



**LUCAS MALLADA**

**REVISTA DE CIENCIAS**

**24 | 2022**

**LUCAS  
MALLADA**

# LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

24 | 2022



**IEA**  
Instituto  
de Estudios  
Altoaragoneses

**DIPUTACIÓN  
DE HUESCA**

# LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

**IEA / Diputación Provincial de Huesca**

---

**Director** José Antonio Cuchí Oterino

**Consejo de redacción** Antonio Alcubierre García, Pedro Arnal Atarés, Joaquín Ascaso Martorell, David Badía Villas, Raimundo Bambó Mompradé, Ánchel Belmonte Ribas, José Antonio Blecua Elboj, Pilar Bolea Catalán, Miguel Cabezón Cuéllar, José Ignacio Canudo Sanagustín, José Casanova Gascón, Cristóbal Castán Pueyo, Àngels Castellarnau Visús, Pilar Catalán Rodríguez, Ángel Crespo Yagüe, Belén Diezma Iglesias, Santiago Fábregas Reygosa, Luis Valero Franco Gay, Francisco Javier García Ramos, José Gómez Porter, Penélope González Sampériz, Luis Ángel Inda Aramendía, Jesús Insausti López, Juan Manuel Lantero Navarro, Emilio Leo Ferrando, Rocío López-Flores, Pedro Lucha López, José M.<sup>a</sup> Mañas Pascual, Clara Martí Dalmau, Pablo Martín-Ramos, Jesús Martínez Padilla, Jesús Monreal Pueyo, Luis Enrique Montano Gella, Antonio Naval Mas, José María Nicoláu Ibarra, Sara Palacio Blasco, César Pedrocchi Renault, M.<sup>a</sup> Luisa Peleato Sánchez, Ernesto Pérez-Collazos, Mariano Ramón Gil, Enrique Sáez Olivito, Jaime Salas Castellano, José Miguel Sanz Lahoz, Leopoldo Serena Puig, Alfredo Serreta Oliván, Luis Villar Pérez y José Luis Villarroel Salcedo

**Coordinación editorial** Teresa Sas Bernad

**Corrección** Isidoro Gracia Cerdán

**Diseño de la portada** Vicente Badenes

**Impresión** Harmony Veyron, S. L.

---

**IEA / Diputación Provincial de Huesca**

Calle del Parque, 10. E-22002 Huesca

Tel. 974 294 120

[www.iea.es](http://www.iea.es) / [publicaciones@iea.es](mailto:publicaciones@iea.es)

Periodicidad anual

ISSN 0214-8315

Depósito legal HU-76/2014

ISSN-e 2445-060X

**Revista digital en acceso abierto**

<http://revistas.iea.es/index.php/LUMALL>

## ÍNDICE

<b>Evaluación de los planes de seguimiento ecológico de los Espacios Naturales Protegidos de Aragón</b> Juan Herrero, Alicia García-Serrano, Pilar Jimeno-Brabo, Carlos Prada y David Guzmán .....	7
<b>Caracterización ecológica y estado de conservación de los ibones de Vallibierna (Benasque)</b> Mario Gaspar y Rocío López-Flores .....	51
<b>La val de San Marcos: estudio preliminar de un valle de fondo plano en la cuenca del Ebro</b> José Antonio Cuchí y María Asunción Soriano .....	83
<b>El hierro en el alto Cinca: las minas del pico Mener</b> Ana Ortas, José Ignacio Canudo, José Antonio Cuchí, Isabel Fanlo, Pablo Martín-Ramos, Mariano Oliván, Rafael Ruiz, Jordi Borràs, Alicia Chiva y Miguel Gil .....	97
<b>Inventario de los meso- y macromamíferos de la Galliguera (Prepirineo aragonés)</b> Silvia Roy, José Antonio Cuchí, Juan Herrero y Alicia García-Serrano .....	133
<b>Red-eared slider: a threat to indigenous freshwater turtles in an Iberian continental wetland</b> Carlos Montull, Joaquín Guerrero-Campo, Francisco Sebastián y Juan Herrero .....	173
<b>El patrimonio hídrico de la ciudad de Huesca como base para su infraestructura verde</b> Sergio Azpíroz Martín y Giovanna Bartoleschi .....	193
<b>Nota sobre la reciente colonización del castor europeo en el cauce medio del río Gállego</b> Javier Lera Gracia, José Luis León Górriz, Rafel Vidaller Tricas, María Dolores Giménez Banzo y José Antonio Cuchí Oterino .....	233



**LUCAS MALLADA, 24 (2022)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **EVALUACIÓN DE LOS PLANES DE SEGUIMIENTO ECOLÓGICO DE LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE ARAGÓN**

Juan Herrero<sup>1</sup> | Alicia García-Serrano<sup>2</sup>  
Pilar Jimeno-Brabo<sup>1</sup> | Carlos Prada<sup>2</sup> | David Guzmán<sup>3</sup>

**RESUMEN** Hemos llevado a cabo una revisión de los planes de seguimiento ecológico (PSE) de los Espacios Naturales Protegidos (ENP) de Aragón. Para ello hemos evaluado su nivel de desarrollo y actualizado la información científica existente. Las principales conclusiones indican que los PSE han tenido un desarrollo modesto, en lo que se refiere a implantación, protocolos y continuidad. La información científica y técnica está dispersa y en general no obra en poder del Gobierno de Aragón. Los trabajos que abarcan áreas mayores a los ENP afectados (quebrantahuesos, flora, ungulados...) representan una garantía de continuidad. Las lagunas de conocimiento evidenciadas por los PSE no han recibido un tratamiento prioritario y se ha continuado trabajando en las líneas preestablecidas, que ya aportaban información. Faltan por llevar a cabo la mayor parte de los inventarios propuestos en los PSE. A partir de esta primera evaluación proponemos una serie de medidas que palién en lo posible estas carencias y permitan abordar los PSE con mayor eficacia en los próximos años.

---

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Zaragoza. E-22071 Huesca. herreroj@unizar.es, pilarjimenobrabo@gmail.com

<sup>2</sup> Ega Consultores en Vida Silvestre. Sierra de Vicort, 31, 1.º A. E-50003 Zaragoza. aliciaega@gmail.com, carlos.prada.fdez@gmail.com

<sup>3</sup> Servicio Provincial de Medio Ambiente de Huesca. Gobierno de Aragón. dguzman@aragon.es

**PALABRAS CLAVE** Espacios Naturales Protegidos. Planes de seguimiento ecológico. Supervisión a largo plazo. Inventarios de biodiversidad. Aragón.

**ABSTRACT** We have carried out a review of the Ecological Monitoring Plans (EMP) of the Protected Areas (PA) of Aragón. To this end, we have evaluated its level of development and updated the existing scientific information. The main conclusions indicate that the EMP have had a modest development, in terms of implementation, protocols and continuity. The scientific and technical information is scattered and in seldom custody of the Regional Government of Aragón. The works that cover areas larger than the affected protected areas (bearded vulture, flora, ungulates...) serve a guarantee of continuity. The knowledge gaps evidenced by the EMP have not received priority treatment and work has continued on the pre-established lines, which had already provided information. The majority of the inventories proposed in the EMP have yet to be carried out. Based on this first evaluation, we propose a series of measures that will mitigate these deficiencies as much as possible and allow us to address EMP more effectively in the coming years.

**KEYWORDS** Protected areas. Management and physical plans. Long-term monitoring. Biodiversity inventories. Aragón (Spain).

## INTRODUCCIÓN

La gestión de las áreas protegidas conlleva la necesidad de mejorar el conocimiento de la biodiversidad que albergan y, con ello, de su estado de conservación. Los inventarios de recursos naturales, entendidos como muestreos realizados en un momento dado que determinan la ubicación y la condición de dichos recursos (National Parks Service, 2004), suponen un punto de partida para ello. Suelen ser trabajos complejos y costosos que aportan un importante volumen de información asociada a un momento concreto pero que difícilmente se pueden replicar con una periodicidad alta. Estos inventarios ofrecen las bases para seleccionar las localizaciones más representativas de un determinado recurso y ayudan a determinar la variabilidad esperada del mismo, pero no permiten ver la evolución temporal de las variables medidas.

Actualmente, los enfoques de las estrategias tradicionales de conservación se están ampliando (Snaddon y cols., 2013) impulsados en gran medida por el importante desarrollo tecnológico, especialmente el relacionado con las tecnologías de la información (GIS, sensores, teledetección, fototrampeo...).



Los modelos de gestión de áreas naturales basados en la información estática (inventarios) han ido dando paso a modelos de gestión más dinámicos basados en el seguimiento de ciertas variables ecológicas sensibles al cambio (indicadores), que se recogen de manera estandarizada y a intervalos regulares de tiempo, dando lugar al concepto de *seguimiento ecológico* (SE) (Spellerberg, 2005), cuya finalidad es comprender los cambios en la estructura, los procesos y los servicios ecológicos que proporcionan los ecosistemas (Lindenmayer y Likens, 2018).

Numerosos estudios avalan que el seguimiento a largo plazo juega un papel crucial en la comprensión del cambio ambiental, ya que, sin observaciones y experimentos repetidos y continuos, tenemos una capacidad limitada para detectar y comprender los cambios en las interacciones ecológicas (Westoby, 1991; Daily, 1997; Knowlton y Jones, 2006; Dickman, 2013). Esto se debe a que los ecosistemas son inherentemente variables y su funcionamiento (la interacción entre sus componentes) se sustenta con frecuencia sobre procesos no lineales. Por lo tanto, el seguimiento a largo plazo es especialmente importante para explorar estas interacciones (Runyoro y cols., 1995; Levin, 2009; Estes y cols., 2011). Es crucial para determinar la efectividad de las intervenciones de manejo como la restauración del hábitat (Lindenmayer y cols., 2016), los programas de conservación de especies amenazadas (Kearney y cols., 2011) o la detección de eventos extremos (Wardle y cols., 2013).

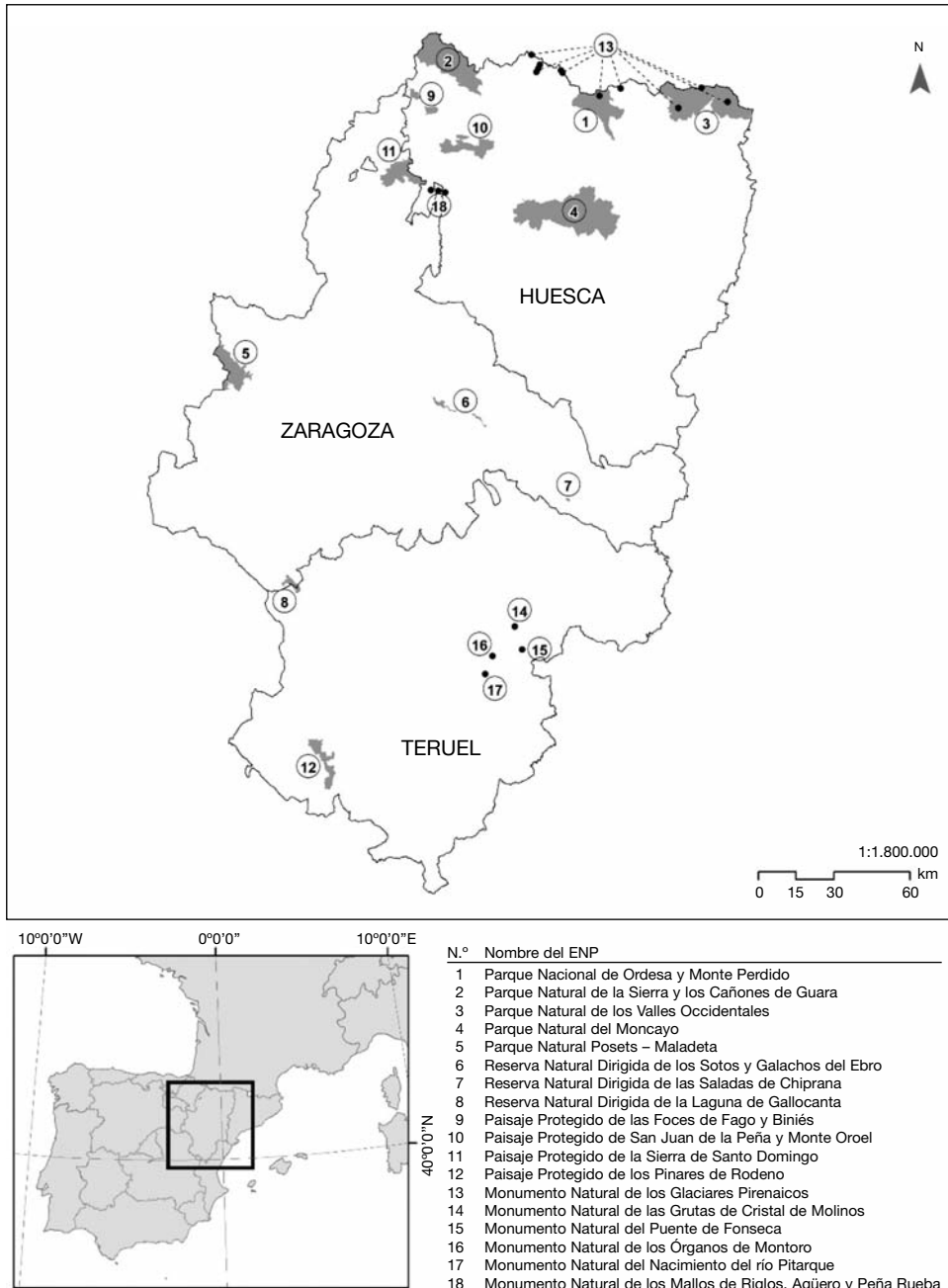
Al reducir el número de variables a seguir y trabajar únicamente con indicadores, el SE exige una planificación cuidadosa, enfocada a recoger datos concretos, de manera precisa, utilizando métodos apropiados y de forma estandarizada, de tal forma que permita compararlos a lo largo del tiempo y establecer tendencias. Para poder implantar este modelo de gestión es necesario valorar la posibilidad de su realización (factibilidad), el interés de los resultados obtenidos y sus consecuencias a la hora de tomar decisiones de gestión. Cualquier planteamiento de este tipo debe pensar en el largo plazo, la optimización de los recursos disponibles y la implicación que supone establecer un termómetro que valora las propias actuaciones. También es fundamental el tratamiento y la difusión de los resultados, para que la información pueda ser utilizada por los gestores y consultada por la comunidad en general.

La búsqueda de información, la puesta en marcha de inventarios e investigaciones, o la consulta en talleres u otros foros sobre los recursos del espacio ofrecen la posibilidad de desarrollar los objetivos de gestión a partir de la identificación de las condiciones deseadas. La organización de la información obtenida va a posibilitar la comparación entre las condiciones reales y las deseadas. Los resultados del seguimiento también ayudan a establecer estrategias de gestión para lograr esas condiciones deseadas, así como las tendencias en los recursos pueden ayudar a evaluar la eficiencia de esa gestión y llegado el caso adaptarla para lograr las condiciones buscadas.

