Atlánticos – Plan Pignon	1215	30T	641156	4769749
	SHP3	España – Castilla y León – Portillo de Lunada	1317	30T	446890	4779901
	SHP4	España – Castilla y León – Torre de la Palanca	2438	30T	348404	4782303
	SHP5	España – Asturias – Pico Tiatordos	1950	30T	319615	4782773

Taxa	Código	Localización	Altitud (m)	UTM		
				Zona	E	N
	SHP6	España – Asturias – Puerto de San Isidro	1268	30T	302024	4771369
	SHP7	España – Asturias – Picos Albos	1888	29T	734472	4769973
<i>S. spathularis</i>	SS1	Portugal – Beira Litoral – Lousa	583	29T	568033	4437938
	SS2	Portugal – Beira Baixa – Serra de la Estrela	1852	29T	618712	4464555
	SS3	Portugal – Beira Baixa – Serra de la Estrela	1308	29T	619491	4464297
	SS4	Portugal – Beira Baixa – Serra de la Estrela	1726	29T	619662	4464221
	SS5	Portugal – Beira Baixa – Manteigas	1308	29T	621462	4465697
	SS6	España – Galicia – Embalse de las Portas	784	29T	648340	4664218
	SS7	España – Galicia – Serra de Ontes	186	29T	505965	4749168
	SS8	España – Galicia – Fragas del Eume	384	29T	585598	4798333
	SS9	España – Galicia – As Fontelas	492	29T	642056	4794796
	SS10	España – Galicia – El Caurel	631	29T	648915	4716504
	SS11	España – Galicia – Pedrafita del Cebreiro	1229	29T	665533	4731856
	SS12	España – Asturias – Grandas de Salime	317	29T	674066	4788623
	SS13	España – Asturias – Cuenca media del Navia	345	29T	682378	4806050
	SS14	España – Asturias – Fondos de Vega	785	29T	693664	4760991
	SS15	España – Asturias – Cueto de Arbás	868	29T	706760	4766469
	SS16	España – Asturias – Trascastro	1698	29T	710003	4763113
	SS17	España – Asturias – Genestoso	1672	29T	714428	4770088
	SS18	España – Asturias – Caunedo	1013	29T	723789	4771345
	SS19	España – Asturias – El Pontigón	89	29T	708488	4815548
	SS20	España – Asturias – Valdés	282	29T	713576	4818840
	SS21	España – Asturias – Valdés	205	29T	714191	4813089
	SS22	España – Asturias – Valdés	120	29T	719892	4823055
	SS23	España – Asturias – Valdés	139	29T	720419	4823811
	SS24	España – Asturias – Proaza	374	29T	739150	4787831
	SS25	España – Asturias – Puerto Ventana	1264	29T	741600	4773347
	SS26	España – Asturias – El Brañillín	1456	30T	274174	4762384
	SS27	España – Asturias – Puerto de San Isidro	1479	30T	304891	4770904
	SS28	España – Castilla y León – Pinar de Lillo	1277	30T	314576	4769741
	SS29	España – Asturias – Puerto de Tarna	1446	30T	319608	4773113
	SS30	España – Castilla y León – Puerto del Pontón	1299	30T	335521	4774006
	SS31	España – Castilla y León – Puerto de Pandetrave	1552	30T	347174	4774426
	SS32	España – Castilla y León – Portilla de la Reina	1219	30T	348545	4765687
	SS33	Irlanda – Kerry – Tahilla	20	29U	448758	5745472
	SS34	Irlanda – Kerry – Killarney	166	29U	465311	5760869
	SS35	Irlanda – Kerry – Dungloe	279	29U	418607	5782836
	SS36	Irlanda – Galway – Shannawagh	63	29U	470001	5926325
	SS37	Irlanda – Galway – Salrock pass	189	29U	443779	5938369
	SS38	Irlanda – Mayo – Achill Island	311	29U	431182	5985883
	SS39	Irlanda – Mayo – Nephin	433	29U	476186	5985903
<i>S. umbrosa</i>	SU1	Francia – Altos Pirineos – Artigues	1320	31T	271321	4756254
	SU2	Francia – Altos Pirineos – Gavarnie	2098	30T	744485	4731220
	SU3	Francia – Altos Pirineos – Col du Aubisque	1662	30T	716637	4761811
<i>S. granulata</i>	SG	España – Castilla y León – Cabanas de Virtus	846	30T	430221	4762141
<i>Micranthes stellaris</i>	MS	España – Cantabria – Braña Vieja	1965	30T	386491	4766936

Tabla 1. - Muestras utilizadas en este estudio.

no (Macrogen, Holanda). Los electroferogramas obtenidos mediante la secuenciación, se visualizaron y revisaron mediante el programa MEGA v. 7 (Kumar *et al.*, 2016). Las secuencias obtenidas se alinearon de manera independiente para cada región amplificada utilizando el alineamiento múltiple MUSCLE (Edgar, 2004) integrado en MEGA v. 7 y los análisis filogenéticos se realizaron mediante inferencia bayesiana con el programa BEAST v 2.4 (Bouckaert *et al.*, 2014) utilizando el modelo de sustitución nucleotídica apropiado calculado con el programa jModelTest v. 2.1.7 (Darriba *et al.*, 2012). Para la construcción de las redes de haplotipos se utilizó el programa TCS v. 1.21 (Clement *et al.*, 2000).

RESULTADOS

Los marcadores cloroplásticos *rbcl* y *trnL-F* utilizados en este trabajo presentan cambios nucleotídicos que permiten identificar distintos haplotipos presentes en las muestras analizadas de la sección *Gymnopera*. Los árboles filogenéticos y las redes de haplotipos elaborados

a partir de los alineamientos de las secuencias de cada marcador por separado, evidencian una diversidad haplotípica que no siempre coincide con las especies de la sección, si no con grupos de muestras relacionadas geográficamente. El árbol filogenético correspondiente al gen *rbcl* (Fig. 1) presenta tres clados fuertemente soportados. Un primer clado (negro) está constituido por todas las muestras de *S. spathularis*, las tres muestras de *S. umbrosa* y muestras de *S. hirsuta* s.l. de Irlanda, Pirineos y del occidente de la península Ibérica; un segundo clado (blanco) geográficamente uniforme está formado por muestras de *S. hirsuta* s.l. de los territorios que van desde los Pirineos hasta la cordillera Cantábrica occidental y un último clado (gris) agrupa todas las muestras de *S. cuneifolia*. Los tres clados coinciden con los grupos haplotípicos de la red de haplotipos mostrada en la misma Fig. 1.

El árbol filogenético concerniente al *trnL-F* (Fig. 2) evidencia cinco clados bien soportados. Un primer clado (negro) incluye muestras de *S. spathularis* y *S. hirsuta* s.l. del occidente de la península Ibérica e Irlanda y está relacionado con un clado hermano (líneas verticales) representa-

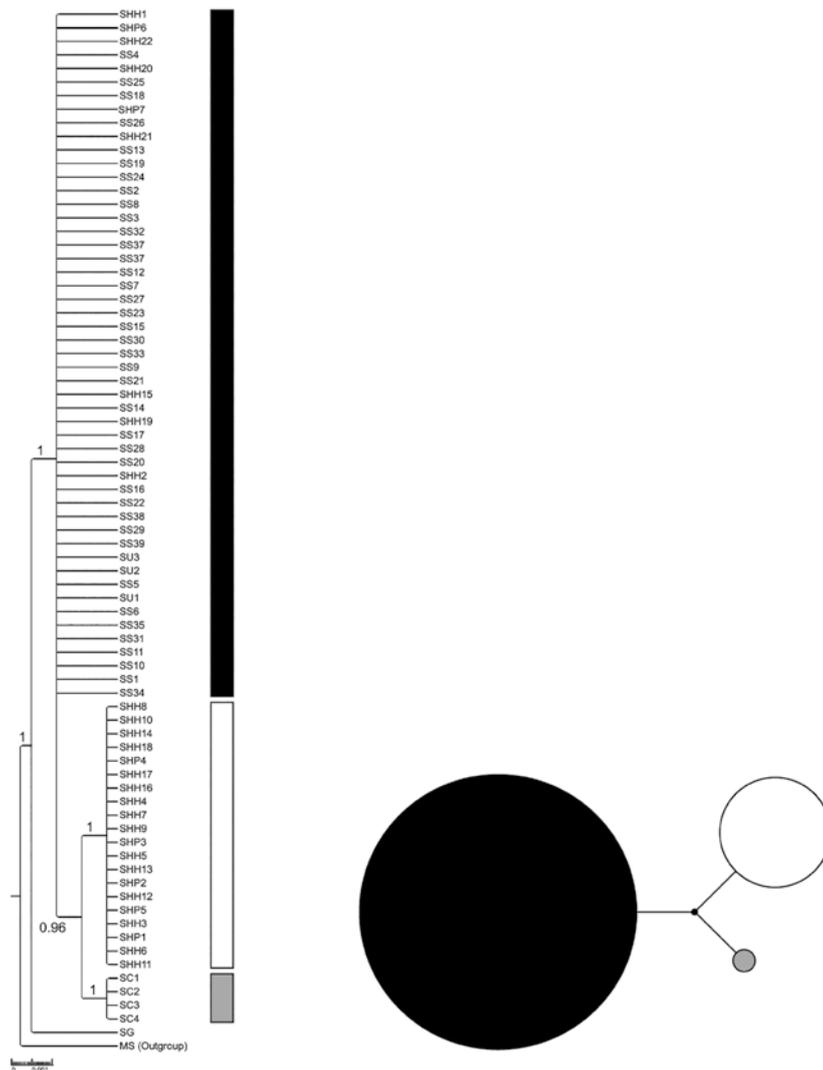


Fig. 1. - Árbol filogenético elaborado mediante inferencia bayesiana a partir de secuencias cloroplásticas del gen *rbcl* y red de haplotipos elaborada mediante el método de parsimonia. Los números en los nodos del árbol filogenético indican la probabilidad a posteriori.