Uno de los escenarios clave para la puesta en marcha del SE son las áreas protegidas (AP), la piedra angular de la mayoría de las estrategias de conservación (Hockings, 2003). Estas presentan algunas ventajas, como una amplia distribución mundial, representatividad y buen estado de conservación respecto a la matriz territorial que las rodea. Además, teóricamente deberían contar con más recursos económicos dedicados a la conservación que el resto de áreas naturales, lo que se traduciría en más personal y mayores medios materiales. Diversos organismos internacionales como la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en su Plan de Acción para las Áreas Protegidas de Europa (UICN, 1994) o Europarc España en su Plan de Acción para los ENP del Estado español (Europarc España, 2002) recomiendan establecer un programa de seguimiento en cada AP.

Numerosos autores también consideran que el SE resulta esencial para abordar una gestión activa, adaptativa y apoyada en datos científicos de las AP (White y Bratton, 1980; Croze, 1982; Davis, 1989; Buttrick, 1984; Quinn y Van Riper, 1990; Johnson, 1999), entendiendo esta como el proceso por el que las decisiones de gestión se toman en función de la información que se va generando de forma continua, lo que ayuda a ajustar dichas decisiones a una realidad en continuo cambio.

En este contexto, en el que el seguimiento ecológico constituye una herramienta valiosa para abordar la gestión de las áreas protegidas, el Gobierno de Aragón puso en marcha en 2005 una iniciativa para que cada Espacio Natural Protegido (ENP) aragonés desarrollara su propio plan de seguimiento ecológico (PSE). Esto supuso una iniciativa novedosa en España en ese momento, en el que los seguimientos en marcha en los ENP



**Fig. 1.** Espacios Naturales Protegidos declarados en Aragón.

eran minoritarios (Gómez-Limón y cols., 2000). La propuesta consideró desarrollar planes sencillos pero rigurosos que pudieran ser asumidos con los recursos humanos y materiales disponibles en la Administración regional. El diseño planteaba una estructura en la que cada PSE se componía de diversos programas de seguimiento, que a su vez contenían indicadores, medidos según unos protocolos específicos. El desarrollo de estos PSE necesariamente debía quedar reflejado en un cronograma en su fase inicial, realizado a partir de una metodología participativa y desde una perspectiva multidisciplinar.

Pasados más de diez años desde su puesta en marcha, de los dieciocho ENP declarados en la actualidad en Aragón, se ha diseñado un PSE para nueve de ellos: cuatro Parques Naturales (PN), tres Reservas Naturales Dirigidas (RND) y dos Paisajes Protegidos (PP). Aunque esta cifra supone tan solo el 50 % de los ENP, esos nueve espacios suponen el 80 % de la superficie protegida por un ENP en Aragón (tabla 1 y fig. 1).

La RNSG fue el primer ENP de Aragón en el que, paralelamente a la redacción de su Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), se

**Tabla 1.** Espacios Naturales Protegidos de Aragón con PSE y su año de realización.

<i>Provincia</i>	<i>ENP</i>	<i>Realización</i>	<i>Vigencia</i>
Zaragoza	Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro (RNSG)	1999	2000-2008
	Parque Natural del Moncayo (PNM)	2008	2009-2010
	Reserva Natural Dirigida de las Saladas de Chiprana (RNCH)	2010	2010 >
Huesca	Parque Natural de los Valles Occidentales (PNLV)	2007	2008-2012
	Parque Natural Posets – Maladeta (PNPM)	2009	2010-2014
	Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (PNG)	2005	2006-2010
	Paisaje Protegido de San Juan de la Peña y Monte Oroel (PPSJ)	2016	2017-2021
Teruel	Reserva Natural Dirigida de la Laguna de Gallocanta (RNLG)	2010	2011-2015
	Paisaje Protegido de los Pinares de Rodeno (PPPR)	2010	2011-2015

diseñó y puso en marcha un plan de seguimiento específicamente destinado a la evaluación de la gestión en 1999 y que comenzó su andadura en 2000 (De Lucio y Atauri, 2002). Tras seis años de la puesta en marcha de este primero, se elaboró un PSE para el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (PNG) (Herrero y cols., 2005; Paula y cols., 2006; Prada y cols., 2009a; Sierra y cols., 2014) en el que se proponen actuaciones para el periodo 2006-2010. A partir de entonces, en años consecutivos, se diseñan y ponen en funcionamiento PSE específicos utilizando una metodología común (MC) en varios ENP de Aragón (Prada y cols., 2007; Fernández-Arberas y cols., 2008; Prada y cols., 2008; Prada y cols., 2009b; Fernández-Arberas y cols., 2010; Martín y cols., 2012; García-Serrano y cols., 2016). En 2010 se realiza otro PSE utilizando la metodología de Europarc (ME) España (2010).

La evaluación se entiende como el juicio del grado en que se han alcanzado determinados objetivos establecidos de antemano, entre los que pueden considerarse los objetivos de gestión de un espacio protegido. La información para la evaluación puede proceder de fuentes muy diversas, pero a menudo el seguimiento tiene un papel esencial en la obtención de datos básicos para la evaluación (Hockings y cols., 2000). En Aragón se han llevado a cabo dos evaluaciones de PSE: la de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro (RNSG) y la del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (PNG).

En 2008 la Fundación González Bernáldez (FGB, 2008) realizó la evaluación del SE de la RNSG durante el periodo 2000-2008 (Arruebo, 2009). En esta, se revisó el estado de los diferentes programas, de los indicadores, así como de las principales causas de los vacíos de información. Tras la evaluación, se diseñó un nuevo PSE para 2009-2020 teniendo en cuenta las capacidades reales de la RND, ajustando los distintos programas de SE a los nuevos objetivos de gestión propuestos en el PORN de 2007 (decreto 89/2007, de 8 de mayo) y a la propuesta de ampliación de la Reserva del citado PORN. De esta manera la información derivada del PSE debería proporcionar información básica sobre el estado y la evolución de los distintos ecosistemas para facilitar la toma de decisiones de gestión.

En 2014 se publicó una revisión de los cinco primeros años del PSE en el PNG (2006-2010) (Sierra y cols., 2014). Para evaluar el grado de

cumplimiento se llevó a cabo una actualización del inventario de trabajos realizados (listado y fichas) poniendo de manifiesto que el PSE ha permitido generar una cantidad importante de material científico de calidad, suponiendo una toma de contacto con este nuevo modelo de gestión de ENP que permitirá establecer medidas de gestión coherentes en el corto plazo. Durante el primer quinquenio el grado de cumplimiento del PSE se aproximó a un 30 %.

El objetivo general de este artículo es llevar a cabo la revisión del estado de ejecución de los PSE de los principales ENP de la Red Natural de Aragón, cuyo objetivo es disponer de datos e información que permitan el análisis y la evaluación de los sistemas presentes en el conjunto de la Red. Como objetivos específicos se plantean: (i) valorar el estado del SE y el grado de cumplimiento de los PSE en los ENP de Aragón; (ii) recopilar y listar la información bibliográfica técnica, científica y divulgativa existente sobre estas áreas; (iii) identificar las causas de los vacíos de información existentes, y (iv) proponer mejoras en el ámbito organizativo. La revisión se realizó en 2016 con la información publicada hasta ese año y las memorias de gestión hasta 2015, ya que se elaboran y presentan una vez acabado el ejercicio. La evaluación del PPSJ no se plantea al estar vigente a partir de 2017.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Para llevar a cabo este trabajo se comenzó por realizar una revisión de la información relativa a los PSE de los ENP estudiados, así como de información relativa a trabajos de monitorización, inventariado, características y procesos ecológicos clave implementados en las zonas de estudio y zonas adyacentes. También se han recopilado estudios realizados a mayor escala en el ámbito general de Aragón pero que aportan información importante sobre los ENP de los que se está realizando dicho estudio de evaluación. La búsqueda de información y revisión bibliográfica se ha llevado a cabo por tres vías distintas: (i) búsqueda en Internet; (ii) solicitud de trabajos a bibliotecas y Administraciones y (iii) solicitud de trabajos a los propios autores.

Durante la primera fase llevada a cabo para la elaboración de los PSE del PNG, PNLV, PNPM, PNM, RNDLG y del PPR se cuantificó la

información de carácter técnico relativa al ENP, para conocer la situación de partida y las lagunas que debieran ser completadas con el futuro PSE. De la misma manera, en el presente artículo se ha realizado una revisión bibliográfica de los trabajos ejecutados en el ámbito de los ocho espacios naturales estudiados desde la redacción de sus respectivos PSE, creando así un listado bibliográfico con los más relevantes que incluye: (i) datos actuales procedentes de los ENP estudiados y áreas vecinas: datos de inventarios, proyectos de búsqueda de información o proyectos de monitorización; (ii) informes y memorias derivadas de los trabajos de monitorización realizados en el ámbito del ENP; (iii) documentos publicados o inéditos, observaciones puntuales o análisis de datos preexistentes (artículos científicos y divulgativos, trabajos fin de estudios); (iv) estudios e informes de propuestas de actuación llevadas a cabo en los ENP, y (v) estudios y proyectos de determinadas especies o hábitats realizados en un ámbito regional, y que resultan de interés para algunos de los ENP donde se realiza SE.

Para valorar el estado actual de los PSE, su grado de aplicación, las modificaciones llevadas a cabo en cada ENP o los problemas o carencias que pudieran afectar a su ejecución, se han revisado las memorias técnicas de gestión (MTG) anuales de cada ENP y se han realizado consultas a los técnicos de los servicios provinciales de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.

Por último, se ha evaluado el grado de cumplimiento de las actuaciones previstas en cada uno de los PSE, teniendo en cuenta para ello tanto la información de carácter técnico recopilada en los listados bibliográficos como la incluida en las Memorias Técnicas de Gestión.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro**

El PSE original de la RNDSG se puso en funcionamiento en 2000. En 2008, tras ocho años de vigencia, se realizó una evaluación y se hizo una propuesta de un PSE revisado para el periodo 2009-2020 (Arruebo, 2009; FGB, 2008). Como resultado de dicha evaluación podemos concluir que el grado de cumplimiento fue del 25-30 % (tablas II y III).

El nuevo PSE fue diseñado siguiendo la metodología propuesta por Europarc España, aunque simplificando y disminuyendo el número de indicadores originales recogidos en cada uno de los programas de seguimiento: meteorológico, hidrológico (dinámica fluvial y calidad del agua), hábitats, especies, paisaje y usos, y aprovechamientos.

La búsqueda bibliográfica (2000-2016) ha dado lugar a un total de treinta y cinco trabajos de carácter técnico y científico realizados dentro del ámbito de actuación de la RNDSG. Veintitrés de los estudios ejecutados pertenecen al periodo de aplicación del nuevo PSE. La mayoría de los trabajos se incluyen en el programa hidrológico (30 %) y el programa de especies (65 %). Dentro de este, el 35 % están dedicados a la fauna, el 13 % a la flora y el 17 % a hábitats. Los temas menos estudiados han sido los relativos al paisaje y al programa de usos y aprovechamientos.

Como principales incidencias y modificaciones cabe destacar las siguientes:

- El equipo gestor consideró que los indicadores planteados en el PSE en relación con los hábitats no se ajustaban a las necesidades de gestión de la RND en esta materia, por lo que en 2011 se contrató la elaboración de un procedimiento específico para el seguimiento de los sotos (HIC), sin tener en cuenta el resto de hábitats, de los que habría que evaluar la conveniencia de establecer procedimientos específicos para conocer su estado de conservación y evolución.
- El seguimiento de las aves se está haciendo anualmente, pero el uso de diferentes metodologías para la realización de los inventarios no permite comparar la evolución de alguno de los indicadores. Además, en cuanto a aves invernantes, se cuenta con pocos datos.
- En cuanto a la flora, no se ha realizado seguimiento de distribución y área de ocupación de *Arundo plinii* e *Imperata cylindrica*, al no considerarlas objeto de conservación.
- A pesar de que en el PSE no se han incluido las especies exóticas invasoras de fauna y flora como indicadores para evaluar el estado de conservación de la RND, desde el equipo gestor se consideró de gran interés su seguimiento y, en los últimos años, se están desarrollando además actuaciones específicas para su reducción y erradicación.



**Tabla II.** Acciones propuestas en el PSE de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro para 2000-2008 y su grado de cumplimiento.

Programa	Subprograma	Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)		
		Nivel I	Nivel II	Nivel III
Meteorológico		Temperatura media mensual* Humedad relativa* Precipitación acumulada y máxima*	Temperatura máxima y mínima* Velocidad y dirección del viento* Insolación EVP*	Seguimiento de la calidad del aire* Humos NOx* SO <sub>2</sub> * Microclima*
Hidrológico	Hidrogeológico	Profundidad del nivel freático Temperatura del aire y temperatura del agua (máxima, mínima, puntual) pH* Conductividad* O <sub>2</sub> disuelto* Turbidez	Profundidad del freático* Cationes y aniones* Alcalinidad* Dureza Ca* Nitritos, nitratos, amonio, fosfatos* TDS, TSS* MOS* DBO5 y DQO* Coliformes* Hidrocarburos* Metales* Fenoles* Pesticidas*	Instalación de piezómetros*
	Dinámica fluvial	Caudales medios del Ebro* Caudal de la punta del Ebro* Frecuencia de avenidas y nivel máximo de la avenida* Número de defensas Longitud de las defensas	Cartografía del cauce Deslinde DHP Tasa de sedimentación	Seguimiento de la colmatación de los galachos

**Tabla II.** Continuación

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>		
		<i>Nivel I</i>	<i>Nivel II</i>	<i>Nivel III</i>
Hidrológico	Hidrológico	Temperatura* pH* Conductividad* Oxígeno disuelto* Turbidez Caudal (acequias)* Profundidad (galachos)	Cationes y aniones* Alcalinidad* Dureza Ca y Mg Nitritos, nitratos, amonio, fosfatos* TDS, TSS, MOS, MOB* DBO5 y DQO* BMWP Metales* Hidrocarburos* Fenoles* Coliformes* Pesticidas*	Seguimiento de la eutrofización en el galacho de la Cartuja
Hábitats y especies	Hábitats	Cobertura por tipo de vegetación Cobertura por hábitats de interés comunitario (HIC)	Seguimiento de la sucesión ecológica Riqueza y diversidad del sotobosque* Riqueza y diversidad del estrato arbóreo Tasa de mortalidad / sp.* Tasa de renuevos / sp.*	

**Tabla II.** Continuación

Programa	Subprograma	Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)		
		Nivel I	Nivel II	Nivel III
Hábitats y especies	Especies	Riqueza y diversidad de las aves acuáticas* Número de individuos por especies* Tamaño de la población	Riqueza y diversidad de las especies de aves, mamíferos y peces Especies amenazadas Éxito reproductivo Tamaño poblacional Especies exóticas Éxito reproductivo Tamaño poblacional	Gestión de las especies en peligro Gestión de las especies invasoras
Actuaciones de restauración		Hectáreas restauradas en la reserva (por ecotopo)*	Bosque de ribera % de supervivencia Altura de las plantas Diámetro de la copa y basal Densidad de los renuevos* Distancia entre las plantas Distancia renuevos / planta* Reproducción vegetativa / sexual* Lagunas Colonización del carrizo Calidad del agua Riqueza de aves	

**Tabla II.** Continuación

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>		
		<i>Nivel I</i>	<i>Nivel II</i>	<i>Nivel III</i>
Paisaje	Usos del suelo	Cobertura de usos del suelo Cambios de usos del suelo (ha)	Heterogeneidad Diversidad* Dominancia* Fragmentación* Conectividad	
	Calidad visual	Registro fotográfico *	Impactos visuales	
Usos y aprovechamientos		Propiedad del suelo (público / privado)* Planeamiento (por categoría) Superficie agrícola (por variedad)* Rendimiento agrícola (por variedad) Efectivos ganaderos (por razas) Superficie forestal Producción forestal Uso industrial Caza Graveras Vertederos	Cultivos Número de explotaciones Tamaño de las explotaciones Rendimientos por variedades Fertilizantes y pesticidas Ganadería Número de explotaciones Tamaño de las explotaciones Carga ganadera Razas Aprovechamientos forestales Número de explotaciones Tamaño de las explotaciones Rendimientos* Variedades	Impacto de la carga ganadera

**Tabla II.** Continuación

Programa	Subprograma	Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)		
		Nivel I	Nivel II	Nivel III
Uso público		Número de visitantes* Tamaño de los grupos* Número de los grupos*	Frecuentación por zonas Origen de los visitantes Actividades realizadas	Evaluación del impacto del uso público Gestión del flujo de visitantes Tipología de los visitantes
Socioeconómico (información muy dispersa)	Demografía	Población de derecho	Tasa de emigración/ inmigración Estructura de la población Segunda residencia	
	Actividades económicas	Empleos por sector de actividad Empleos directos en la Reserva	Plazas Hostelería Renta media por habitante Número de empresas relacionadas con la Reserva	
	Participación	Número de grupos locales Número de actividades de participación Recursos aportados para la participación	% de población que conoce la existencia % de población que conoce los objetivos % de población que conoce el medio de contacto Grado de aprecio de la Reserva	

**Tabla III.** Acciones propuestas en el PSE de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro para 2009-2020 y su grado de cumplimiento.

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>	
Meteorológico		Medición de la temperatura, precipitación, humedad relativa, dirección del viento, insolación, ETP...*		
Hidrológico	Dinámica fluvial	Caudales (máximo, mínimo y medio) del Ebro* y del Gállego	No hay estación de muestreo para el caudal máximo y mínimo del Gállego	
		Profundidad del freático*		
		Altura de la lámina de agua*		
			Fluctuación máxima de la lámina de agua mensual*	
			Frecuencia de avenidas y avenidas: altura de la lámina de agua*	
			Cartografía del cauce. Mapa y hectáreas. Tipo de cubierta	No se realiza
			Tasa de sedimentación	No se realiza
		Calidad de las aguas	Temperatura del agua*	
	PH, conductividad, oxígeno disuelto y TDS*			
	Cationes y aniones*			
	Alcalinidad*			
	Nitritos, nitratos, amonio, fosfatos*			
	DBO5 y DQO*			
	Materia en suspensión (MES)*			
	Metales y metaloides*			
	Plaguicidas*			
	Fenoles e hidrocarburos*			
Hábitats y especies	Hábitats	Cobertura por tipo de vegetación y mapa de HIC derivado* Hectáreas restauradas por ecotopo Densidad de pies vivos, abundancia, riqueza y diversidad de especies, mortalidad, diámetro medio, distribución diamétrica, altura dominante, fracción de cabida cubierta y regeneración	No se realiza	

**Tabla III.** Continuación

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>		<i>Observaciones</i>
Hábitats y especies	Especies	Aves	Censo de especies nidificantes y especies observadas*	El uso de diferentes metodologías para la realización de los inventarios no permite comparar la evolución de alguno de los indicadores
			Riqueza, diversidad y dominancia de especies acuáticas*	Debido a la escasez de datos, no se pueden sacar conclusiones relativas a la evolución de los indicadores de dominancia y diversidad
			Riqueza y diversidad relativa de aves estival e invernal por tipo de hábitat*	No se realiza desde 2011
			Densidad estival e invernal de aves por tipo de hábitat*	
			Tamaño de poblaciones de martinete, garceta común, garcilla bueyera, garza real, garza imperial, aguilucho lagunero, aguilucho cenizo y aguilucho pálido*	
			Cambios poblacionales, productividad y tasa de supervivencia de las aves comunes*	
			Mamíferos	Abundancia relativa de mamíferos carnívoros (nutria, turón, visón europeo, comadreja, tejón, gineta, zorro y gato) y de castor, jabalí y corzo*

**Tabla III.** Continuación

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>		<i>Observaciones</i>
Hábitats y especies	Especies	Peces	Composición, riqueza y abundancia relativa	No se realiza
		Crustáceos	Abundancia relativa de cangrejo americano*	Primer año de toma de muestras 2010 No se realiza desde 2014
		Reptiles	Tamaño mínimo de las poblaciones de galápagos*	Primer año de toma de muestras 2010
		Flora catalogada	<i>Arundo plinii</i> e <i>Imperata cylindrica</i> : distribución y área de ocupación*	Primer año de toma de muestras 2010 No se realiza desde 2014
Paisaje	Mapa del parcelario aparente y tasa de cambio			
	Registro fotográfico*			
Usos y aprovechamientos	-	Propiedad del suelo y superficie ocupada por los distintos usos*		Cartografía de propiedad de suelo sin realizar
		Mapa de aprovechamiento agrícola y ganadero*		
	Uso público	Número de visitantes y número de visitas a la zona restringida*		
		Frecuentación por zonas*		
		Impactos acústicos		No se realiza

### Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara

El PSE del PNG fue elaborado en 2005 siguiendo la MC (Herrero y cols., 2005). Durante la elaboración del PSE se realizó un inventario de los trabajos ( $n = 24$ ). Trataban mayoritariamente sobre fauna, hidrología y análisis territorial. Escaseaba la información relativa a la flora, la ganadería y la geomorfología. En este trabajo se planteó que el seguimiento durante el periodo 2006-2010 se focalizara sobre flora, paisaje, hongos, fauna, aspectos socioeconómicos, recursos hídricos y gestión.



En 2012 se realizó un trabajo de revisión del SE en el PNG (2006-2010) (Sierra y cols., 2014), comprobando que el 50 % de los trabajos generados durante ese periodo estaban relacionados con el PSE. El mayor esfuerzo de seguimiento se hizo sobre la fauna, con un cumplimiento del 80 % de los objetivos marcados en el PSE, seguido por la flora (60 %). Se elaboró el inventario de plantas vasculares, pero no la cartografía digital de la vegetación, realizada posteriormente, en 2020. Los trabajos sobre micología, paisaje, socioeconomía y recursos hídricos no se llevaron a cabo. Tampoco se creó una base de datos asociada a cartografía digital, mencionada en el apartado de gestión. El grado de cumplimiento del PSE estimado fue de un 30 %.

La evaluación de la información generada en los primeros diez años de SE en el PNG (2006-2016), con treinta y tres trabajos localizados, muestra que la gran mayoría son estudios faunísticos (70 %), dentro de los que los grupos más ampliamente estudiados han sido los mamíferos (42 %) y las aves (31 %). El resto de trabajos están relacionados con la ganadería, los hábitats y el SE (8 % cada uno) y gestión y flora (3 %, un único trabajo de cada uno de ellos). No se han encontrado trabajos relacionados con aspectos socioeconómicos, hidrología, geomorfología ni paisaje.

La revisión de las MTG (2010-2015) han resultado un complemento importante a la hora de evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos del PSE, ya que en todas ellas se hace un resumen anual detallado de las actividades de SE.

Paralelamente a las actuaciones propuestas en el PSE se han realizado y puesto en marcha varios programas independientes de seguimiento que aportan información valiosa para la toma de decisiones relativas a la gestión en el PNG, entre ellas cabe destacar las siguientes:

- Estudio de flora exótica invasora: prospección de nuevas poblaciones asilvestradas no conocidas de flora exótica en áreas de alto valor natural pertenecientes a la Red Natura 2000. Dentro del PNG se ha trabajado en el LIC Sierra de Guara. Actualización de la base de datos InvasAra, creada en 2009 con la primera recopilación de citas de especies de flora exótica invasora en Aragón.
- Programa RESECOM HIC (LIFE12 NAT/ES/000180). Red de seguimiento de especies de flora y hábitats de interés comunitario (EIC y

**Tabla IV.** Acciones propuestas en el PSE del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara para 2006-2016 y su grado de cumplimiento.

<i>Categoría</i>	<i>Acciones propuestas en el PSE (2005) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Flora	<p>Inventario y criterios de gestión de la flora y de la vegetación del PNG*</p> <p>Estado de conservación de especies y comunidades vegetales*</p> <p>Especies o comunidades indicadoras de cambios ecológicos*</p> <p>Creación de microreservas para poblaciones endémicas o amenazadas</p> <p>Definir zonas de interés para el inventario*</p> <p>Especies alóctonas*</p> <p>Cartografía digital de comunidades vegetales</p> <p>Mapa de hábitats*</p>	
Paisaje	<p>Evaluación de los cambios de uso del suelo mediante ortofotos</p> <p>Análisis de la evolución del paisaje</p>	No se realiza
Hongos	<p>Inventario de hongos del PNG y estados de conservación</p> <p>Especies indicadoras de cambios ecológicos</p>	No se realiza
Fauna	<p>Inventario y criterios de gestión de anfibios y reptiles del PNG*</p> <p>Cartografía temática con localizaciones de las especies*</p> <p>Inventario y criterios de gestión de micromamíferos del PNG*</p> <p>Cartografía temática con localizaciones de las especies*</p> <p>Inventario y criterios de gestión de quirópteros del PNG*</p> <p>Cartografía temática con localizaciones de las especies</p> <p>Trabajos específicos anuales sobre especies importantes*</p> <p>Quebrantahuesos*</p> <p>Nutria*</p> <p>Cangrejo de río*</p> <p>Insectos*</p> <p>Cabra montesa*</p>	<p>Además de las actuaciones propuestas en el PSE se han realizado otros trabajos de SE de fauna:</p> <p>Águila real</p> <p>Águila perdicera</p> <p>Perdiz pardilla</p> <p>Mamíferos grandes y medianos</p> <p>Topillo nival</p> <p>Lepidópteros</p> <p>Peces</p>

**Tabla IV.** Continuación

<i>Categoría</i>	<i>Acciones propuestas en el PSE (2005) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Aspectos socioeconómicos	Estudio de usos recreativos del PNG (barranquismo, senderismo, escalada...) Estudio de usos no recreativos del PNG (agricultura, ganadería, caza, pesca...)	
Recursos hídricos	Recopilación de información sobre aguas superficiales y subterráneas Completar con estudios puntuales de aspectos relevantes sin información Propuesta de indicadores de seguimiento de calidad de las aguas	No se realiza
Gestión	Puesta en marcha del SE a partir de los indicadores disponibles o que se vayan generando* Integrar la información en una base de datos asociada a cartografía digital	

HIC, respectivamente) en espacios de la Red Natura 2000 en Aragón para conseguir información de primera mano que permita mejorar la gestión de las EIC y los HIC objeto del proyecto

- Plan de Recuperación del cangrejo de río común *Austropotamobius pallipes* en Aragón. Dentro de dicho plan se encuentran las prospecciones y el seguimiento de las poblaciones de los ríos Alcanadre, Guatzalema y algunos afluentes.

El grado de cumplimiento del PSE en el PNG se ha estimado en el 35 % (tabla IV). Las actuaciones propuestas dentro de las categorías de fauna se han cumplido en un 85-90 %. En la categoría de flora cabe destacar, con respecto a la evaluación anterior realizada (Sierra y cols., 2014), los estudios llevados a cabo sobre flora exótica invasora, por lo que el porcentaje de cumplimiento se estima en el 70 %. Las actuaciones relativas a micología, paisaje, aspectos socioeconómicos y recursos hídricos siguen sin llevarse a cabo. En lo que respecta al ámbito de gestión, la base de datos asociada a cartografía digital tampoco ha sido realizada todavía.

## Parque Natural de los Valles Occidentales

El PSE del PNLV fue elaborado en 2007 con la MC (Prada y cols., 2007). Se realizó un inventario de los trabajos llevados a cabo con el fin de conocer el estado de la información generada hasta la fecha e identificar de esta manera las lagunas de conocimiento existentes. Esta información, junto con los objetivos del PORN, se utilizó para establecer las prioridades de seguimiento durante el periodo de vigencia del PSE (2008-2012) pertenecientes a las siguientes categorías: clima, erosión, paisaje, hábitat, especies (hongos, fauna y flora), actividades económicas (ganadería, servicios, caza y pesca), uso público y personal (técnicos y guardería).

En la revisión bibliográfica realizada en el presente estudio ( $n = 36$ , 2008-2016), los estudios sobre fauna representan un 58 % del total, dentro de los cuales mamíferos y aves son los grupos más estudiados (85 %). Le siguen los hábitats y aquellos relacionados con la ganadería y el pastoralismo (14 % y 11 %, respectivamente). Los temas menos estudiados han sido la flora (8 %) y los relacionados con la gestión (menos del 5%). No se han encontrado trabajos sobre clima, erosión, paisaje, hongos o geomorfología. En general, un 60 % corresponden a estudios generados por el SE.

La revisión de las MTG (2010-2015) pone de manifiesto que los programas de SE desarrollados se han dedicado casi en su totalidad a fauna y flora catalogada.

Analizando la información generada por ambas vías se puede hacer balance de los objetivos propuestos en el PSE y su grado de cumplimiento durante estos ocho primeros años de seguimiento (tabla v). Los estudios de ganadería y de los cambios de usos del suelo incluidos en el listado bibliográfico amplían la información disponible dentro de las categorías de paisaje y actividades económicas. Sin embargo, las actuaciones propuestas en el ámbito de clima, erosión, hongos, así como la relativa a la gestión no se han implementado. Tampoco se ha integrado y actualizado la información generada con los seguimientos y proyectos del PNLV en una base de datos y un GIS. En general, el grado de cumplimiento de las actividades propuestas es de aproximadamente un 35 % y es aún necesaria la elaboración de protocolos de seguimiento para la correcta realización de las actuaciones de monitorización propuestas en el PSE.

**Tabla v.** Acciones propuestas en el PSE del Parque Natural de los Valles Occidentales para 2008-2012 y su grado de cumplimiento.