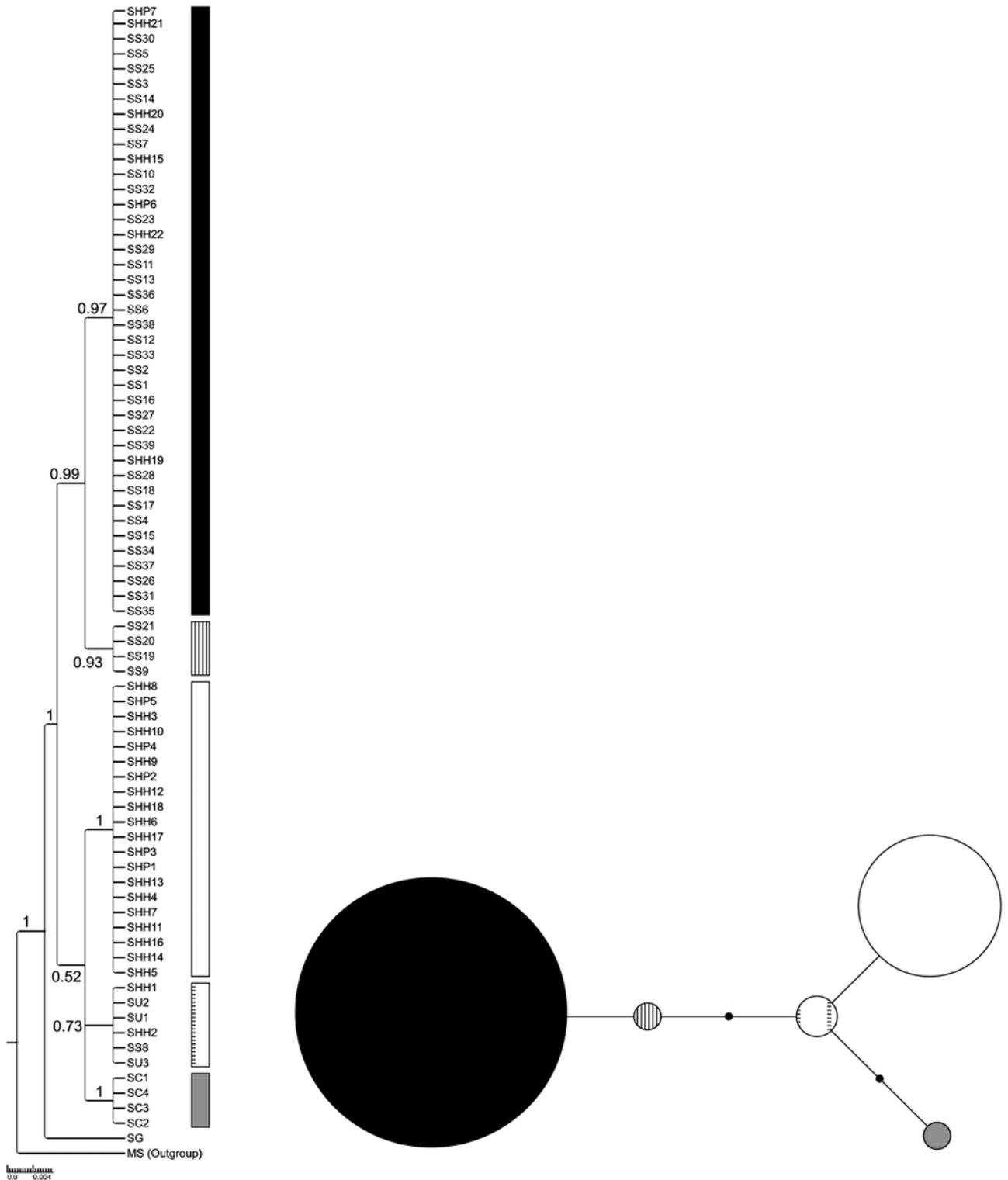


Fig. 2. - Árbol filogenético elaborado mediante inferencia bayesiana a partir de secuencias cloroplásticas del espaciador *trnL-F* y red de haplotipos elaborada mediante el método de parsimonia. Los números en los nudos del árbol filogenético indican la probabilidad a posteriori.

do por muestras de *S. spathularis* del centro occidente de Asturias (SS19, SS20 y SS21) y de Lugo (SS9) en Galicia. El clado representado con el color blanco en la Fig. 2 está formado por muestras de *S. hirsuta* s.l. de los territorios que

van desde los Pirineos hasta el centro de Asturias. Muestras del Pirineo de *S. hirsuta* subsp. *hirsuta*, *S. umbrosa* y una muestra de *S. spathularis* del extremo noroccidental de la península Ibérica (SS8, Fragas del Eume, A Coruña)

forman un clado bien suportado (líneas horizontales). El último clado (gris) está formado por las cuatro muestras de *S. cuneifolia* y es el único que coincide totalmente con los resultados del análisis del gen *rbcl*. La red de haplotipos también en este caso coincide con la topología del árbol filogenético.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que, de los dos marcadores moleculares utilizados, el espaciador *trnL-F* presenta una mayor diversidad haplotípica respecto al gen *rbcl*. Aunque el número de muestras de cada especie es poco compensado la diversidad haplotípica encontrada parece indicar una mayor diversidad en las poblaciones de *S. hirsuta* de la península Ibérica (2 haplotipos en el *rbcl* y 3 en el *trnL-F*), mientras que en Irlanda se detectó la presencia de un único haplotipo compartido con *S. spathularis*. Las muestras de *S. hirsuta* s.l. no han presentado ningún tipo de patrón genético que avale el tratamiento diferencial de sus dos subespecies, tal como se indica en Sanna (2013) y Sanna & Fernández Prieto (2014). Las muestras de *S. spathularis* y *S. umbrosa*, aunque tengan áreas de distribución geográficamente distantes, presentan el mismo haplotipo en el gen *rbcl*, y en un solo caso también en el *trnL-F*. Estas dos especies podrían tener un origen común. *S. cuneifolia* puede siempre discriminarse del resto de los taxones de la sección en los análisis hechos con ambos marcadores. Con los resultados obtenidos se podría suponer que el origen de la sección se generó en los territorios Ibéricos debido a la homogeneidad haplotípica de las poblaciones ibéricas y de Europa oriental. Este trabajo evidencia la necesidad de profundizar el estudio filogenético y filogeográfico de la sección *Gymnopera* añadiendo marcadores nucleares.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Prof. Luigi Minuto, a Victor Vázquez y a René Pérez Vallines su importante colaboración en el muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

Bouckaert, R., Heled, J., Kühnert, D., Vaughan, T., Wu, C. H., Xie, D., Suchard, M. A., Rambaut, A., Drummond, A. J., 2014. BEAST 2: A Software Platform for Bayesian Evolutionary Analysis. *PLoS Computational Biology* 10(4), 1–6.

Clement, M., Posada, D., Crandall, K. A., 2000. TCS: A computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology* 9(10), 1657–1659.

Darriba, D., Taboada, G. L., Doallo, R., Posada, D., 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods* 9(8), 772–772.

Edgar, R. C., 2004. MUSCLE: Multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research* 32(5), 1792–1797.

Euro+Med. 2006-. Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Available from: <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/> (accessed 03.02.2017).

Fernández Prieto, J. A., Arjona, J. M., Sanna, M., Pérez, R., Cires, E., 2013. Phylogeny and systematics of *Micranthes* (Saxifragaceae): An appraisal in European territories. *Journal of Plant Research* 126(5), 605–11.

Gornall, R. J., 1987. An outline of a revised classification of *Saxifraga* L. *Botanical Journal of the Linnean Society* 95(4), 273–292.

Kumar, S., Stecher, G., Tamura, K., 2016. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33(7), 1870–1874.

Olmstead, R. G., Michaels, H. J., Scott, K. M., Palmer, J. D., 1992. Monophyly of the Asteridae and identification of their major lineages inferred from DNA sequences of *rbcl*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 79(2), 249–265.