<i>Categoría</i>	<i>Subcategoría</i>	<i>Acciones propuestas en el PSE (2007) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Clima	–	Medición de la temperatura, precipitación, viento, insolación...	No se realiza. Sigue siendo necesario instalar alguna estación meteorológica en el interior del PNLV
Erosión	–	Seguimiento de la erosión en parcelas de muestreo	
Paisaje	–	Cambios de uso del suelo. Relación entre bosque y pasto a partir de ortoimágenes	
Hábitat	–	Cartografía de la superficie de hábitats del Parque*	
		Seguimiento de la superficie (GIS) y la composición de los hábitats. En especial los prioritarios	
Especies	Hongos	Delimitación de parcelas de muestreo con el objetivo de estudiar la diversidad y la producción fúngica	Se realiza seguimiento de la seta del tilo
	Flora	Alerta de especies exóticas (EEI)*	
		Completar inventario de flora*. Incluir los briófitos. Cartografía de la vegetación actualizada*	Inventario de especies catalogadas (no se incluyen briófitos)
		Delimitación de parcelas de muestreo con el objetivo de estudiar la evolución de la vegetación*	Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC)
		Efecto de las hozaduras de jabalí en la composición de pastos supraforestales*	Tesis doctoral (Universidad de Zaragoza / IPE-CSIC)
Análisis de las ordenaciones forestales existentes: proporción de madera muerta, estructura diamétrica...*			

**Tabla v.** Continuación

<i>Categoría</i>	<i>Subcategoría</i>	<i>Acciones propuestas en el PSE (2007) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Especies	Flora	Marcaje con GPS y seguimiento de localizaciones de especies catalogadas como EPE, VU o SAH* Seguimiento de la fructificación de fagáceas*	
	Fauna	Alerta de especies exóticas (EEI)*	
	Invertebrados	Inventario y criterios de gestión de los invertebrados del PNLV. Seguimiento de especies catalogadas como EPE, VU o SE	
	Peces	Inventario y seguimiento de especies catalogadas como EPE, VU o SE y trucha autóctona	No se realiza
	Anfibios y reptiles	Inventario y criterios de gestión de la herpetofauna del PNLV*	
		Seguimiento de especies catalogadas como EPE, VU o SAH*	Rana pirenaica
	Aves	Seguimiento de especies catalogadas como EPE, VU o SAH*	Pico dorsiblanco, quebrantahuesos, urogallo, mochuelo boreal, lagópodo alpino
		Seguimiento de la diversidad de aves*	
	Mamíferos	Inventario y criterios de gestión de los quirópteros del PNLV*	
		Seguimiento de especies catalogadas como EPE, VU o SAH*	Desmán, oso pardo
		Inventario y criterios de gestión de los macro- y mesomamíferos del PNLV*	
		Seguimiento de especies cinegéticas: abundancias y capturas*	

**Tabla v.** Continuación

<i>Categoría</i>	<i>Subcategoría</i>	<i>Acciones propuestas en el PSE (2007) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Actividades económicas	Ganadería	Estudio sobre la necesidad de carga ganadera, tipo de ganadería en los puertos* Seguimiento del número de cabezas, tipología del ganado, zonas de pasto...*	
	Servicios	Inventario y seguimiento del volumen de infraestructuras del sector terciario (alojamientos, camas, restaurantes...)	
	Caza	Seguimiento de cazadores y su actividad en cotos y RC. Recopilación de la información de los Planes de Caza*	
	Pesca	Seguimiento de la actividad piscícola y su repercusión en el Parque	
Uso público		Seguimiento de los parámetros relacionados con el uso público: número de visitantes, días de estancia, actividades que desarrollan...*	
Personal	Técnicos	Integrar y actualizar toda la información generada con los seguimientos y los proyectos del PNLV en una base de datos y un GIS	
	Guardería	Formación de guardas para la realización del SE*	

### **Parque Natural del Moncayo**

El diseño del PSE de 2008 se basó en la MC (Prada y cols., 2008). Se propuso un cronograma de actividades a realizar durante los dos años siguientes (2009 y 2010, tabla VI). Sin embargo, la puesta en marcha no tuvo lugar hasta 2010, cuando se realizó una simplificación del PSE original (Gobierno de Aragón, 2010). La redacción de este nuevo PSE se desarrolló de manera paralela a la elección de los puntos de muestreo y de la metodología de

toma de muestras, creando un manual de procedimientos (MP) para cada uno de los programas del PSE. Este documento se halla en fase de borrador, no tiene una vigencia concreta y no sigue la MC original propuesta en 2009 sino la metodología propuesta por Europarc España. Los programas definidos actualmente son los siguientes: meteorológico, geomorfológico, especies (flora y fauna) y paisaje (tabla VII).

La búsqueda bibliográfica ha generado un escaso número de referencias bibliográficas ( $n = 13$ , 2008-2016). Los temas más estudiados han sido la fauna (43 %) y los hábitats (29 %). De los trabajos dedicados a la fauna, el grupo al que se le presta mayor atención es el de los mamíferos. Los estudios dedicados a la flora han representado un 14 %.

**Tabla vi.** Acciones propuestas en el PSE del Parque Natural del Moncayo para 2009-2010 y su grado de cumplimiento.

<i>Acciones propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>
Inventariación	Prospección de la perdiz pardilla Puesta en funcionamiento de las estaciones meteorológicas* y colocación de los HOBO	Micromamíferos* Suelos
Elaboración de protocolos de seguimiento	Ungulados* Factores abióticos Peces Anfibios* Flora* Vegetación Aves Quirópteros*	
Seguimiento	Se mantienen los seguimientos que están en marcha	Ungulados* Factores abióticos* Peces Anfibios Flora* Vegetación* Aves* Quirópteros*



Dada la poca información sobre los trabajos publicados de inventariado y monitorización, la revisión de las MTG (2010-2015) ha resultado ser un complemento importante a la hora de evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos (tabla vi). En ellas se ponen de manifiesto las

**Tabla vii.** Acciones propuestas en el PSE PNM (2010) y su grado de cumplimiento.

Programa	Subprograma	Acciones propuestas en el PSE (2010) y cumplidas (*)	
Meteorológico		Medición de la temperatura, precipitación, humedad relativa y ETP*	
Geomorfológico		Volumen de materia orgánica y sedimentos	
		Dinámica en morfologías erosivas y de acumulación	
		Dinámica de procesos de incisión y erosivos por tránsito	
Hábitats (sin definir)			
Especies	Flora	Presencia de plantas de pastos en zonas húmedas <i>Drosera rotundifolia</i> *	
		Presencia de plantas de zonas húmedas en bosques caducifolios*	
		Presencia de plantas en bosques caducifolios*	
		Especies afectadas por la matorralización de los pastos*	
		Presencia de plantas raras asociadas a pastos*	
		Presencia de plantas asociadas a roquedos y megaforbios*	
	Fauna	Mamíferos	Abundancia absoluta de ungulados forestales*
			Abundancia relativa y riqueza de meso- y macromamíferos*
			Capturas anuales de corzo y jabalí*
		Aves	Fructificación de fagáceas
			Especies de quirópteros identificadas y total de especies por hábitat*
			Abundancia específica de quirópteros*
		Abundancia de rapaces forestales nocturnas*	
		Riqueza, diversidad y dominancia de avifauna*	
Paisaje	–	Registro fotográfico	

dificultades técnicas en la definición y en la puesta en marcha de los programas de seguimiento.

Analizando la información recopilada por ambas vías podemos concluir que, pese a la redefinición del PSE en 2010, el cronograma de actuaciones propuesto en el PSE original en el periodo 2009-2010 (Prada y cols., 2008) ha tenido un grado de cumplimiento del 40-50 %. Durante 2009 se elaboraron los protocolos de seguimiento, pero no se realizó la prospección de perdiz pardilla propuesta. En 2010 se comenzaron algunos de los programas de seguimiento, como el de flora y de vegetación, ungulados, aves y quirópteros, así como el inventario de micromamíferos (tabla VI).

En cuanto al estado de ejecución del nuevo PSE, su grado de realización es de un 40 %, faltando por definir aspectos de tres de los cinco programas de seguimiento (tabla VII). En 2010 se puso en marcha el programa meteorológico y el de especies, con un cumplimiento del 93 %. Los otros tres programas continúan en revisión para la definición de indicadores (programa de hábitats) o para la concreción del procedimiento de toma de datos en campo (programas de paisaje y geomorfología).

### **Parque Natural Posets – Maladeta**

El PSE fue elaborado en 2009 (Prada y cols., 2009b). Para ello, se realizó un inventario de la información disponible proponiéndose continuar con los seguimientos existentes, completar los inventarios y poner en marcha nuevos seguimientos. Para 2010-2015 había cinco programas de seguimiento: clima (meteorología, aludes y glaciares), agua (cauces e ibones), hábitats, flora y fauna.

La búsqueda bibliográfica ( $n = 29$ , 2009-2016) indica que un 76 % de los estudios han sido sobre fauna, particularmente aves (48 %) y mamíferos (20 %). El 24 % restante se ocupa de hábitats (10 %), flora, hidrogeología, suelos y gestión. No se han encontrado trabajos relativos a los programas de clima y agua, aunque existe un seguimiento de temperaturas y precipitación.

Las MTG (2010-2015) han sido de ayuda a la hora de evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos fijados en el PSE, ya que se detallan las actuaciones de monitorización realizadas cada año, así como otros proyec-

**Tabla VIII.** Acciones propuestas en el PSE del Parque Natural Posets – Maladeta para 2010-2016 y su grado de cumplimiento.

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones propuestas en el PSE (2009) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Clima	Meteorología	Medición de la temperatura*, precipitación*, viento, capa de nieve...	Recopilar información de la AEMET, refugios, estaciones de esquí. Valorar los parámetros necesarios y la frecuencia. Homogeneizar la toma y el tratamiento de datos
	Aludes	Registros históricos, cartografía, volumen de nieve...	Recopilar registros históricos y diseñar base de datos para agrupar información
	Glaciares	Dimensiones, volumen de deshielo, características generales...	Recopilar datos históricos, proponer mediciones concretas y hacer BD
Agua	Cauces	Características físicas y químicas	Protocolo de toma y tratamiento de las muestras
	Ibones	Características físicas y químicas, biovaloración	Selección de puntos de muestreo y elaboración del protocolo de toma y tratamiento de muestras
Hábitat	Hábitat	Cartografía del hábitat* Superficie relativa y fragmentación	
Flora	Flora	Alerta especies invasoras	
		Localización y seguimiento de especies catalogadas, representativas de HIC*	Además del plan de seguimiento de flora catalogada, se pone en marcha el Programa Life RESECOM, red de seguimiento de especies de flora y hábitats de interés comunitario (EIC e HIC, respectivamente) en espacios de la Red Natura 2000 en Aragón*
		Fructificación de fagáceas	
		Seguimiento de puntos de interés de briófitos	Desarrollo del protocolo de seguimiento

**Tabla VIII.** Continuación

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones propuestas en el PSE (2009) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Fauna		Alerta de especies invasoras	
	Invertebrados	Inventario, criterios de gestión y seguimiento de coleópteros-lepidópteros forestales	Se realiza seguimiento de <i>Parnassius apollo</i>
	Anfibios y reptiles	Inventario, criterios de gestión y seguimiento de especies especialmente vulnerables*	
	Aves	Seguimiento de especies necrófagas (quebrantahuesos, alimoche, búitre leonado)*	Unificar criterios en el Pirineo aragonés e integrar resultados en las redes más globales SACRE*
		Seguimiento de galliformes (urogallo, lagópodo alpino y perdiz pardilla)*	Unificar criterios en el Pirineo aragonés e integrar resultados en las redes más globales
		Seguimiento de rapaces forestales nocturnas	Unificar criterios en el Pirineo aragonés e integrar resultados en las redes más globales NOCTUA*
	Mamíferos	Seguimiento de ungulados silvestres (sarrío, corzo, jabalí y ciervo)*	
		Seguimiento de la actividad del oso pardo y del resto de la comunidad de macro- y mesomamíferos*	
		Inventario, criterios de gestión y seguimiento de quirópteros*	
		Seguimiento de presencia de nutria y desmán*	

tos realizados que pueden aportar información relevante sobre el PNPMP y de esta manera ayudar a la toma de decisiones de gestión.

En la tabla VIII se detallan las actuaciones propuestas por el PSE para el periodo 2010-2016 y se indican las que han sido llevadas a cabo. Hasta

ahora no se ha realizado un seguimiento de las actuaciones definidas en el PSE, por lo que se desconoce el grado de realización y de desarrollo de muchas de ellas. Sin embargo, dentro del marco de las actuaciones encaminadas a la conservación del patrimonio natural del PNPM se encuentran los estudios, los inventarios y los seguimientos realizados a través de las diversas propuestas regionales para determinadas especies de fauna y flora. Con la información recopilada se puede concluir que el grado de ejecución del PSE del PNPM es aproximadamente de un 35 %.

### **Reserva Natural Dirigida de la Laguna de Gallocanta**

La elaboración del PSE de la RNLG se realizó entre 2009 y 2010 (Fernández-Arberas y cols., 2010). Se inventariaron 182 trabajos y se propusieron una serie de actuaciones a desarrollar agrupadas en programas de seguimiento para 2011-2015. Las actuaciones propuestas consistieron en la elaboración de inventarios que completaran las lagunas de conocimiento, la redacción de protocolos de seguimiento y la iniciación de la toma de datos para la monitorización de los indicadores (tabla VIII).

La búsqueda bibliográfica realizada durante los seis años posteriores a la redacción del PSE (2010-2016) ha dado lugar a un listado de diecinueve trabajos de carácter técnico y científico llevados a cabo en el ámbito de la RNLG. La mayoría de los trabajos ejecutados han sido dedicados a las aves (32 %), siendo el único grupo de fauna del que se ha conseguido información. La siguiente temática más representada ha sido el estudio de los suelos y del paisaje (16 %), mientras que los trabajos restantes se reparten por igual entre gestión, hidrología, flora y hábitats (representando un 10 % aproximadamente cada una de ellas). Los ámbitos menos estudiados han sido la geomorfología y los usos y los aprovechamientos.

Solo se ha podido consultar la memoria técnica de gestión correspondiente a 2015, por lo que la información disponible sobre las actuaciones realizadas los años posteriores a la elaboración del PSE ha sido escasa. Se nos ha facilitado toda la información relativa a los seguimientos que se están llevando a cabo, destacando la necesidad de elaboración de los protocolos de seguimiento. No se han desarrollado los protocolos de monitorización, definido ni ajustado los programas e indicadores de seguimiento, ni se ha

**Tabla ix.** Acciones propuestas en el PSE de la Reserva Natural Dirigida de la Laguna de Gallocanta para 2011-2016 y su grado de cumplimiento.

<i>Acciones propuestas en el PSE (2010) y cumplidas (*)</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>
Inventariado	Invertebrados Quirópteros Prospección de ganga	Suelos			
Elaboración y ajuste de protocolos de seguimiento	Ungulados Carnívoros Clima Hidrogeología Flora HIC Anfibios Aves	Invertebrados Quirópteros	Suelos	–	–
Puesta en marcha de los protocolos y la toma de datos Inicio del seguimiento experimental	–	Ungulados Carnívoros Clima Hidrogeología Flora HIC Anfibios Aves	Invertebrados Quirópteros	–	–
Creación de las bases de datos y SIG para el almacenamiento y tratamiento de datos de seguimiento	–	–	Ungulados Carnívoros Clima Hidrogeología Flora HIC Anfibios Aves	Invertebrados Quirópteros	–

**Tabla IX.** Continuación

<i>Acciones propuestas en el PSE (2010) y cumplidas (*)</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>
Seguimiento	Se mantienen los seguimientos que están en marcha y se adaptan a los nuevos protocolos	Se mantienen los seguimientos que están en marcha y se adaptan a los nuevos protocolos	Ungulados Carnívoros Clima Hidrogeología Flora HIC Anfibios Aves	Ungulados Carnívoros Clima Hidrogeología Flora HIC Anfibios Aves Invertebrados Quirópteros	Ungulados Carnívoros Clima Hidrogeología Flora HIC Anfibios Aves* Invertebrados Quirópteros

comenzado con las tareas de inventariado. Se deja patente la necesidad de elaborar y aprobar el PRUG, adecuándolo a la realidad actual e incluyendo aspectos organizativos básicos. La existencia de un instrumento de gestión activa, que defina objetivos y marque acciones para su consecución, se constituye como un paso fundamental en la mejora de la gestión y de la evaluación.