Sanna, M., 2013. Diversidad, filogeografía y sistemática de *Saxifraga hirsuta* s.l. Tesis de Master. Universidad de Oviedo, Oviedo.

Sanna, M., Fernández Prieto, J. A., 2014. Sobre la sistematización de las plantas de *Saxifraga hirsuta* s.l. de la alta montaña pirenaico-cantábrica. En: Fernández Prieto, J. A., Vázquez, V. M., Bueno Sánchez, A., Cires Rodríguez, E. (Eds.), *Notas corológicas, sistemáticas y nomenclaturales para el catálogo de la Flora Vascular del Principado de Asturias*. II. 11, 271–315. Documentos del Jardín Botánico Atlántico, Gijón.

Soltis, D. E., Kuzoff, R. K., Mort, M. E., Zanis, M., Fishbein, M., Hufford, L., Koontz, J., Arroyo, M. K., 2001. Elucidating deep-level phylogenetic relationships in Saxifragaceae using sequences for six chloroplast and nuclear dna regions. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88(4), 669–693.

Taberlet, P., Gielly, L., Pautou, G., Bouvet, J., 1991. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. *Plant Molecular Biology* 17(5), 1105–9.

Tkach, N., Röser, M., Miehe, G., Muellner-Riehl, A. N., Ebersbach, J., Favre, A., Hoffmann, M. H., 2015. Molecular phylogenetics, morphology and a revised classification of the complex genus *Saxifraga* (Saxifragaceae). *Taxon* 64(6), 1159–1187.

Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Valentine, D. H., Walters, S. M., Webb, D. A., 1964. *Flora Europaea*. Vol. 1. Lycoodiaceae to Platanaceae. Cambridge University Press, Londres.

Découverte de *Polystichum x lonchitiforme* (Halácsy) Bech. (*P. lonchitis x P. setiferum*) (*Dryopteridaceae* Pteridophyta) dans les Pyrénées ariègeoises. Un nouvel hybride pour la France

Discovery of *Polystichum x lonchitiforme* (Halácsy) Bech. (*P. lonchitis x P. setiferum*) (*Dryopteridaceae* Pteridophyta) in the Ariège Pyrenees. A new hybrid for France

Pascal Holveck¹

¹ Office National des Forêts / DT Alsace, mairie de Drulingen, 23 rue du Général Leclerc, F-67320 Drulingen, pascal.holveck@onf.fr.

RÉSUMÉ

Les quatre espèces naturelles européennes du genre *Polystichum* sont présentes dans les Pyrénées: *Polystichum lonchitis* (L.) Roth, *P. setiferum* (Forssk.) Woynar, *P. aculeatum* (L.) Roth et *P. braunii* (Spenn.) Fée. De plus, sur les six hybrides interspécifiques connus en Europe, cinq existent dans les Pyrénées: *P. x illyricum* (Borbás) Hahne, *P. x bicknellii* (H. Christ) Hahne, *P. x luerssenii* (H. Christ) Hahne, *P. x wirtgenii* H. Christ ex Hahne, ainsi que le très rare *P. x lonchitiforme* (Halácsy) Bech. découvert en 2014 dans les Pyrénées ariègeoises.

MOTS-CLÉS: *Polystichum*, Vosges, Pyrénées, Ariège, France.

ABSTRACT

The four European native species of the genus *Polystichum* occur in the Pyrenees: *Polystichum lonchitis* (L.) Roth, *P. setiferum* (Forssk.) Woynar, *P. aculeatum* (L.) Roth and *P. braunii* (Spenn.) Fée. In addition, among the six interspecific hybrids known in Europe, five occur in the Pyrenees: *P. x illyricum* (Borbás) Hahne, *P. x bicknellii* (H. Christ) Hahne, *P. x luerssenii* (H. Christ) Hahne, *P. x wirtgenii* H. Christ ex Hahne, as well as the very rare *P. x lonchitiforme* (Halácsy) Bech. discovered in 2014 in the department of Ariège.

KEY WORDS: *Polystichum*, Vosges, Pyrenees, Ariège, France.

CONTEXTE D'ÉTUDE:

C'est dans le cadre d'un travail d'étude du réseau habitat flore de l'Office National des Forêts que des prospections à la recherche de nouvelles stations de *Polystichum braunii* dans les Pyrénées centrales en 2012, 2013, 2014, 2015 ont été réalisées et qu'un pied unique d'un hybride rare (*Polystichum x lonchitiforme* = *Polystichum setiferum x Polystichum lonchitis*) a été découvert dans le Cirque de Balame non loin du Col de la Core (Bethmale 09) en juillet 2014 et confirmé par la suite par le Prof. R. L. L. Viane (Université de Gand en Belgique) par la méthode de cytométrie de flux (FCM). (Fig 1 et 2).

Toutes les espèces du genre *Polystichum* d'Europe sont présentes:

- *Polystichum lonchitis* (L.) Roth: espèce diploïde
- *Polystichum setiferum* (Forssk.) Woynar: espèce diploïde
- *Polystichum aculeatum* (L.) Roth: espèce allotétraploïde ayant pour parents *P. lonchitis* et *P. setiferum*
- *Polystichum braunii* (Spenn.) Fée: espèce tétraploïde dont l'origine parentale n'est pas encore connue actuellement.

Parmi les hybrides interspécifiques sont également présents:

- *Polystichum x luerssenii* (H. Christ) Hahne (= *P. braunii x P. aculeatum*) hybride tétraploïde
- *Polystichum x wirtgenii* H. Christ ex Hahne (= *P. braunii x P. setiferum*) hybride triploïde
- *Polystichum x illyricum* (Borbás) (= *P. lonchitis x P. aculeatum*) hybride triploïde
- *Polystichum x bicknellii* (H. Christ) (= *P. setiferum x P. aculeatum*) hybride triploïde

Seuls 2 hybrides sont absents de la ptéridoflore française:

- *Polystichum x meyeri* Sleep & Reichst. (= *P. braunii x P. lonchitis*), hybride triploïde très rare qui a été découvert dans une seule localité en Autriche (Sleep & Reichstein 1967).
- *Polystichum x lonchitiforme* (Halácsy) Bech (= *P. lonchitis x P. setiferum*)

Les photos silhouettes du genre *Polystichum* en Europe sont résumées en Fig 3.



Fig. 1. - *Polystichum x lonchitiforme* (habitus et détail fronde); photo P. Holveck.



Fig. 2. - Détails pennes de *Polystichum x lonchitiforme*; photo P. Holveck.

Les genre *Polystichum* en Europe et ses hybrides

A. Bizot

Sources : Hegi G. (1984), *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Teil 1, Band I, Pteropsida [Polystichum (Dostál J. & Reichstein T.) :169-187], éd. K. Kramer, Berlin, Parey.