Durante el periodo 2011-2016 únicamente se ha continuado con el programa de seguimiento de algunas aves: grulla común (*Grus grus*), avutarda (*Otis tarda*) y carricerín cejudo (*Acrocephalus paludicola*). Por lo tanto, el PSE no ha sido puesto en marcha, y el cumplimiento de las actuaciones propuestas se reduce a los seguimientos que ya se venían realizando y a las actuaciones realizadas por universidades, centros de investigación u otras propuestas autonómicas (tabla IX).

### **Paisaje Protegido de los Pinares de Rodeno**

La elaboración del PSE para el PPPR se realizó en 2009 y 2010 (Fernández-Arberas y cols., 2010). En una primera fase del PSE del PPPR se inventariaron veintiséis trabajos. A partir de la información disponible analizada, se propusieron una serie de actuaciones para desarrollar el PSE a lo

**Tabla x.** Acciones propuestas para el periodo 2010-2016 en el PSE del Paisaje Protegido de los Pinares de Rodeno y su grado de cumplimiento.

<i>Acciones propuestas en el PSE (2010) y cumplidas (*)</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>
Inventariado	Paisaje Agua Meteorología Flora Hábitat Cangrejo	Flora Macro- y mesomamíferos Quirópteros	Coleópteros Lepidópteros Anfibios	–	–
Elaboración y ajuste de protocolos de seguimiento	Aves Agua Meteorología Ungulados Cangrejo autóctono	Paisaje Hábitat	Flora Macro- y mesomamíferos Quirópteros	Coleópteros Lepidópteros Anfibios	–
Puesta en marcha de los protocolos y la toma de datos Inicio del seguimiento experimental	–	Aves Agua Meteorología Ungulados Cangrejo Paisaje Hábitat	Flora Macro- y mesomamíferos Quirópteros	Coleópteros Lepidópteros Anfibios	–
Creación de las bases de datos y SIG para el almacenamiento y tratamiento de datos de seguimiento	–	–	Aves Agua Meteorología Ungulados Cangrejo Paisaje Hábitat	Flora Macro- y mesomamíferos Quirópteros	Coleópteros Lepidópteros Anfibios



**Tabla x.** Continuación

<i>Acciones propuestas en el PSE (2010) y cumplidas (*)</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>
Seguimiento definitivo	–	–	Aves Agua Meteoro- logía Ungulados Cangrejo autóctono Paisaje (cada 5 años) Hábitat (cada 5 años)	Aves Agua Meteoro- logía Ungulados Cangrejo Flora Macro- y mamíferos Quirópteros	Aves Agua Meteo- Ungulados Cangrejo Flora Macro- y mesoma- míferos Quirópteros Coleópteros Lepidóp- teros Anfibios

largo de cinco años (2011-2015) agrupadas en programas de seguimiento. De forma general las actuaciones a realizar comenzarían por completar los inventarios, redactar los protocolos de seguimiento e iniciar la toma de datos para la monitorización de los indicadores (tabla x).

La búsqueda bibliográfica realizada ha dado lugar a un listado de cinco trabajos de carácter técnico y científico que incluyen en su área de actuación el Paisaje Protegido. Solo uno de los trabajos es específico, correspondiendo al estudio de los hábitats.

Solo se ha podido consultar la MTG de 2015. Puede destacarse que el PSE no se ha desarrollado y tampoco se tiene constancia ni información de ningún trabajo de seguimiento que se esté llevando a cabo.

### **Reserva Natural Dirigida de las Saladas de Chiprana**

La elaboración del PSE de la RNCH tuvo lugar durante 2010 (Europarc España, 2010). Para ello se realizó un diagnóstico del estado del sistema

lagunar a partir del análisis de la información bibliográfica disponible y de consultas a expertos. Este proceso de análisis permitió sintetizar el conocimiento acerca de los elementos y los procesos clave de la Reserva y de su interacción con los objetivos de gestión establecidos en el Plan de Conservación. Todo ello permitió elaborar una propuesta de indicadores incluidos en los siguientes programas de seguimiento: meteorológico, calidad de las aguas, hidrológico e hidrogeológico, limnológico, hábitats de interés comunitario (HIC), flora (terrestre y macrófitos), fauna (especies invasoras, aves y mamíferos), usos y aprovechamientos, y uso público.

El PSE se elaboró siguiendo la metodología propuesta por Europarc España. No contempla un periodo de vigencia, revisión o cronograma de las actuaciones a realizar. Cuenta con manual de procedimientos para cada uno de los programas de seguimiento propuestos.

La búsqueda bibliográfica realizada en el presente estudio ha dado lugar a un listado de veintiún trabajos de carácter técnico y científico llevados a cabo en el ámbito de la RNCH durante los años 2011-2016. La mayoría se corresponden con estudios hidrológicos e hidrogeológicos (33 %), así como con estudios dedicados al hábitat (28 %). Los estudios limnológicos representan aproximadamente un 14 %. Los trabajos dedicados al estudio, inventariación y monitorización de la fauna y flora representan un 9 % cada uno ( $n = 2$  cada uno). Sobre usos y aprovechamientos se ha localizado un único trabajo.

Las MTG consultadas (2010-2015) han sido de gran ayuda a la hora de evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos fijados en el PSE, ya que se detallan las actuaciones de monitorización realizadas cada año, así como otros proyectos realizados que pueden aportar información relevante sobre la RNCH y de esta manera ayudar a la toma de decisiones de gestión. Desde la puesta en funcionamiento del PSE se han puesto en marcha los programas meteorológico, hidrológico, limnológico y de especies, pero quedan pendientes de aplicar los programas de hábitat y de usos y aprovechamientos (tabla XI).

El estado de ejecución y cumplimiento general del PSE es de aproximadamente un 60 %. Como principales incidencias y modificaciones cabe destacar las siguientes: (i) no se han recogido datos para la evaluación de estos indicadores de flora, salvo los resultados incluidos en el informe

**Tabla XII.** Acciones propuestas en el PSE de la Reserva Natural Dirigida de las Saladas de Chiprana para 2010-2016 y su grado de cumplimiento.

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Meteorológico		Medición de la temperatura, precipitación, humedad relativa, dirección del viento, insolación, ETP...*	Falta radiación solar u ETP
Calidad de las aguas		Transparencia* Temperatura del agua* Oxigenación* Conductividad* pH* P total, N total* Plaguicidas, metales pesados*	Además de los indicadores incluidos en el plan de seguimiento, también se analizan las concentraciones de calcio, carbonatos, cloruros, magnesio, nitratos, nitritos, sodio y sulfatos. La serie de datos es homogénea para todos los puntos de muestreo
Hidrológico e hidrogeológico	Hidrogeológico	Niveles piezométricos*	
	Seguimiento de la dinámica lagunar	Altura de la lámina de agua* Caudal entrante a las lagunas*	
Limnológico	—	Índice trófico planctónico Máximo de clorofila <i>a</i> * <i>Blooms</i> algales* Riqueza de macroinvertebrados bentónicos* Presencia de <i>Artemia parthenogenetica</i> * Presencia de tapetes bacterianos* Grado de compactación, estructura y color de los tapetes bacterianos y presencia de bacterias anoxigénicas del azufre* Superficie ocupada por tipo de tapete*	Los datos se obtienen, en su mayor parte, del estudio sobre el estado del fitobentos, que se realiza con carácter anual

**Tabla XII.** Continuación

<i>Programa</i>	<i>Subprograma</i>	<i>Acciones-indicadores propuestas en el PSE (2008) y cumplidas (*)</i>	<i>Observaciones</i>
Hábitats de interés comunitario	–	Cobertura por tipo de HIC Evolución del estado de la vegetación Presión ganadera	No se realiza
Flora	Flora terrestre	Cobertura de <i>Microcnemum coralloides</i> y <i>Phragmites australis</i> Densidad, diámetro y altura de <i>Tamarix boveana</i> Densidad y altura de <i>Juniperus phoenicea</i>	Se ha propuesto una nueva metodología, con periodicidad de muestreo anual para el caso de <i>Microcnemum coralloides</i>
	Macrófitos	Presencia y cobertura de <i>Ruppia maritima</i> Presencia y cobertura de <i>Lamprothamnium papulosum</i>	Se ha constatado la no presencia de esta planta Se ha constatado la no presencia de esta planta
Fauna	Especies invasoras	Presencia de <i>Procambarus clarkii</i> *	
	Aves	Riqueza, abundancia y diversidad de aves acuáticas*	Desde 2014 se ha recopilado también información relativa a las aves invernantes, como indicador de seguimiento de la figura de humedal ramsar
	Mamíferos	Riqueza y abundancia de especies de quirópteros*	El último dato disponible es de 2012
Presencia de nutria*		No abundancia	
Usos y aprovechamientos	–	Superficie ocupada por los distintos usos del suelo (cartografía SIG)	
Uso público	–	Número de visitantes / día*	
		Número de personas / sendero y día*	

sobre el seguimiento del estado de fitobentos para el caso de *Ruppia maritima* y *Lamprothamnium papulosum*, constatándose su ausencia, y (ii) en 2012 se puso en marcha la Red de muestreo de flora catalogada de Aragón, dentro de la que se incluye el seguimiento de *Ferula loscosii*, *Thymus loscosii* (cada 5 años), *Tamarix boveana* (cada 5 años), *Limonium stenophyllum*, *Limonium catalaunicum* (anual) y *Microcnemum coralloides* (cada 5 años), parte de ellas incluidas dentro del proyecto LIFE RESECOM, red de seguimiento de especies de flora y hábitats de interés comunitario (EIC e HIC, respectivamente) en espacios de la Red Natura 2000 en Aragón.

## RECOMENDACIONES

A la vista de los resultados obtenidos en esta revisión y teniendo en cuenta la experiencia acumulada, consideramos que es esencial que exista una coordinación a nivel autonómico de los PSE desde donde se planteen cuestiones de relevancia para la gestión con un enfoque ecológico y estadístico claro y que pueden alcanzarse con los recursos disponibles. Este mismo ente responsable debería también centralizar toda la información relativa a los seguimientos en marcha en una base de datos documental, preferentemente a través de informes técnicos con una estructura común que facilite su lectura y comprensión y que cuenten al menos con un resumen ejecutivo. Sin medios humanos adicionales, se corre el riesgo de que este esfuerzo recaiga sobre los técnicos que tienen muchas otras funciones y no resulte eficaz.

Otra de las funciones para este ente debería ser la incorporación de las iniciativas de otras unidades administrativas que cumplan los objetivos de los PSE en su base de datos. Hoy en día hay varias iniciativas que deben ser tenidas en cuenta con estas características y que han completado la información ambiental en los ENP. Entre ellas cabe señalar el *Mapa de hábitats de Aragón*, el *Mapa del paisaje en Aragón* (<https://idearagon.aragon.es/paisaje.jsp>) o los seguimientos promovidos en las reservas naturales fluviales (<https://n9.cl/p4c4t>).

En la introducción se ha justificado la importancia de las áreas protegidas como escenarios adecuados para desarrollar PSE. Según este criterio, en Aragón se ha planteado desarrollar esta iniciativa en todos los ENP (parques nacionales y naturales, reservas naturales, paisajes protegidos y

monumentos naturales), pero a la vista de los resultados, y dados los presupuestos disponibles, el personal y su dedicación, y la experiencia de todos los PSE en marcha, es necesario un replanteamiento general sobre su viabilidad. Quizá sería conveniente focalizar el desarrollo de los PSE en los ENP que tengan una superficie y una complejidad suficientes para desarrollar los distintos programas de seguimiento, en cuyo caso es posible que los monumentos naturales, dada su concepción como elementos concretos, generalmente de pequeño tamaño, no tengan entidad para tener su propio PSE.

En los ENP con un PSE es necesario desarrollar un esquema de trabajo común en el que fluya la información y las experiencias y se optimice la inversión de los trabajos realizados. Consideramos necesario establecer una rutina de trabajo que implique al menos una reunión anual en la que se expongan los resultados de los principales trabajos desarrollados; que estos se incluyan en las memorias técnicas de los ENP siguiendo un esquema común y en un apartado específico; que se realice una evaluación quinquenal o sexenal de estos PSE, incluyendo una actualización de la información disponible, el grado desarrollo y de cumplimiento del PSE y cuanta información científica y técnica relevante se refiera al ENP y que no forme parte específicamente de su PSE. El desarrollo de la Red Natura 2000, dentro de la cual se incluyen todos los ENP aragoneses con su sistema de informes periódicos (cada 6 años), también puede brindar un marco para ello.

En relación con esto último, es importante tener en cuenta la información generada por las numerosas iniciativas de seguimiento existentes que trascienden el ámbito local y regional, como la red internacional de investigación ecológica (LTER); las derivadas de convenios internacionales (Ramsar, directivas de Hábitat y Aves, Convenio de Bonn...); las derivadas de normativa nacional como el *Catálogo español de especies amenazadas* o el *Catálogo español de especies exóticas e invasoras*; las propuestas por las sociedades de conservación (SEO-Passer, Noctua, SECEM, SECEMU, AHE, SEBICOP...); o las que dependen de organismos como las confederaciones hidrográficas, la AEMET...

En último término, los PSE deben ayudar a tomar decisiones de gestión derivadas de la información que generan. Para ello es importante definir con mayor concreción los objetivos de los planes rectores de uso y gestión para reforzar el desarrollo de los PSE, a la vez que es imprescindible avanzar

con la elaboración de los protocolos de seguimiento y priorizar el desarrollo de inventarios, que son la base de los futuros seguimientos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el trabajo de Mar de Francisco, documentalista del Servicio de Biodiversidad de la Dirección General de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón. Su labor ha resultado indispensable en el desarrollo de este artículo. Los técnicos de los servicios provinciales de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón y del Servicio de Ordenación Cinegética y Piscícola del Gobierno de Aragón contribuyeron de forma notable a la recopilación de información.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruebo, T. (2009). *Evaluación del Plan de Seguimiento Ecológico de la Reserva Natural Dirigida de los Galachos de la Alfranca de Pastriz, la Cartuja y El Burgo de Ebro y propuesta de un nuevo Plan para 2009-2020*. Proyecto de Máster en Espacios Naturales Protegidos. 109 pp. + anexos.
- Buttrick, S. C. (1984). Biological monitoring: the nature conservancy's perspective. En J. L. Johnson, J. F. Franklin y R. G. Krebill (coord.), *Baseline Monitoring and Management (Missoula, 1984)*: 59-63. Proceedings of a Symposium. USFS General Technical Report INT 173. Forest Service Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah. 84 pp.
- Croze, H. (1982). Monitoring within and outside protected areas. En J. A. McNeely y K. R. Miller (eds.), *National Parks, Conservation, and Development: The Role of Protected Areas in Sustaining Society (Bali, 1982)*: 628-633. Proceedings of the World Congress on National Parks. Smithsonian Institution Press. Washington D. C. (EE. UU.).
- Daily, G. C. (1997). Introduction: *What Are Ecosystem Services?* En G. C. Daily (ed.), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*: 1-10. Island Press. Washington D. C.
- Davis, G. E. (1989). Design of a long-term ecological monitoring program for Channel Islands National Park, California. *Natural Areas Journal*, 9 (2): 80-89.
- Dickman, C. R. (2013). Long-haul research: benefits for conserving and managing biodiversity. *Pacific Conservation Biology*, 19: 10-17.
- De Lucio, J., y J. Atauri (2002). *Modelo de seguimiento en espacios naturales protegidos: aplicación en la Reserva Natural de los Galachos de la Alfranca de Pastriz, la Cartuja y El Burgo de Ebro*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza en Aragón (Serie Investigación). Zaragoza. 103 pp.