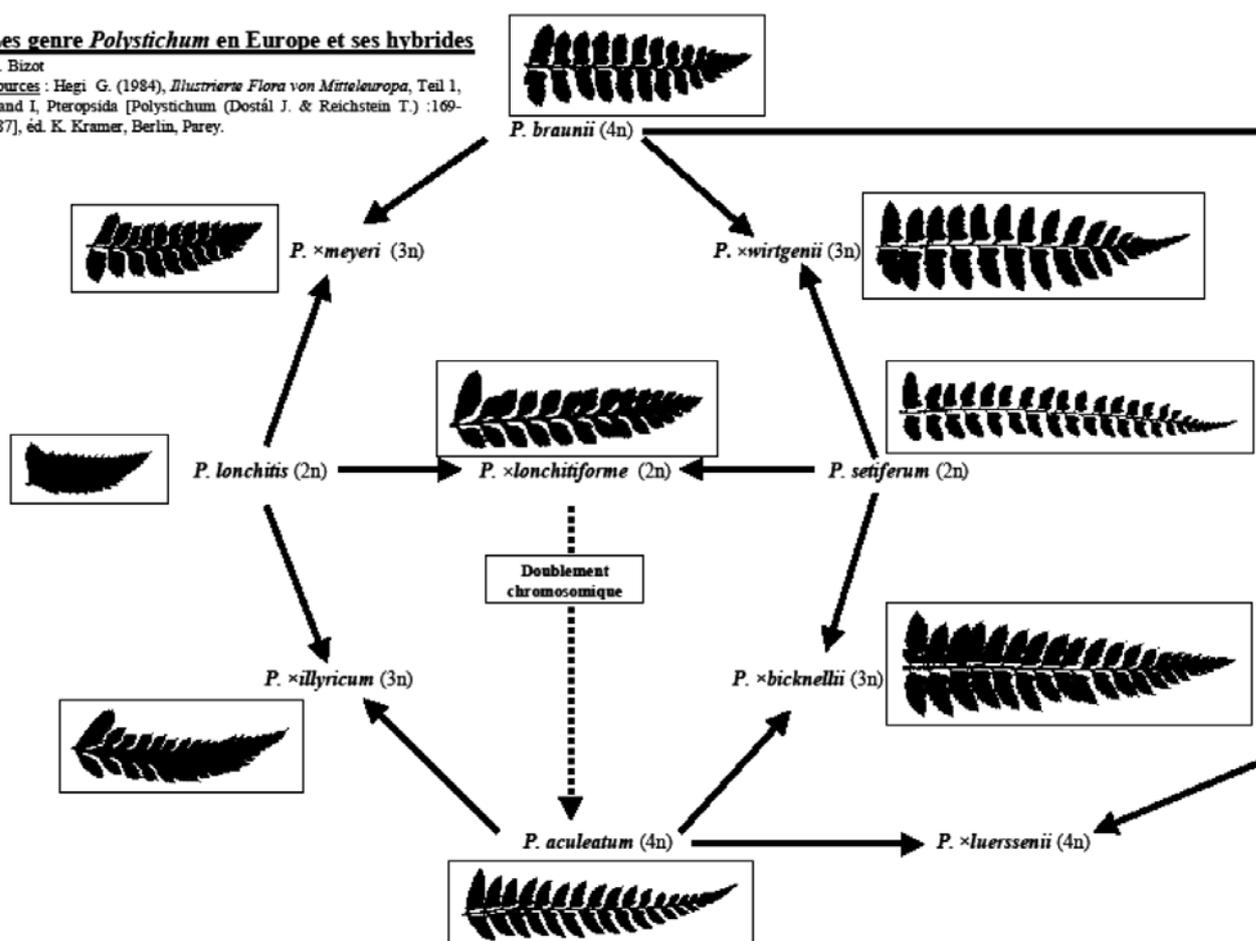


Fig. 3. - Le genre *Polystichum* en Europe et ses hybrides. (source Hegi G. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*).

RAPPEL HISTORIQUE:

Hybride décrit par Eugen von Halácsy en 1904 d'après un spécimen de Théodore von Heldreich, originellement collecté par Zahn en 1898 dans les Monts Taygetos, du Péloponèse en Grèce.

Il fut observé en Irlande par A. Sleep (1974) et (Sleep, Scannell & Reichstein 1974- non publié - in Reichstein 1984, Leslie 1981) puis plus tard, en Hongrie (Vida & Pinter 1981).

Il fut aussi créé, par A. Sleep (Sleep 1966) grâce à la technique d'hybridation provoquée.

CARACTÉRISTIQUES BOTANIQUES:

Polystichum x lonchitiforme issu du croisement entre *P. lonchitis* de formule génomique (LL) et *P. setiferum* de formule génomique (SS) est un hybride diploïde de formule génomique (SL) (Fig 4)

Un tableau résume les caractéristiques morphologiques de l'hybride et des deux parents (Tab. 1)

Cet hybride est à l'origine de la formation de *Polystichum aculeatum* par doublement chromosomique de formule génomique (SSLL), espèce allotétraploïde. La polyploïdie n'étant pas rare chez les ptéridophytes, il n'est cependant pas facile de distinguer la bonne espèce de l'hybride qui l'a engendrée.

Morphologiquement très proche de *Polystichum x illyricum*, croisement entre *P. lonchitis* (LL) et *P. aculeatum* (SSLL), hybride de formule génomique (SLL) est une espèce triploïde (Fig 5, 6 et 7).

Grâce à plusieurs critères micro et macromorphologiques *P. x lonchitiforme* a pu être clairement identifié par:

- La récolte d'une fronde en 2014 et 2015, analysée par le Prof. R. L. L. Viane (Université de Gand en Belgique) par la méthode de cytométrie de flux (FCM) a confirmé la diploïdie de l'échantillon (diploïde =2x).
- La présence de spores 100 % avortées confirme également le caractère d'origine hybride.
- Les mesures de longueurs des cellules stomatiques plaident à la confirmation d'un hybride diploïde (Tab. 2).

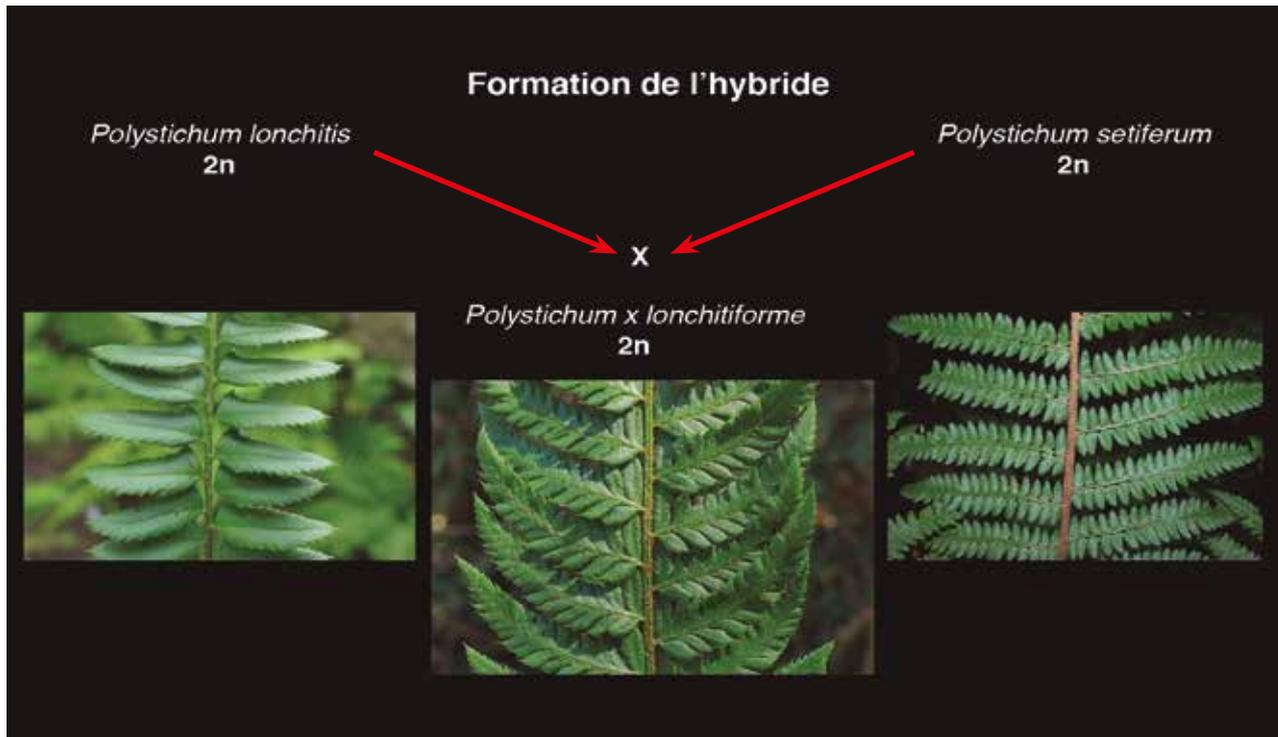


Fig. 4. - Origine hybridation *Polystichum x lonchitiforme*; photo P. Holveck.

Caractéristiques	<i>P. lonchitis</i>	<i>P. x lonchitiforme</i>	<i>P. setiferum</i>
Hauteur	10/50 cm	30/50 cm	40/120 cm
Plante (aspect général)	En touffe (absence de corbeille)	En touffe (absence de corbeille)	En touffe (souvent en corbeille)
Forme du limbe	Lancéolé, réduit à la base, une seule fois divisé	Lancéolé, réduit à la base, 1 à 2 fois divisé (première pinnule)	Lancéolé, peu réduit à la base, 2 fois divisé
Consistance du limbe	Très coriace	Coriace	Très peu coriace (souple)
Aspect du limbe	Vert brillant	Vert brillant	Vert mat
Pétiole	Très court (2 à 7 cm)	Court (5 à 15 cm)	Long (15 à 30 cm)
Ecailles du pétiole	Très peu écailleux	Moyennement écailleux	Très écailleux
Ecailles du rachis	Presque glabre	Faiblement écailleux	Très écailleux
Forme des pennes basales	Entières non divisées, triangulaires, fortement dentées	Divisées, triangulaires à plus allongées, fortement dentées	Très divisées, longues, fortement dentées
Forme des pennes médianes	Entières non divisées, falciformes (recourbées vers le haut), fortement dentées, présence d'une oreillette à la base coté acroscopique	Divisées en partie, falciformes (recourbées vers le haut), fortement dentées.	Entièrement divisées, droites, perpendiculaires à l'axe, fortement dentées,
Pinnules	Absentes	Présentes parfois pétiolulées, première pinnule acroscopique plus grande	Présentes, toutes pétiolulées, présence d'une oreillette à la base coté acroscopique et basiscopique
Ploïdie	Diploïde	Diploïde	Diploïde
Formule génomique	LL	LS	SS
Nombre chromosomes	2n = 82	2n = 82	2n = 82
Spores (aspect)	Verruqueuses à échinulées	avortées	Ridées
Spores (en µm)	(30) 33 – 36 (39)		(30) 33 – 36 (38)
Stomates (en µm)	(32) 42.8 – 44 – 46.2 (55)	(30) 43.3 – 45 – 46.3 (55)	(28) 40.3 – 42 – 43.5 (50)

Tableau 1. - Caractéristiques des espèces parentales et hybride.

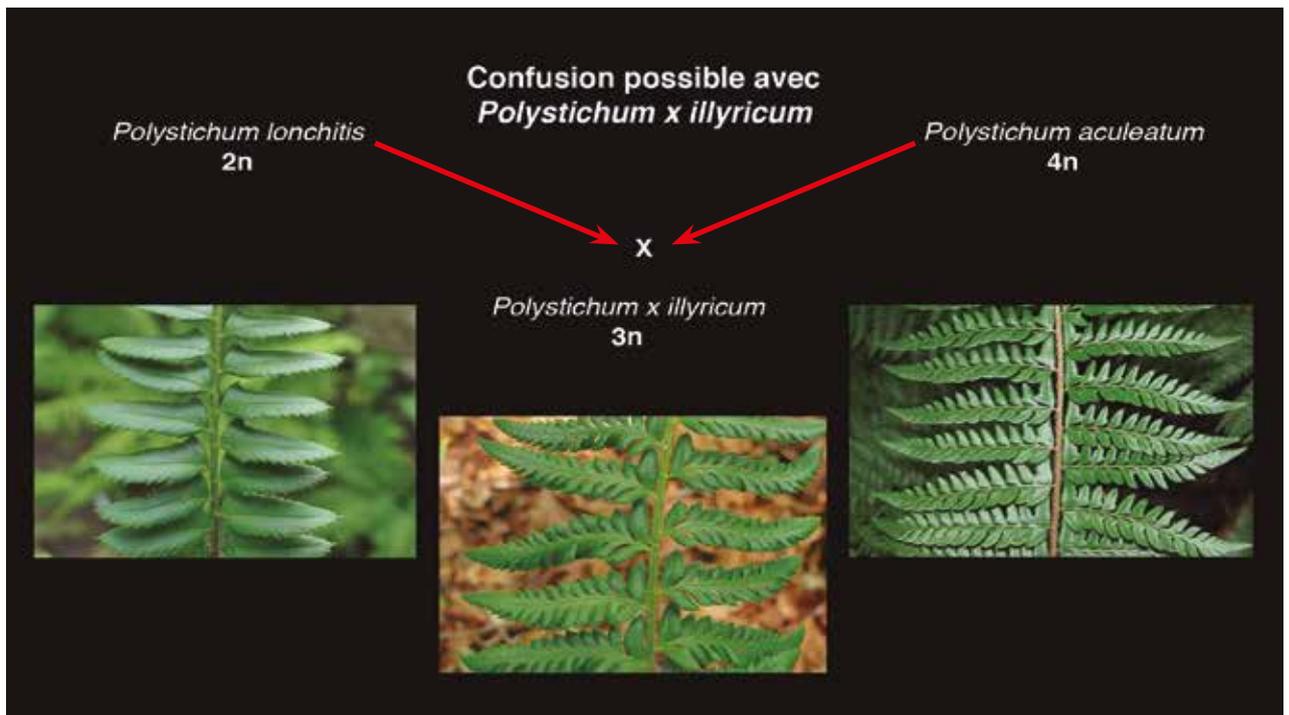


Fig. 5. - Origine hybridation *Polystichum x illyricum*; photo P. Holveck.



Fig. 6. - Comparaison aspect général entre *P. x illyricum* et *P. x lonchitiforme*; photo P. Holveck.

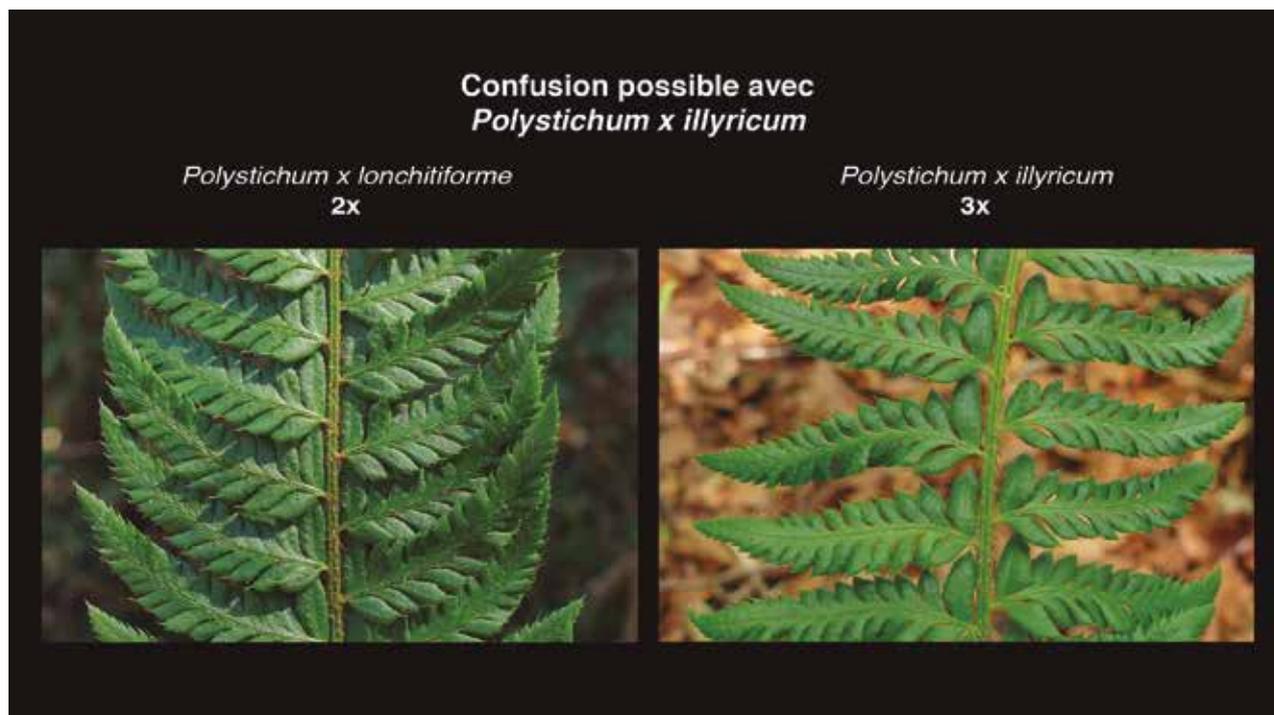


Fig. 7. - Comparaison détail pennes centrales entre *P. x illyricum* et *P. x lonchitiforme*. photo P. Holveck

Taxons	Ploidie	Longueur stomaties (en μm)
<i>Polystichum setiferum</i>	2x	(28) 40,3 - 42 - 43,5 (50)
<i>Polystichum lonchitis</i>	2x	(32) 42,8 - 44 - 46,2 (55)
<i>Polystichum x lonchitiforme</i>	2x	(30) 43,3 - 45 - 46,3 (55)
<i>Polystichum x illyricum</i>	3x	(38) 47,0 - 49 - 50,1 (59)
<i>Polystichum aculeatum</i>	4x	(39) 52,0 - 54 - 55,6 (64)

Tableau 2. - Résultats comparatifs des mesures de longueur des cellules stomatiques de quelques espèces du genre *Polystichum*.

Le pied de *Polystichum x lonchitiforme* a été déterré en juillet 2015 (P. Holveck) et transplanté au jardin privé à Rauwiller (67) pour y faire des compléments d'analyses cytologiques et plus particulièrement un comptage de chromosomes pour valider la détermination de l'hybride.

Un comptage sans succès a eu lieu en 2016 réalisé par Lien Van den Heede (Université de Gand en Belgique).

De par leurs conditions écologiques propres les deux fougères *P. lonchitis* et *P. setiferum* se retrouvent rarement en un même lieu. Dans les Pyrénées la présence des deux espèces s'effectue à des paliers altitudinaux différents mais les spores, grâce aux mouvements de convection de l'air se rencontrent et peuvent former de nouveaux hybrides.

P. x lonchitiforme est donc un hybride nouveau pour le territoire national.

Les prospections pyrénéennes se poursuivront avec l'espoir de découvrir un jour le dernier des hybrides européens du genre *Polystichum* encore inconnu en France (*P. x meyeri* = *P. lonchitis* x *P. braunii*).

REMERCIEMENTS:

- Office National des Forêts, réseau habitat/flore national.
- Professeur R.L.L.Viane pour avoir réalisé de nombreuses analyses cytologiques par FCM.
- Lien Van den Heede pour les essais de comptages chromosomiques.
- Michel Boudrie et Delphine Fallour-Rubio (ONF) pour la traduction (anglais et espagnol).