- Estes, J. A., J. Terborgh, J. S. Brashares, M. E. Power, J. Berger, W. J. Bond, S. R. Carpenter, T. E. Essington, R. D. Holt, J. B. C. Jackson, R. J. Marquis, L. Oksanen, T. Oksanen, R. T. Paine, E. K. Pikitch, W. J. Ripple, S. A. Sandin, M. Scheffer, T. W. Schoener, J. B. Shurin, A. R. E. Sinclair, M. E. Soule, R. Virtanen y D. A. Wardle (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 333: 301-306.
- Europarc España (2002). *Plan de acción para los espacios naturales protegidos del Estado español*. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez. Madrid. 165 pp.
- Europarc España (2010). *Plan de Seguimiento Ecológico de la Reserva Natural Dirigida de las Saladas de Chiprana (Zaragoza)*. Memoria. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los Espacios Naturales. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Fernández-Arberas, O., C. Prada, J. Herrero y A. García-Serrano (2008). El plan de seguimiento ecológico del Parque Natural de los Valles Occidentales (Pirineo aragonés). *Boletín de la Sección del Estado Español de Europarc*, 25: 23-28.
- Fernández-Arberas, O., C. Prada, A. García-Serrano, A. Martín y J. Herrero (2010). *Plan de seguimiento ecológico del Paisaje Protegido de los Pinares de Rodeno y de la Reserva Natural Dirigida de la Laguna de Gallocanta*. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Fundación Fernando González Bernáldez (FGB) (2008). *Evaluación del plan de seguimiento ecológico de la Reserva Natural Dirigida de los Galachos de la Alfranca de Pastriz, la Cartuja y El Burgo de Ebro*. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- García-Serrano, A., P. Jimeno-Brabo, O. Fernández Arberas, C. Prada, T. Arruebo, J. Sierra y J. Herrero (2016). *Evaluación de los planes de seguimiento ecológico de los Espacios Naturales Protegidos de Aragón*. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Gobierno de Aragón (2010). *Plan de seguimiento ecológico del Parque Natural del Moncayo. Manual de procedimientos*. Servicio Provincial de Desarrollo Rural y Sostenibilidad de Zaragoza. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Gómez-Limón, J., J. V. de Lucio y M. Múgica (2000). *De la declaración a la gestión activa: los Espacios Naturales Protegidos del Estado español en el umbral del siglo XXI*. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid. 94 pp.
- Herrero, J., C. Prada, A. Paula, A. García-Serrano y J. A. Atauri (2005). *Diseño y puesta en funcionamiento del Programa de Seguimiento Ecológico del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara*. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Hockings, M. (2003). Systems for Assessing the Effectiveness of Management in Protected Areas. *BioScience*, 53 (9): 823-832.
- Hockings, M., S. Stoltol y N. Dudley (2000). *Evaluating Effectiveness: A Framework for Assessing the Management of Protected Areas*. Best Practice Protected Area Guidelines Series, n.º 6. IUCN / The World Conservation Union. 121 pp.
- Johnson, B. L. (1999). The role of adaptative management as an operational approach for resource management agencies. *Conservation Ecology*, 3 (2): 1.



- Knowlton, M. F., y J. R. Jones (2006). Temporal variation and assessment of trophic state indicators in Missouri reservoirs: implications for lake monitoring and management. *Lake and Reservoir Management*, 22: 261-271.
- Kearney, M. S., J. C. Riter y R. E. Turner (2011). Freshwater river diversions for marsh restoration in Louisiana: twenty-six years of changing vegetative cover and marsh area. *Geophysical Research Letters*, 38: L16405.
- Levin, S. (2009). *The Princeton Guide to Ecology*. Princeton UP. Princeton (New Jersey).
- Lindenmayer, D. B., y G. E. Likens (2018). *Effective Ecological Monitoring* (2<sup>nd</sup> edition). CSIRO Publishing. Melbourne.
- Lindenmayer, D. B., P. W. Lane, P. S. Barton, M. Crane, K. Ikin, D. Michael y S. Okada (2016). Long-term bird colonization and turnover in restored woodlands. *Biodiversity and Conservation*, 25: 1587-1603.
- Martín, A., C. Prada, O. Fernández-Arberas, A. García-Serrano, B. Lerános, A. Pérez y J. Herrero (2012). El plan de seguimiento ecológico de la Reserva Natural Dirigida de la Laguna de Gallocanta. *Xiloca*, 40: 163-174.
- National Parks Service (2004). *Natural resource monitoring program administration and organizational framework*.
- Paula, A., C. Prada, J. Herrero, A. García-Serrano y J. A. Atauri (2006). Seguimiento ecológico del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara. *Naturaleza Aragonesa*, 17: 56-64.
- Prada, C., O. Fernández-Arberas, J. Herrero y A. García-Serrano (2007). *Diseño y puesta en funcionamiento del plan de seguimiento ecológico del Parque Natural de los Valles Occidentales*. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Prada, C., O. Fernández-Arberas, J. Herrero, J. C. Carrascal y A. García-Serrano (2008). *Diseño del plan de seguimiento ecológico del Parque Natural del Moncayo*. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Prada, C., O. Fernández-Arberas, A. García-Serrano, J. Herrero y R. Antor (2009a). Seguimiento ecológico de los Parques de Guara y de los Valles Occidentales. *Natural de Aragón*, 34: 26-27.
- Prada, C., O. Fernández-Arberas, A. García-Serrano y J. Herrero (2009b). *Diseño del plan de seguimiento ecológico del Parque Natural Posets – Maladeta*. Informe inédito del Gobierno de Aragón.
- Quinn, J. F., y C. van Riper III (1990). Design considerations for National Park inventory databases. En C. van Riper III, T. J. Stohlgren, S. D. Veirs, Jr. y S. C. Hillyer (eds.), *Examples of Resource Inventory and Monitoring in National Parks of California*: 5-13. Trans. and Proc. Ser. N.º 8. US Department of the Interior. Washington D. C.
- Runyoro, V. A., H. Hofer, E. B. Chausi y P. D. Moehlman (1995). Long-term trends in the herbivore populations of the Ngorongoro Crater, Tanzania. En A. R. E. Sinclair y P. Arcese (eds.), *Serengeti II: Dynamics, Management, and Conservation of an Ecosystem*: 146-168. University of Chicago Press. Chicago.

- Sierra, J., O. Fernández-Arberas, C. Prada, J. C. Albero, R. Antor y J. Herrero (2014). Cinco años de seguimiento ecológico del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (2006-2010). *Boletín de Europarc España*, 37: 30-33.
- Snaddon, J., G. Petrokofsky, P. Jepson y K. J. Willis (2013). Biodiversity technologies: Tools as change agents. *Biological Letters*, 9: 20121029.
- Spellerberg, I. (2005). *Monitoring Ecological Change*. Cambridge UP. Cambridge.
- UICN (1994). *Parques para la vida: plan de acción para las áreas protegidas de Europa*. ICONA. Madrid, España, 150 pp.
- Wardle, G. M., C. R. Pavey y C. R. Dickman (2013). Greening of arid Australia: new insights from extreme years. *Austral Ecology*, 38: 731-740.
- Westoby, M. (1991). On long-term ecological research in Australia. En P. G. Risser, *Long-term Ecological Research*: 191-209. John Wiley and Sons. Nueva York.
- White, P. S., y S. P. Bratton (1980). After preservation: philosophical and practical problems of change. *Biological Conservation*, 18: 241-255.

**LUCAS MALLADA, 24 (2022)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS IBONES DE VALLIBIERNA (BENASQUE)**

Mario Gaspar<sup>1</sup> | Rocío López-Flores<sup>2</sup>

**RESUMEN** Los ibones son sistemas lénticos oligotróficos de origen glaciar situados en el Pirineo aragonés, en general por encima de los 1800 metros de altitud. Estas características, junto con su aislamiento geográfico, hacen de ellos sistemas especialmente sensibles a la alteración de su dinámica natural. Los principales impactos a los que están sometidos en la actualidad son el aprovechamiento hidroeléctrico, la introducción de ictiofauna y la presión antrópica debida al turismo. El estudio de estos lagos ha estado tradicionalmente enfocado a la descripción de sus características generales más que a la de sus rasgos individuales. En el presente artículo se describen por primera vez las principales características limnológicas y de la comunidad biológica de los ibones de Vallibierna ( $n = 3$ ), situados en el valle de Benasque. Los resultados mostraron que, a pesar de su proximidad y su cuenca común, estos lagos presentan importantes diferencias entre sí, tales como la composición y la diversidad de las comunidades planctónica y bentónica, la concentración de clorofila *a*, el pH y la conductividad.

---

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). Área de Ecología. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [mariogaspargiron@gmail.com](mailto:mariogaspargiron@gmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). Área de Ecología. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [rocio.lopez@unizar.es](mailto:rocio.lopez@unizar.es)

**PALABRAS CLAVE** Ibones. Macroinvertebrados. Plancton. Limnología. Valle de Benasque (Huesca).

**ABSTRACT** Pyrenean high mountain glacial lakes are oligotrophic lentic systems present, usually above 1,800 metres, in northern Aragón, where they are called *ibones*. These features, plus their geographic isolation, make these lakes especially susceptible to alterations in their natural dynamics. The main threats presently affecting these systems are hydropower exploitation, fish species introductions, and increasing human pressure due to tourism. Studies of these lakes have traditionally focused on their common and general characteristics more than their individual features. This paper focuses on the limnology and the biological community of three previously unstudied lakes named *ibones de Vallibierna* ( $n = 3$ ) located in the Benasque Valley. Despite their proximity and common basin, important differences were found among them, such as the composition and diversity of the planktonic and benthic communities, chlorophyll *a* concentration, and pH and conductivity values.

**KEYWORDS** High mountain lakes (*ibones*). Macroinvertebrates. Plankton. Limnology. Benasque Valley (Huesca, Spain).

## INTRODUCCIÓN

### Concepto, importancia ecológica y protección de los ibones

La palabra *ibón* es la denominación que reciben los lagos de alta montaña de origen glaciar en el Pirineo aragonés (localmente existen otras denominaciones como *estany* o *basa*). La mayoría de ellos están localizados entre los 1800 y los 2600 metros de altitud (Margalef, 1949), si bien es cierto que existen excepciones a este rango de distribución y se encuentran numerosos ejemplos a mayor y menor altitud. Destacan por su carácter oligotrófico en ausencia de perturbaciones hasta bien alcanzado un alto grado de colmatación, debido a las escasas aportaciones de materia orgánica y los nutrientes procedentes del medio terrestre circundante, así como su aislamiento del medio antrópico.

Las estrictas condiciones ecológicas, climáticas y orográficas que la alta montaña impone a estos sistemas, tales como la permanencia del hielo en sus superficies hasta durante siete meses al año en los más elevados (Margalef, 1949), convierten los ibones en ecosistemas de elevado valor ecológico y muy sensibles a alteraciones de su dinámica natural (Catalán y cols., 2006).

Estas características dan como resultado en última instancia un medio físico muy exigente para las comunidades biológicas, en el que destaca la extraordinaria escasez de compuestos limitantes, de forma que el reciclaje interno es un elemento de enorme importancia a la hora de definir la química de las aguas. A su vez se produce una alta variabilidad estacional en la disponibilidad de luz: una elevada radiación solar en los meses estivales, muy reducida posteriormente cuando los ibones permanecen congelados debido a la nieve acumulada sobre su superficie, con sus consecuentes efectos sobre la producción primaria. Estos dos periodos coinciden con una intensa estratificación de la columna de agua y contrastan con otros dos de mezcla, por lo que se trata de sistemas generalmente dimícticos (Catalán y cols., 1992).

En la actualidad, y a escala de la cordillera, los impactos de origen antrópico más importantes a los que se enfrentan los ibones son la presencia de infraestructuras para el aprovechamiento hidroeléctrico, la ictiofauna introducida como recurso para la pesca deportiva (Catalán y cols., 2006) y, en los últimos años, la creciente presión turística, que ha derivado no solo en una mayor afluencia de personas, sino también en un aumento de actividades inapropiadas tales como el baño y los deportes acuáticos.

La importancia del impacto producido por el aprovechamiento hidroeléctrico recae principalmente en los cambios drásticos en el volumen producidos por la construcción de presas y las posteriores detracciones de agua para la producción eléctrica. Como resultado, la altura que alcanza la superficie del agua es variable y esto supone la total alteración del litoral, la zona con mayor diversidad del lago.

En segundo lugar, el impacto producido por la introducción de peces tiene su fundamento inicial en que dichas especies son incapaces de alcanzar por sí solas estos sistemas remotos, debido principalmente a las grandes pendientes y a los saltos de los torrentes que descienden desde ellos (Ventura y cols., 2017), que en ciertos casos incluso presentan tramos subterráneos. Las especies introducidas en los ibones varían desde autóctonas, procedentes de los ríos de la zona, hasta otras totalmente alóctonas a la península ibérica. En cualquiera de los dos casos resulta un mismo efecto de cascada trófica derivada de la introducción de un escalafón superior en la cadena trófica. Como últimas consecuencias de este impacto, además de

la amenaza por depredación sobre especies autóctonas de los lagos como anfibios (Miró y cols., 2018) y macroinvertebrados (Schilling y cols., 2009), se da un cambio total en la dinámica del ecosistema hacia la eutrofización (Ventura y cols., 2017).

Por último, el impacto debido a la presión turística, aunque en crecimiento, presenta una distribución heterogénea y se concentra especialmente en aquellos lagos con mayor facilidad de acceso y más explotados como reclamo para el ocio. En un segundo plano de importancia se advierten otros impactos antrópicos indirectos, como la acidificación y la contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (Catalán y cols., 2006).

No existe una legislación específica para la protección de todos los ibones altoaragoneses; sin embargo, varios de ellos sí tienen reconocimiento legal al estar incluidos en el Decreto 204/2010, de 2 de noviembre, del Gobierno de Aragón por el que se creó el Inventario de Humedales Singulares de Aragón y se estableció su régimen de protección. A pesar de ello cabe destacar que, además de no incluir la totalidad de los ibones, sino algo menos del 56 % (137 ibones de los 245 totales, considerando como tales aquellas masas de agua no temporales de origen glaciario con una superficie no inferior a 0,2 hectáreas; Lampre y cols., 2009), esta normativa no contempla actividades lúdicas tales como el baño o los deportes acuáticos, ni tampoco propone soluciones para aquellos ibones en los que se introdujeron peces en el pasado.