BIBLIOGRAPHIE

- Bizot A., Holveck P., Thomas J.-F., Viane, R. L. L., 2015 (2016). Biométrie stomatique dans le genre *Polystichum* en Europe: résultats, enseignements et intérêts. Bull. Soc. His. Nat. Ardenes 105, 44-69.
- Dostál, J., Reichstein T., 1984. *Polystichum* [170-180]. In: K. U. Kramer (ed.), Gustav Hegi Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band I, Pteridophyta, Teil 1. Paul Parey, Berlin.
- Manton, L., Reichstein T., 1961. Zur Cytologie von *Polystichum braunii* (Spenner) Fée und seiner hybriden. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 71, 370-383.
- Meyer, D. E., 1959. *Polystichum x eberlei* (*P. braunii x lonchitis*), ein neuer Farnbastard. Nova Hedwigia 1(1), 105-114.
- Meyer, D. E., 1960. Zur Gattung *Polystichum* in Mitteleuropa. Willdenowia 2(3), 336-342.
- Sleep A., 1966. Some cytotaxonomic problems in the fern genera *Asplenium* and *Polystichum*. PhD. Thesis, University of Leeds.
- Sleep A., 2014. Hybridization in *Polystichum* (Dryopteridaceae: Pteridophyta). Fern Gaz. 19(8), 319-341.
- Sleep, A., Reichstein T., 1967. Der Farnbastard *Polystichum x meyeri* hybr. nov. = *Polystichum braunii* (Spenner) Fée x *P. lonchitis* (L.) Roth und seine Cytologie. Bauhinia 3(2), 299-374.
- Vida, C., Pinter I. Z., 1981. The rarest interspecific *Polystichum* hybrid *Polystichum lonchitiforme* new record equals *Polystichum lonchitis x Polystichum setiferum* found in Hungary. Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 4, 455-460.

Guía de la excursión botánica al monte Larrun (Pirineo Occidental)

Botanical excursion guide to Larrun mountain (western Pyrenees)

Mikel Lorda^{1,3}, José Luis Remón², Yoana García³, Anais Mitxelena³

^{1,3} C. I. Agroforestal, 31015 Pamplona-Iruña, Navarra (mlordalo@educacion.navarra.es).

² Consultor Ambiental, 31008 Pamplona-Iruña, Navarra.

³ Sociedad de Ciencias Aranzadi, 20014 Donostia-San Sebastián, Gipuzkoa.

RESUMEN

La montaña atlántica de Larrun (Pirineo atlántico occidental) muestra su originalidad en donde se complementan los espacios culturales, asociados a la ancestral explotación ganadera y los modernos usos actuales, con los valores naturales que se manifiestan en los distintos hábitats que se pueden encontrar a lo largo de su perfil. A fin de contribuir a reconocer estos ambientes, se propone realizar un recorrido botánico que, partiendo de la cumbre del monte, a unos 900 m de altitud, nos llevará siguiendo esta diversidad vegetal hasta el punto de inicio, a unos 170 m de altitud, en el "Col de Ste. Ignace" (Sara).

PALABRAS CLAVE: Itinerario botánico, montaña y flora atlántica, vegetación atlántica, substratos silíceos, Larrun, Pirineos atlánticos, País Vasco.

ABSTRACT

The atlantic mountain of Larrun (Western atlantic Pyrenees) shows its originality where the cultural spaces, associated to the ancestral livestock exploitation and modern uses are complemented, with the natural values that are manifested in the different habitats that can be found at along its profile. In order to contribute to the recognition of these environments, it is proposed to carry out a botanical tour starting from the summit of the mountain, at about 900 m altitude, will take us following this plant diversity to the starting point, about 170 m altitude, in the "Col of Ste. Ignace" (Sara).

KEY WORDS: Botanical walk, mountain and atlantic flora, atlantic vegetation, siliceous soils, Larrun, Atlantic Pyrenees, Basque Country.

INTRODUCCIÓN

El monte Larrun (La Rhune) es una pequeña elevación de 900 m de altitud, que destaca por su perfil singular, dominando el paisaje de Lapurdi, una de las tres regiones vascas al norte de los Pirineos (Lapurdi, Baja Navarra y Zuberoa). Es considerada por su simbolismo como la "montaña vasca" por excelencia y forma parte de las montañas vascas francesas occidentales.

La estación de San Ignacio (Gare de Saint-Ignace), a 169 m de altitud, próxima a la localidad de Sara, y ésta a unos 10 km de San Juan de Luz (Saint-Jean-de-Luz, Donibane Lohizune) es el punto de partida del recorrido (4,8 km de descenso). El pequeño tren de cremallera que remonta la montaña fue inaugurado en 1924, y es una auténtica pieza de museo, con sus bancos de madera y ventanales abiertos al paisaje exterior. Tras unos 35' de ascensión y 4,2 km de vía férrea, recorriendo la vertiente norte, el tren llega a la cima de la montaña, a 900 m de altitud, mostrando en días despejados un panorama de 360°, donde destaca el litoral vasco, con innumerables caseríos y pueblecitos que decoran el paisaje labortano.

La pequeña montaña siempre ha atraído a personajes de distinta índole, y no exclusivamente naturalistas. Muchos excursionistas y personas ilustres han coronado esta cima. Destaca por su carácter singular la ascensión de

la emperatriz Eugenia de Montijo (esposa del emperador Napoleón III) que, tras la visita a las grutas de Sara, llegó a la cima el 30 de septiembre de 1859, recordado en un obelisco de granito, conmemorativo de tal evento. Posteriormente, en septiembre de 1862 y octubre de 1866, otras excursiones imperiales coronaron la cima de la montaña.

Hoy día, es posible observar otras infraestructuras, tanto hoteleras como de comunicación que sirven para la acogida de los numerosos visitantes que se dan cita en tan reseñable atalaya vasca.

1. ITINERARIO BOTÁNICO. ASCENSO POR EL TREN DE CREMALLERA (b)

El recorrido desde la estación de San Ignacio (a), remonta Galardiko erreka (arroyo de Galardi), atravesando los pastos y matorrales espinosos con *Ulex europaeus* L. En el siglo pasado, estas pendientes fueron repobladas por abetos, pinos y cipreses.

Desde el mismo tren, en ascenso continuo, apenas destaca el hayedo, y los robles son escasos, de los que apenas quedan retazos, testigos del antiguo bosque. En su lugar predominan las repoblaciones con distintas especies, algunas apenas desarrolladas: el abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) vive en malas



Fig. 1. - Mapa del recorrido botánico e hitos explicados en el texto.

condiciones (viento fuerte, suelos superficiales), el ciprés de Lawson (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl.) orla la vía férrea, y sirve de cortavientos. El pino laricio de Córcega (*Pinus nigra* Arnold subsp. *laricio*), de lento crecimiento, es un árbol resistente, a veces maltratado por la procesionaria. También se pueden observar en este trayecto los tulipíferos de Virginia (*Liriodendron tulipifera* L.), robles americanos (*Quercus rubra* L.) y acebos (*Ilex aquifolium* L.), éstos sobresalientes entre los helechos, que habitualmente son recogidos en otoño por los ganaderos (belar-metak). No es extraño observar amplias laderas quemadas, como observaremos en el descenso, que controlan el crecimiento del tojo (*Ulex europaeus*). Entre todo este verdor espectacular es posible adivinar pottokas (pequeños caballos del País Vasco) y ovejas de raza manech que recorren el paisaje, caracterizándolo.

El tren asciende con fuerza por la vertiente norte (26%), atravesando un caos de gres, desde donde es posible ver numerosas especies utilizadas en las sucesivas repoblaciones ocurridas en el lugar (alerce japonés -*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière-, pino laricio de Córcega, *Pinus strobus* L., roble americano y abetos).

Ya en la cima, a 900 m altitud, los pastos acidófilos se alternan con los roquedos, y son habitualmente bañados por las nieblas y batidos por el viento. Si el viento disipa las frecuentes nubes, se descubre ante nosotros el Golfo de Bizkaia o de Gascuña, desde Jaizkibel hasta los confines de la costa landesa. Hacia el sur, las montañas

vascas y navarras se perfilan en el horizonte, pudiendo reconocer, entre otras, la alineación ondulada de Aiako Harria (Peñas de Aia).

En este entorno es posible observar restos de monumentos funerarios de los antiguos pobladores vascos, vestigios de guerras napoleónicas, animales y plantas que vamos a exponer a continuación.

2. ITINERARIO A PIE (c)

Larrun es una montaña silíceas, inmersa en el clima atlántico, donde las precipitaciones medias alcanzan los 1500 mm y son frecuentes las nieblas, que aportan precipitaciones horizontales que, en conjunto, son las fuentes que alimentan los arroyos que recorren la montaña.

El itinerario está jalonado por flechas verdes, y es frecuentado en verano por numerosos excursionistas. Comienza atravesando las vías del tren, en dirección norte, desde donde podemos observar parte de la línea del ferrocarril, los pequeños bosquetes, los roquedos y la turbera de Trois Fontaines, a donde nos dirigiremos en el descenso.

A continuación, exponemos, siguiendo el itinerario descendente desde la cima, los distintos ambientes geobotánicos que vamos encontrando en el paseo botánico, reflejados en el mapa que se acompaña. Hacemos una breve descripción de los hábitats (Peralta *et al.*, 2013) anotando los táxones más característicos.