A escalas mayores en cuanto a figuras de protección, los ibones se encuentran a menudo enmarcados en varias de ellas simultáneamente (dependiendo de su localización) bajo la estructura de la Red Natural de Aragón (Ley 8/2004), y estas pueden ser las de Parque Natural o Parque Nacional (Decreto Legislativo 1/2015) y Reserva de la Biosfera de la Unesco (Ley 42/2007), así como bajo la Red Natura 2000 (Ley 42/2007): Lugar de Interés Comunitario (LIC), según la Directiva 1992/43/CEE, o Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), según la Directiva 2009/147/CE.

### **La comunidad acuática de los ibones**

La comunidad biológica que presentan los ibones está fuertemente influenciada por su aislamiento geográfico, que genera dificultad en la dispersión de las especies, su altitud y la estacionalidad de las condiciones y

de los recursos (Catalán y cols., 2006). A las consecuencias que estas características imponen sobre el medio acuático de los ibones han respondido los organismos que lo habitan con diferentes adaptaciones evolutivas, como son la mixotrofia (Ortiz-Álvarez y cols., 2018), la protección de la radiación UV mediante pigmentos accesorios (Korbee y cols., 2012; Tartarotti y cols., 1999), las diferentes estrategias de dispersión (Catalán y cols., 2006) y los cambios fenológicos ligados a formas de resistencia (Catalán y cols., 1992; McMinn y Martin, 2013).

La comunidad planctónica, dejando de lado los organismos procariontes del picoplancton, la conforman formas de vida eucariota (fitoplancton y zooplancton). En cuanto a este conjunto de organismos, estudios recientes afirman que su gran diversidad en lagos de alta montaña presenta contribuciones similares de autótrofos, heterótrofos y parásitos, así como la existencia de un elevado porcentaje de desconocimiento (novedad genética) entre ellos (Ortiz-Álvarez y cols., 2018).

Sin embargo, los primeros estudios de esta porción de la comunidad planctónica se remontan a varias décadas en el pasado. Ya hace más de medio siglo Margalef (1949) definió las características ecológicas básicas asociadas a estos ecosistemas en cuanto a su comunidad planctónica. En primer lugar, argumentaba respecto al fitoplancton que, como productores primarios, su capacidad de producción y, por ende, su abundancia y el estado trófico de estos lagos están limitados no por falta de entradas de energía al sistema (dada la elevada radiación solar a las altitudes a las que se encuentran estos lagos y la transparencia de sus aguas), sino por insuficiencias en la entrada de materia a los ciclos de producción como resultado de las bajísimas concentraciones de compuestos limitantes: moléculas inorgánicas solubles de nitrógeno y el fósforo. A estas insuficiencias deben añadirse los efectos sobre la producción impuestos por el clima de alta montaña, tales como los estrechos márgenes de tiempo (los pocos meses de deshielo de verano) de los que la comunidad de productores primarios dispone para desarrollarse (Wissinger y cols., 2016). Ya citaba entonces Margalef (1949) una importante abundancia relativa de diatomeas y flagelados. Años después Catalán y cols. (1992) concretan las disposiciones anteriores y hablan de la frecuencia heterogénea de muchos grupos planctónicos a lo largo del año, con diferencias especialmente destacables entre los periodos

con y sin la superficie congelada del lago. Comentan también la aparición de algunos grupos de diatomeas formando colonias durante los periodos de mezcla de la columna de agua, de la permanencia de otros durante todo el año y de la mayor presencia de otros géneros durante la estratificación estival como *Cyclotella*. Además, destacan la presencia frecuente de criptófitas y de crisófitas como *Dinobryon* (así como otros mixótrofos).

Las peculiaridades de la base de la cadena trófica en los sistemas leníticos oligotróficos de montaña tienen unos efectos esperados sobre la producción secundaria (Wissinger y cols., 2016), entre los que cabe mencionar una consecuente baja producción de zooplancton y macroinvertebrados. De esta manera, la productividad debida a los productores secundarios debería ser menor y las cadenas tróficas más cortas que en lagos situados a menor altitud como consecuencia de la escasa producción primaria y las bajas tasas metabólicas que imponen las temperaturas del clima de alta montaña (Plante y Downing, 1989; Arim y cols., 2007). Sin embargo, la escasez lleva a la diversificación funcional de la red trófica, lo cual incrementa su complejidad en este aspecto. Catalán y cols. (1992) corroboran esta relación entre la producción primaria y la secundaria haciendo hincapié en que la diversidad y la abundancia del zooplancton de pequeño tamaño varían, conforme a las de fitoplancton, según el grupo taxonómico y la época del año, y destacan especies como *Asplanchna priodonta* y *Kellicottia longispina*, mientras que las especies de zooplancton de gran tamaño son pocas, se encuentra en muchos ibones una única especie de ciclopoide y/o cladóceros y destacan entre ellas *Cyclops abyssorum* y *Daphnia longispina* (Miracle, 1978a) respectivamente. Además, se ha descrito una gran similitud de la comunidad zooplanctónica entre los lagos pirenaicos, pero también entre estos y los de la cordillera alpina (Miracle, 1978b).

En cuanto a la comunidad bentónica, destacan en ella tanto los biofilms como la presencia de macroinvertebrados. De los primeros, Bartrons y Catalán (2012) enfatizan su importancia para los ciclos del carbono de estos sistemas, pues pueden incluso dominar en la producción primaria, y la gran diversidad de las comunidades procariotas epilíticas (con altos porcentajes de novedad genética).

Respecto a los macroinvertebrados, Catalán y cols. (2006) señalan que este grupo lo componen taxones con ciclos vitales, estrategias tróficas y de



dispersión muy diferentes. Citan también una relación inversa entre la abundancia y la altitud para ciertos grupos ampliamente distribuidos. Y resaltan igualmente que, si bien la capacidad de dispersión y, por tanto, la manera en que alcanzaron estos sistemas los insectos de la comunidad bentónica es gracias a una fase adulta voladora, esa capacidad en grupos sin una fase de este tipo (Oligochaeta, Nematoda, Hydrachnidia...) es dependiente de un transporte pasivo, bien sea mediado por insectos como vectores o por el viento en forma de resistencia. Destacan en este punto a la familia Chironomidae (Diptera), no solo por actuar como vector de transporte para ciertos grupos sin capacidad activa (como los citados anteriormente), sino también por su importancia como recurso trófico.

Del mismo modo, un extenso trabajo en el que se recoge información de sistemas lacustres alpinos de diferentes lugares del planeta (Wissinger y cols., 2016) cita a su vez dos artículos en los que se describe a los quiro-nómidos y a los oligoquetos como los mayores contribuyentes en número y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados (Füreder y cols., 2006; Laville, 1971) de dichos sistemas. Ese mismo trabajo se refiere también a un estudio realizado en pequeños lagos de alta montaña del Pirineo francés hace más de treinta años, en el cual ya se reportan una buena representación y la contribución a la biomasa de la comunidad por parte de plecópteros, efemerópteros, tricópteros, megalópteros, bivalvos y coleópteros (Le Cren y Lowe-McConnell, 1980).

Por último, cabe recalcar que a lo largo de este apartado se han comentado varias particularidades de los ibones tales como la presencia de grupos taxonómicos con un alto grado de novedad genética (Ortiz-Álvarez y cols., 2018; Bartrons y Catalán, 2012) o las escasas estrategias de dispersión que han permitido salvar las dificultades que supone alcanzar los ibones, entendiéndolos como sistemas bajo un importante aislamiento e incluso comunidades con gran potencial de investigación apenas estudiadas (Catalán y cols., 2006). Pues bien, de nuevo Margalef (1949), mucho antes incluso de que la mayoría de los estudios anteriormente citados se pudieran realizar, ya describió que cada ibón constituye por sí mismo una biocenosis única. En palabras de dicho autor: “Cada ibón puede considerarse como un biotopo casi cerrado, es decir, como un medio que alberga un sistema biológico formado por un conjunto equilibrado de organismos que, a través, y aun a

pesar de un dinamismo propio, permanece indefinidamente en una forma semejante a sí misma, siendo poco influenciado por los sistemas biológicos exteriores al biotopo”, recalcando una característica más del gran valor ecológico que estos sistemas suponen (incluso a escala individual) y favoreciendo la dotación de argumentos de cara a su protección.

## Objetivos

El objetivo general del presente artículo fue describir la ecología y el estado trófico de los ibones de Vallibierna ( $n = 3$ ) y compararlos en relación con la subcuenca que ocupa cada uno, sus variables fisicoquímicas y sus comunidades de macroinvertebrados, zooplancton y fitoplancton. Para ello se concretaron los siguientes objetivos específicos:

- Determinación de la concentración de clorofila *a* y de variables fisicoquímicas en cada ibón: superficie de la subcuenca, superficie del ibón, altitud, profundidad máxima, temperatura, concentración de oxígeno, pH y conductividad.
- Conocer la composición de la comunidad de macroinvertebrados, fitoplancton y zooplancton presente en estos sistemas.
- Establecer la densidad y la diversidad que pueden presentar los ibones respecto a dichos organismos.
- Establecer relaciones entre la estructura de la comunidad, la diversidad, los índices biológicos y las variables fisicoquímicas.
- Aplicación de índices de calidad ecológica específicos para este tipo de sistemas con el fin de determinar su estado de conservación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

Los ibones de Vallibierna se encuentran en el valle homónimo, perteneciente al término municipal de Benasque, en la comarca altoaragonesa de Ribagorza (Huesca, España). El conjunto del valle y, por ende, los lagos del estudio se hallan circunscritos al Parque Natural de Posets – Maladeta y cuentan igualmente con la declaración de LIC y ZEPA de la Red Natura

2000 bajo el mismo nombre. Es prácticamente coincidente la superficie cubierta por las tres figuras de protección.

La denominación dada a estos tres lagos ha sido la de Ibón Inferior e Ibón Superior de Vallibierna para los dos de mayor tamaño, según su altitud relativa, e Ibonet de Vallibierna para el menor de los tres, localizado a mayor altitud (tabla 1).

El valle glaciar de Vallibierna tiene una orientación noroeste-sureste y queda limitado al norte y al este por el batolito granítico del macizo de la Maladeta y sus granodioritas periféricas, al sur por calizas devónicas y las pizarras silúricas de Sierra Negra (Martínez de Pisón, 1990) y, finalmente, por el alto valle del Ésera o valle de Benasque al oeste, al que vierte sus aguas pocos kilómetros al norte de dicha localidad. Su entorno, mayoritariamente situado entre los 1900 y los 2700 metros de altitud, queda definido como clima de alta montaña, según Lampre (2001), de acuerdo con su media anual inferior a los 5 °C, precipitaciones superiores a 1000 milímetros anuales y manto nivoso permanente de seis a ocho meses al año. Por último, cabe apuntar que, de acuerdo con la altitud de la isoterma de 0 °C para cada uno de los meses de invierno (Lampre, 2001) y la altitud de los ibones estudiados, se puede deducir que su superficie queda congelada en algún momento del mes de noviembre o, como tarde, a principios de diciembre, y que permanece helada hasta finales de marzo o primeros de abril.

**Tabla 1.** Datos geográficos de los tres ibones de Vallibierna.

	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Ibonet</i>
<i>Coordenadas UTM (huso 31)</i>	X: 307974 Y: 4719807	X: 308558 Y: 4719925	X: 308652 Y: 4720027
<i>Altitud (m)</i>	2430	2475	2485
<i>Superficie (ha)</i>	3,9	2,5	0,2

Fuente: Lampre y cols. (2009).

## Muestreos y métodos analíticos

Las muestras fueron tomadas en los meses de julio y agosto de 2019 en las horas centrales del día. En primer lugar se procedió a una revisión *de visu* sobre la conectividad de los ibones entre sí y del sustrato predominante del bentos. Asimismo, se trató de averiguar la presencia o no de peces en cada

uno de los ibones atendiendo a la información prestada por fuentes primarias, es decir, informantes originarios del valle de Benasque y cualquier otra fuente fidedigna.

Para la determinación de la superficie de la subcuenca de cada ibón se utilizaron herramientas GIS. Concretamente se utilizaron las aplicaciones GeoPortal (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio para la Transición Ecológica, 2010) e Iberpix 4 (IGN, 2017). Además, se obtuvieron mediante los mismos procedimientos las superficies de cada ibón en lugar de tomarlos de la bibliografía a fin de homogeneizar las mediciones. Con ambos valores se calculó la ratio SC : SI (superficie de la cuenca : superficie del ibón) a fin de estudiar su posible relación con las características ecológicas de los lagos (Camarero y cols., 2009; Füreder y cols., 2006; Jacquemin y cols., 2019).

Se determinaron *in situ* los valores para la temperatura (°C), la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), el pH y la concentración de oxígeno (mg/L) mediante la medición con sonda multiparamétrica HQ30D (Hach, EE. UU.) en tres puntos diferentes del litoral para cada variable y cada ibón. Se recopilieron, además, variables geográficas ya citadas anteriormente, como la superficie o la altitud de los ibones objeto de estudio, mediante los datos proporcionados por la bibliografía (Lampre y cols., 2009).

Para el análisis de la concentración de clorofila *a* planctónica se filtró *in situ* un volumen de 2 litros de agua de cada ibón a través de un filtro Whatman GF/F de poro  $0,7 \mu\text{m}$ . La muestra se conservó en frío y a salvo de la luz y fue congelada por un periodo máximo de 12 horas. Se preparó su contenido para el análisis mediante la extracción de los pigmentos en acetona al 100 % durante 24 horas. Se realizó un filtrado posterior del extracto a través de un filtro Whatman GF/C de poro  $1,2 \mu\text{m}$  para eliminar impurezas. Finalmente se determinó la concentración de clorofila *a* mediante los valores de absorbancia obtenidos por espectrofotometría empleando las longitudes de onda 630 nm, 645 nm, 665 nm y 750 nm y la ecuación propuesta por el protocolo fijado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013) para clorofila planctónica.

El muestreo de la comunidad fitoplanctónica consistió en el llenado directo de una botella ámbar con agua de cada ibón y la fijación de la muestra con lugol acético. Las muestras se sedimentaron con columnas de 100 mililitros

un mínimo de 24 horas. Para el muestreo de zooplancton se realizó la filtración *in situ* de un volumen conocido de agua (entre 2 y 9 litros) a través de una malla Nytex de 50  $\mu\text{m}$ . La muestra se fijó con alcohol etílico 70 % vol. (concentración final) y se sedimentó. Se determinó la composición y la abundancia de las muestras de ambas comunidades mediante la observación en microscopio invertido Zeiss Axio Vert. 1 (Zeiss, Alemania; Utermöhl, 1958), de treinta campos de visión, y la ayuda de una guía de identificación (Streble y Krauter, 1987) y de la web AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2019).