- Comunidades de roquedos silíceos (d):

Son comunidades (*Androsacion vandellii*, 8220) desarrolladas sobre materiales silíceos con neta influencia oceánica, en donde son habituales plantas acidófilas: *Sedum album* L., *S. hirsutum* All. subsp. *hirsutum*, *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank & C.F.P. Mart., *Polypodium vulgare* L., *Umbilicus rupestris* (Salisb.) Dandy, *Allium ericetorum* Thore, etc.

Ya desde el inicio del recorrido es posible encontrar estos roquedos, en lugares con fuerte pendiente, donde resaltan bloques de gres intercalados entre pudingas. Estos materiales de más de 200 millones de años de antigüedad han sido notablemente erosionados y transformados por la orogenia pirenaica. Se ha constatado la presencia de flora carbonífera (*Equisetites*, *Coniferomyelons*...). En las inmediaciones al recorrido, y en algunas otras zonas a lo largo de él, es posible observar esta flora rupícola.

Estos ambientes son poco accesibles al ganado, por lo que conservan una vegetación rica en plantas que vive en difíciles condiciones. Son frecuentes comunidades de líquenes (*Rhizocarpon geographicum* (L.) DC.), briófitos y plantas vasculares.

Entre las rocas, otras muchas especies medran, formando un pasto-roquedo diverso en especies: *Agrostis curtisii* Kerguelen, *A. capillaris* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Digitalis purpurea* L., *Crocus nudiflorus* Sm., *Jasione laevis* Lam., *Oxalis acetosella* L., *Scilla verna* Huds., *Vaccinium myrtillus* L., *Veratrum album* L., *Polygala serpyllifolia* J. A. C. Hose, *Ulex gallii* Planchon, *Asphodelus albus* Mill., *Galium saxatile* L., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Grieb., *Veronica officinalis* L., *Daboecia cantabrica* (Huds.) C. Koch, *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Festuca nigrescens* Lam., *Blechnum spicant* (L.) Roth, *Romulea bulbocodium* Sebast. & Mauri, *Danthonia decumbens* (L.) DC., etc.

- Bosques (e):

Retazos del bosque natural constituidos por fresnos, hayas, robles, melojos (*Quercus pyrenaica* Willd.) y coníferas de repoblación forman parte de los bosques en la ladera norte del monte Larrun. Tradicionalmente explotados, ahora quedan pequeños vestigios intercalados entre los pastos pedregosos y las laderas con pendiente más moderada.

Los hayedos acidófilos cantábricos (*Saxifraga hirsutae-Fagetum sylvaticae*, 9120) están muy mermados y ocupan pequeñas superficies. Se desarrollan en zonas muy lluviosas, sobre substratos ácidos, y se caracterizan por una flora herbácea pobre, donde destacan *Vaccinium myrtillus*, *Ilex aquifolium* L. –se ven ejemplares dispersos en el recorrido– *Hedera helix* L., *Blechnum spicant*, *Veronica officinalis*, *Deschampsia flexuosa*, *Viola riviniana* Reichenb., *Anemone nemorosa* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, etc.

En las laderas más bajas, apenas quedan señales de los marojales cantábricos (*Melampyro pratensis-Quercetum pyrenaicae*, 9230), antaño más extendidos, de los que hoy solo es posible observar ejemplares dispersos.

En algunas zonas se advierten alineaciones de fresnos (*Fraxinus excelsior* L.). Buscan los terrenos frescos situándose sobre materiales arenosos húmedos, en una falla de origen antiguo.

En el recorrido, las escasas hayas se alternan con repoblaciones de distintas especies, dando un aspecto artificial al entorno (f): *Pinus nigra* subsp. *laricio*, *P. strobus*, *P. insignis* Loudon, *Larix kaempferi*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Abies alba* Mill., *A. grandis* (D. Don) Lindl., *Pseudotsuga menziesii*, *Picea abies* (L.) H. Karst. y *P. sitchensis* (Bong.) Carrière. El porte de algunos de estos árboles nos recuerda que fueron plantados hacia 1930. En las inmediaciones de este lugar existía una cabaña para cazadores de buitres, actividad arraigada antiguamente.

En estos ambientes boscosos alterados, podemos encontrar distintas especies de plantas arbustivas y herbáceas: *Betula alba* L., *Prunus avium* L., *Sorbus aucuparia* L., *S. aria* (L.) Crantz, *Salix atrocinerea* Brot., *Castanea sativa* Mill., *Crataegus monogyna* Jacq., *Corylus avellana* L., *Ilex aquifolium*, *Vaccinium myrtillus*, *Ulex europaeus*, *Calluna vulgaris*, *Daboecia cantabrica*, *Rubus ulmifolius* Schott, *Anemone nemorosa*, *Blechnum spicant*, *Carex pilulifera* L., *Pteridium aquilinum*, *Solidago virgaurea* L., *Conopodium majus* (Gouan) Loret, *Anthoxanthum odoratum* L., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Helleborus viridis* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Teucrium scorodonia* L., etc.

- Turbera de Trois Fontaines (g):

Sobre una depresión, rodeada de fragmentadas formaciones boscosas, se desarrolla una buena turbera, recorrida por pequeños arroyos que confluyen en la vertiente norte en el arroyo de Trois Fontaines.

Esta turbera está edificada sobre sedimentos acumulados, procedentes de los procesos erosivos de las laderas contiguas. En estas condiciones las aguas ácidas proporcionan un biotopo extraordinario para el desarrollo de los esfagnos (*Sphagnum*). Estas comunidades tienen un origen cuaternario, en la última glaciación, en donde concurren condiciones locales, propias para su mantenimiento: aporte continuo de agua, suelos ácidos y temperaturas frescas.

En función de la relación de estas comunidades con el agua, es posible reconocer distintas formaciones vegetales, así:

- Comunidades de arroyos y canales con *Potamogeton polygonifolius* (*Hyperico elodis-Potametum oblongi*, 7140): típicas de canales de desagüe con movimiento lento del agua, en donde predominan *Potamogeton polygonifolius* Pourr., *Hypericum elodes* L., *Sphagnum auriculatum* Schimp., *Molinia caerulea* (L.) Moench y *Carum verticillatum* (L.) Koch.
- Esfagnales y promontorios de trampales acidófilos (*Erico tetralicis-Sphagnetum papilloso*, 7140): forman mosaico con las anteriores comunidades, y son habituales los musgos de turbera (*Sphagnum papillosum* Lindb., *S. subnitens* Russow & Warnst., *S. rubellum* Wilson y *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw., repartidos según

el gradiente de humedad). Son constantes *Drosera rotundifolia* L., *Molinia caerulea*, *Carex echinata* Murray, *Potentilla erecta* (L.) Raüsch., *Narthecium ossifragum* (L.) Huds., etc.

- Comunidad de áreas encharcadas acidófilas con *Sphagnum auriculatum* y *Narthecium ossifragum* (7140): comparten especies de flora con las anteriores comunidades y son ricas en briófitos, y además: *Anagallis tenella* (L.) L., *Juncus bulbosus* L., *J. acutiflorus* Ehrh. ex Hoffm., *J. articulatus* L., *Carex demissa* Hornem., *C. echinata*, *Wahlenbergia hederacea* (L.) Reichenb., etc.
- Comunidad de *Rhynchospora alba* (*Drosera intermediae-Rhynchosporium albae*, 7150): se enriquece en *Drosera rotundifolia*, *D. intermedia* Hayne –especie muy rara- y *Rhynchospora alba* (L.) Vahl.

En toda esta diversidad de comunidades es frecuente encontrar táxones compartidos, como es el caso de: *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *Galium palustre* L., *Ranunculus flammula* L., *Spiranthes aestivalis* (Poir.) L. C. M. Richard, *Pinguicula lusitanica* L., *P. grandiflora* Lam., *Stellaria alsine* Grimm, *Pedicularis sylvatica* L., *Caltha palustris* L., *Cardamine pratensis* L., *Carex panicea* L., *Eleocharis multicaulis* (Sm.) Desv., *Lythrum portula* (L.) D. A. Webb, *Scutellaria minor* Huds., *Sibthorpia europaea* L., *Anallis tenella* (L.) L., *Veronica beccabunga* L., etc.

Formando parte de la periferia de estas comunidades de turbera, crecen los juncales de *Juncus effusus* L. (Comunidad de *Juncus effusus* y *Scutellaria minor*, 6410), característicos de suelos encharcados, sobre substratos silíceos, donde el junco citado se muestra dominante, y al que acompañan muchas de las especies citadas y otras que forman parte de los brezales higrófilos. No faltan en estos ambientes los matorrales higrófilos con brezo de turbera –en sus distintas variantes-. Así, se localizan los brezales cantábricos higrófilos colinos (*Ulici gallii-Ericetum ciliaris*, 4020*) y los montanos (*Erico tetralicis-Ulicetum gallii*, 4020*). Son comunidades donde abundan las ericáceas como *Erica tetralix* L. o *E. ciliaris* L., sus taxones más representativos, junto a *Calluna vulgaris*, *Erica vagans* L., *E. cinerea* L., *Agrostis capillaris*, *A. curtisii*, *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Danthonia decumbens* (L.) DC., *Molinia caerulea*, *Polygala serpyllifolia*, *Galium saxatile* y, entre otras, *Potentilla erecta*.

- Pastos acidófilos cantábricos (h):

Larrun (La Rhune) proviene del euskera “larre”, que significa pasto. Las comunidades pascícolas montanas están constituidas por plantas herbáceas, donde son constantes los helechos y las gramíneas, intercaladas con brezos y argomas, todas sobre substratos ácidos, y características del dominio atlántico. Estas comunidades aparecen en los pastos pedregosos, próximos a la cima, entre bloques de gres, en los pastos húmedos, entre los retazos boscosos, etc., ocupando grandes extensiones recorridas por el ganado y mantenidas por el hombre (siega, fuego) y el gana-

do. Los antiguos bosque de roble y haya fueron eliminados a fin de ganar terreno para los pastos. Pastoreo y fuego han modelado el paisaje que ahora recorremos. El pasto atlántico montano, instalado sobre substratos pobres, ha dado paso en algunos lugares a suelos expuestos a la erosión, llegando a ser esqueléticos.

Muchas plantas arbustivas recuerdan el origen forestal de este ambiente: *Erica cinerea*, *Ilex aquifolium*, *Pyrus cordata* Desv., *Ulex europaeus*, *U. gallii*, *Vaccinium myrtillus*, etc.

Son pastos con predominio de gramíneas acidófilas, en donde se intercalan brezales, helechales y argomales con mayor o menor presencia dependiendo de la presión ganadera. En estos ambientes predominan *Danthonia decumbens*, *Agrostis curtisii* –la más abundante-, *A. capillaris*, *Pseudoarrhenatherum longifolium* (Thore) Rouy, *Festuca nigrescens* subsp. *microphylla*, *Galium saxatile*, *Jasione laevis*, *Luzula campestris* (L.) DC., *Potentilla erecta*, *P. montana* Brot., *Veronica officinalis*, *Carex caryophylla* Latourr., *C. pilulifera*, *Hypochaeris radicata* L., *Lotus corniculatus* L., *Plantago lanceolata* L., *Ranunculus bulbosus* L., *Scilla verna*, *Asphodelus albus*, *Solidago virgaurea*, *Pilosella officinarum* F.W. Schulz & Schulz Bip., *Pimpinella saxifraga* L., *Gentiana pneumonanthe* L., *Erythronium dens-canis* L., *Euphorbia angulata* Jacq., *Lithodora prostrata*, *Avenula sulcata* (Gay ex Boiss.) Dumort., *Nardus stricta* L., *Anemone nemorosa*, *Hypericum humifusum* L., *Crocus nudiflorus*, *Narcissus bulbocodium* L., *Prunella vulgaris* L., *Conopodium majus*, *Arenaria montana* L., *Serratula tinctoria* L., *Senecio adonidifolius* Loisel., etc. Estas comunidades, en función de la dominancia de una u otra gramínea, reciben distintas denominaciones: pastos de *Danthonia decumbens* (*Jasione laevis-Danthonietum decumbentis*, 6230*), pastos de *Agrostis curtisii* (*Carici piluliferae-Agrostietum curtisii*, 6230*) y pastos de *Pseudoarrhenatherum longifolium* (*Carici piluliferae-Pseudoarrhenatherum longifolii*, 6230*), todos estos hábitats de interés prioritario.

- Matorrales (i):

Principalmente formando parte de los brezales cantábricos colinos (*Erico vagantis-Ulicetum europaei*, 4030) y montanos (*Pteridio aquilini-Ericetum vagantis*, 4030). En algunas zonas predominan unos sobre otros, e incluso es posible observar extensos argomales quemados y en proceso de recuperación, sobre fuertes pendientes y con grave riesgo de erosión. Estos matorrales cantábricos están dominados por la otea o argoma (*Ulex europaeus*, *U. gallii*), alternando con distintas ericáceas (*Daboecia cantabrica*, *Erica vagans*, *E. cinerea* y *Calluna vulgaris*). Ocupan las áreas de antiguos robledales, eliminados por la explotación ganadera. Todos estos matorrales forman mosaico con los pastos acidófilos comentados y buena parte de las especies citadas, se presentan en estas comunidades, a las que caben añadir *Frangula alnus* Mill.–relativamente abundante-, *Sorbus aucuparia*, *Salix atrocinerea*, *Rubus ulmifolius* y *Simethis mattiazii* (Vand.) López González & Jarvis.

- Fresnedas y robledales éutrofos cantábricos (j):

Tras haber recorrido en fuerte descenso el pasto-helechal-tojal, el sendero alcanza y atraviesa el arroyo Gardiko erreka. En las laderas contiguas, con fuerte pendiente, es posible adivinar robles nobles (*Quercus robur* L.) y melojos (*Q. pyrenaica*), más castaños y avellanos, y a favor de una mayor humedad, fresnos, alisos dispersos y sauces. Este tipo de bosques son habituales de los fondos de valle, sobre suelos profundos y éutrofos, donde es llamativo el estrato herbáceo, rico en especies. Así, forman parte de la comunidad del *Polysticho setiferi-Fraxinetum excelsioris* (9160), donde es posible anotar: *Saxifraga hirsuta* L., *Chrysosplenium oppositifolium* L., *Hypericum androsaemum* L., *Oxalis acetosella* L., *Scilla lilio-hyacinthus* L., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Hedera helix*, *Asplenium scolopendrium* L., *Circaea lutetiana* L., etc.

En los ambientes más húmedos (k), a favor de las salpicaduras de este arroyo, en general sombríos y sobre substratos silíceos, es posible detectar las esquivas comunidades dominadas por los helechos *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. (*Dryopterido aemulae-Hymenophylletum tunbrigense*, 8220) y *Trichomanes speciosum* Willd. (*Mnio horni-Vandenboschietum speciosae*, 8220), siendo en mu-

chos casos las únicas plantas vasculares acompañadas de numerosos briófitos. Son comunidades raras, que en el piedemonte vasco ocupan siempre estos enclaves tan singulares. Acogen especies protegidas y suelen enriquecerse con el endemismo vasco-cantábrico *Soldanella villosa* Darracq ex Labarrère.

El recorrido llega a su punto de inicio (a), en el aparcamiento junto a la salida del tren.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Geológico Nacional (IGN). Carte de randonnées. Pays Basque Ouest. Pyrénées, carte n° 1. (1:50.000).

Instituto Geológico Nacional (IGN). Hendaye. St-Jean-de-Luz, TOP 25, 1245 OT. (1:25.000).

Jovet, P., 1941. Végétation d'une montagne basque siliceuse: la Rhune. Bull. Soc. Botanique France 88(1), 69-92.

Peralta, J., Biurrun, I., García-Mijangos, I., Remón, J. L., Olano, J. M., Lorda, M., Loidi, J., Campos, J. A. 2013. Manual de Hábitats de Navarra. Gestión Ambiental de Navarra, S. A.-Navarroako Ingurumen Kudeaketa, S. A. Gobierno de Navarra-Navarroako Gobernua.



XI. CIBPC
BPKNB

Liburu honetan, Botanika Piriniotar-Kantabriarraren XI. Nazioarteko Biltzarrean aurkeztutako lanak biltzen dira, zeina Bertizko Jaurerria Natur Parkean (Nafarroa) egin baitzen. Lan guztiek azken urteetan mendikate honetan egindako ikerketak uzten dituzte agerian. Biltzarrak, gainera, testuinguru egoki bat eskaini zuen klimaldaketaren aurrean floraren eta habitaten kontserbazioaren erronkari buru egingo dioten egitasmo berriak eta elkarlanerako zubiak sortzeko.



Este libro recoge los trabajos presentados en el XI. Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-Cantábrica, celebrado en el Parque Natural del Señorío de Bertiz (Navarra). Todos estos trabajos reflejan las investigaciones llevadas a cabo en esta cadena montañosa durante los últimos años. Además, este coloquio ofreció un contexto adecuado para la creación de nuevos proyectos y puentes de colaboración de cara a afrontar el reto de la conservación de la flora y los hábitats frente al cambio climático.



Cet ouvrage rassemble les travaux présentés lors du XIe Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique ayant eu lieu au Parc naturel du seigneur de Bertiz. Tous ces travaux mettent en avant les recherches faites au sein de cette chaîne de montagnes ces dernières années. De plus, ce colloque a été un contexte idéal pour la création de nouveaux projets et des travaux collaboratifs afin de relever le défi de la conservation de la flore et des habitats face au changement climatique.



aranzadi

ZIENTZIA ELHARTEA · SOCIEDAD DE CIENCIAS
SCIENCE SOCIETY · SOCIÉTÉ DE SCIENCES

Nafarroako  Gobierno
Gobernua  de Navarra



Nafarroako
Ingurumen
Kudeaketa, S.A.  Gestión
Ambiental de
Navarra, S.A.

up **na**
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitatea Publikoa