Para el estudio de la comunidad de macroinvertebrados se realizó un muestreo mediante una red de poro de 100  $\mu\text{m}$  en la zona litoral (hasta los 80 centímetros de profundidad) mediante la técnica de *kick-sampling* (Frost y cols., 1971) y examinando también aquellas rocas que se encontraban en el transecto. Se realizaron cuatro transectos de 4 metros de longitud (procurando abarcar una anchura de unos 30 centímetros, de forma que se muestrearan aproximadamente 5 metros cuadrados por lago) en diferentes puntos de cada uno de los ibones. Las muestras se fijaron con alcohol 70 % vol. (concentración final) y se determinó la composición de la comunidad en cuanto a la familia y el género, cuando fue posible, mediante lupa binocular Leica S9E (Leica, Alemania) en laboratorio, con la ayuda de al menos dos guías de identificación (Tachet y cols., 2010; Osoz y cols., 2011).

Para las tres comunidades estudiadas, se realizó el cálculo de índices taxonómicos básicos como la riqueza (S), el índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) para la diversidad, mediante logaritmo neperiano, y la equitatividad según el índice de Pielou ( $J'$ ).

### **Análisis estadístico**

Se aplicaron test univariados y multivariados para relacionar las variables fisicoquímicas de los ibones con la estructura de la comunidad de invertebrados. Concretamente se realizaron test de correlación de Spearman, Anova y Kruskal-Wallis para obtener las variables fisicoquímicas y agrupar los lagos según las mismas. Previamente a la realización de los test se comprobó la normalidad y la homogeneidad de la varianza. El test NMDS (*non-metric multidimensional scaling*) se realizó con el objetivo de determinar la similitud de las tres comunidades en los lagos estudiados. Con

posterioridad se representaron las variables ambientales y los índices taxonómicos en el diagrama formado por los dos primeros ejes del NMDS. Todos los análisis se llevaron a cabo con el *software* libre R (R Core Team, 2019) y los paquetes R Commander y Vegan.

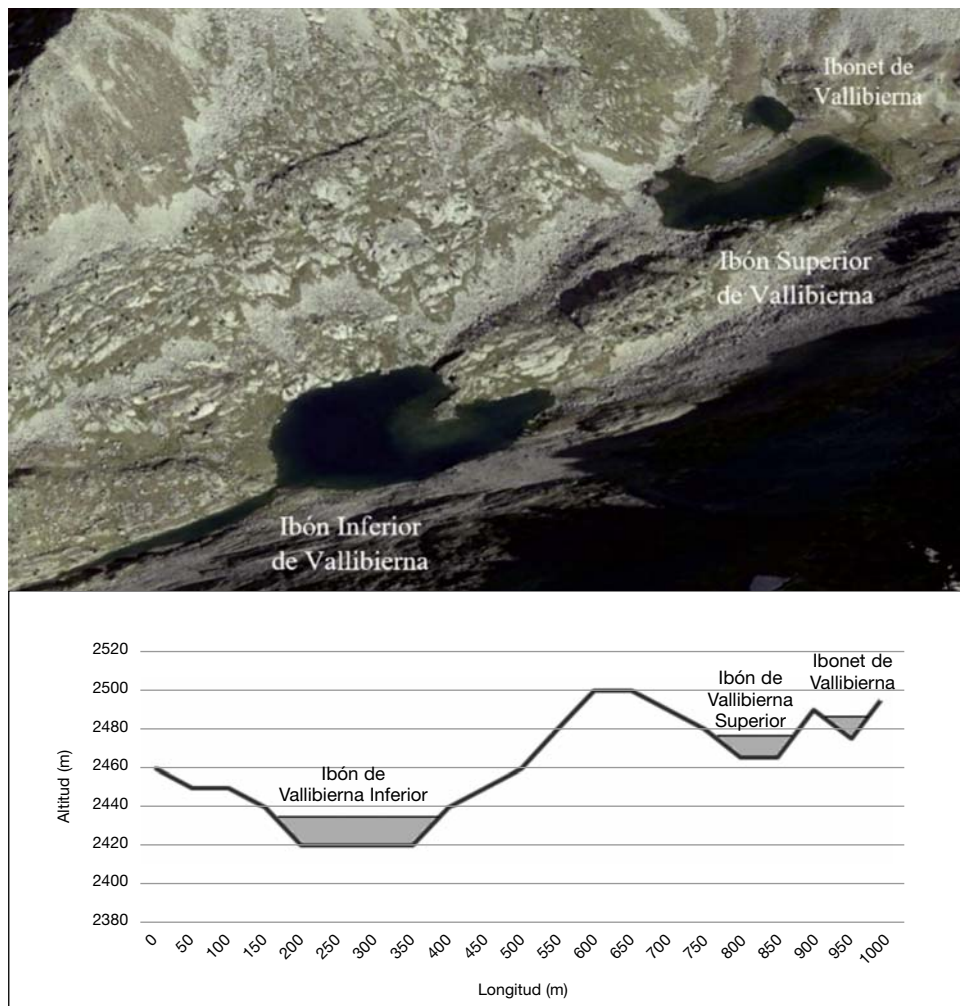
### **Estado de conservación: índice ECLECTIC**

Se trata de un índice surgido del consenso científico en España, basado en las experiencias dadas por la Directiva Hábitats (Directiva 1992/43/CEE), la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CEE) y el Convenio Ramsar, con el que poder evaluar el estado de conservación de ecosistemas lénticos conjugando sus metodologías, criterios e indicadores. Dicho índice se ha denominado ECLECTIC (Estado de Conservación de las Lagunas y Humedales Españoles Catalogados por Tipologías e Indicadores de Conservación) y es el utilizado en el presente artículo para la determinación del estado de conservación de los tres ibones de Vallibierna. El protocolo de aplicación del mismo para los ibones que ocupan este artículo queda recogido en el apartado 3.4 del documento del grupo 31 y en el tipo de hábitat 3110 con tipología ecológica 2 (Camacho y cols., 2009). Para su aplicación hubo que calcular el índice trófico planctónico (ITP), propuesto por Barbe y cols. (1990), que permite establecer numéricamente y caracterizar el estado trófico de las aguas.

## **RESULTADOS**

Una revisión *de visu* y el estudio de imágenes por satélite de la zona de estudio evidenciaron que los tres ibones están conectados entre sí de manera escalonada, de manera que el situado a mayor altitud, el Ibonet de Vallibierna, vierte sus aguas al Ibón Superior, y este, a su vez, al Inferior (fig. 1).

En cuanto a la granulometría del sustrato predominante en cada ibón, se pudo observar una disminución del diámetro de la partícula conforme aumenta la altitud. De este modo, en el litoral del Ibón Inferior predominan grandes bloques con pequeños tramos de rocas de mediano tamaño (de 10 a 15 centímetros de diámetro), en el Ibón Superior prevalecen las gravas (de 1 a 2 centímetros de diámetro) con tramos de rocas de mediano tamaño y, finalmente, en el Ibonet abundan los limos que recubren un fondo plano con unos pocos bloques y rocas de mediano tamaño en la orilla más meridional.



**Fig. 1.** Imagen por satélite (Google Earth) y perfil topográfico de los ibones de Vallibierna.

La presencia de peces, en concordancia con lo que se cita en algunas normativas de pesca aragonesas (Orden de 9 de enero de 2014), puede considerarse segura para los dos ibones a menor altitud, hecho que evidencian algunos testimonios recabados por el autor de habitantes de la zona y documentos gráficos encontrados *online*. Es muy probable que sea también el caso del Ibonet pero, dados su pequeño tamaño, el relativo aislamiento respecto a los otros dos ibones, la falta de fuentes gráficas y primarias y la no

detección *in situ* de dicha ictiofauna, no se ha podido confirmar la presencia de peces en este pequeño lago.

### Determinación de la subcuenca ocupada por cada ibón

Se muestran en la tabla II los resultados obtenidos en el cálculo de la ratio entre el área de las subcuencas y las superficies de cada ibón. Estos resultados serán utilizados más adelante para estudiar su posible influencia en las diferentes características ecológicas analizadas en este artículo.

**Tabla II.** Resultados obtenidos del análisis mediante GIS de las superficies de los ibones de Vallibierna y sus subcuencas y del posterior cálculo de la ratio SC : SI.

	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Ibonet</i>
<i>Superficie de la cuenca (ha)</i>	191,5	111,90	22,20
<i>Superficie del ibón (ha)</i>	3,9	2,68	0,29
<i>Ratio SC : SI</i>	49,1	41,75	76,55

### Análisis de variables fisicoquímicas

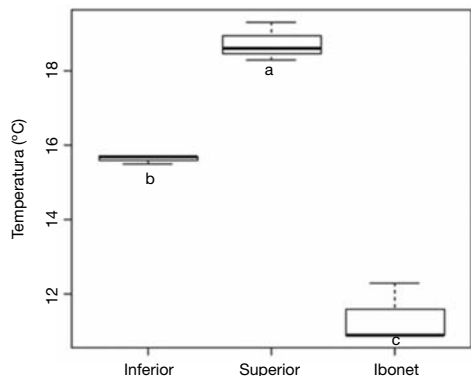
Los resultados obtenidos en la medición mediante sonda multiparamétrica de cuatro variables fisicoquímicas (temperatura, concentración de oxígeno, conductividad y pH) se muestran en la tabla III. Se realizaron tres mediciones por cada variable y cada ibón en diferentes puntos.

**Tabla III.** Media y desviación estándar de las diferentes variables fisicoquímicas en los ibones de Vallibierna mediante mediciones *in situ* con sonda multiparamétrica.

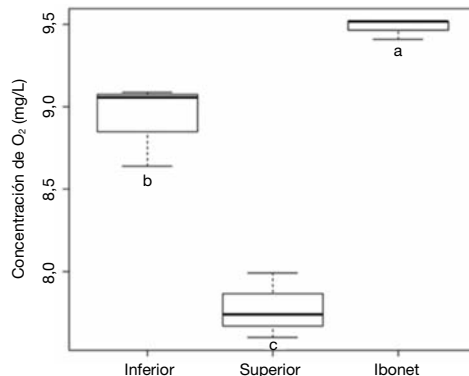
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Ibonet</i>
<i>Temperatura (°C)</i>	15,63 ± 0,12	18,73 ± 0,51	11,37 ± 0,80
<i>Concentración de O<sub>2</sub> (mg/l)</i>	8,93 ± 0,26	7,67 ± 0,10	9,48 ± 0,06
<i>Conductividad (μS/cm)</i>	23,80 ± 0,72	24,67 ± 1,40	27,50 ± 0,20
<i>pH</i>	8,50 ± 0,10	7,65 ± 0,08	7,80 ± 0,02

Con dichos resultados se realizó un análisis de la varianza (Anova) con el fin de detectar posibles diferencias significativas y semejanzas entre los tres lagos. Previamente se llevaron a cabo un test de Shapiro-Wilk y un test de Levene para comprobar la normalidad y la homogeneidad de la varianza de cada variable respectivamente (figs. 2, 3, 4 y 5).

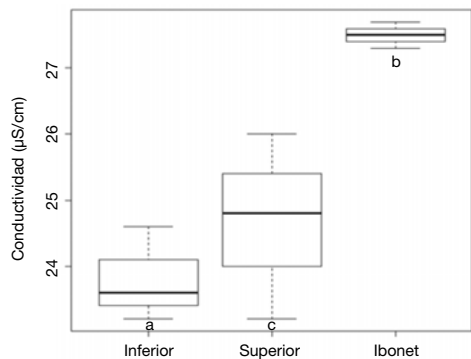




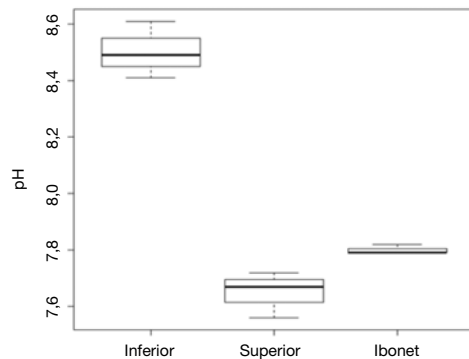
**Fig. 2.** Diagrama de caja para los valores de temperatura. Se evidencian diferencias significativas entre las mediciones de los tres ibones ( $p = 0,00001$ ;  $g. l. = 2, 6$ ;  $F = 132,4$ ).



**Fig. 3.** Diagrama de caja para las concentraciones de oxígeno. Se evidencian diferencias significativas entre las mediciones de los tres ibones ( $p = 0,00009$ ;  $g. l. = 2, 6$ ;  $F = 64,15$ ).



**Fig. 4.** Diagrama de caja para los valores de la conductividad. Se evidencian diferencias significativas entre los dos ibones de mayor tamaño y el menor ( $p = 0,00623$ ;  $g. l. = 2, 6$ ;  $F = 13,3$ ).



**Fig. 5.** Diagrama de caja para los valores del pH. Se aprecian diferencias entre los ibones, especialmente entre los dos a mayor altitud y el Inferior ( $p = 0,0265$ ).

### Concentración de clorofila *a* planctónica

La concentración de clorofila *a* (Chl. *a*) del fitoplancton de los tres ibones fue baja (tabla IV) y propia de un ambiente oligotrófico ( $< 10 \mu\text{g/L}$ ; Dodds y Smith, 2016).

**Tabla IV.** Absorbancias y concentración de clorofila *a* planctónica en muestras obtenidas mediante el filtrado in situ de agua de los ibones de Valibierna.

	Concentración de Chl. <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )
<i>Inferior</i>	0,119
<i>Superior</i>	0,459
<i>Ibonet</i>	< 0,01

### Comunidad fitoplanctónica

Se encontraron un total de veintiséis géneros diferentes en la metacomunidad fitoplanctónica de los tres ibones. El Superior fue el que mostró mayor riqueza taxonómica; sin embargo, la equitatividad y, por lo tanto, también la diversidad fueron mayores en el Ibonet. Las abundancias específicas de los diferentes géneros en cada lago se muestran en la tabla v.

**Tabla V.** Composición taxonómica y abundancias encontradas en la comunidad fitoplanctónica de los ibones de Vallibierna.

Abundancias (ind./L) • 300–1500 • 1500–5000 ● 5000–50 000 ● > 50 000

<i>Grupo</i>	<i>Género</i>	<i>Abundancias (ind./L)</i>		
		<i>Ibón Inferior</i>	<i>Ibón Superior</i>	<i>Ibonet</i>
Chlorophyta	<i>Pediastrum</i>		•	
	<i>Scenedesmus</i>		•	
Chrysophyta	<i>Chrysococcus</i>			•
	<i>Dinobryon</i>	•	•	•
Cryptophyta	<i>Chilomonas</i>			•
	<i>Rhodomonas / Cryptomonas</i>	•	●	•
Cyanobacteria	<i>Merismopedia</i>			•
	<i>Nostoc</i>		•	
	<i>Oscillatoria</i>	•	•	•
Diatomea	<i>Achnanthes</i>	•		
	<i>Amphora</i>			•
	<i>Cyclotella</i>	●	●	
	<i>Cymbella</i>	•	•	•
	<i>Diatoma</i>	•	•	
	<i>Elakatothrix</i>		•	

**Tabla V.** Continuación

Grupo	Género	Abundancias (ind./L)		
		Ibón Inferior	Ibón Superior	Ibonet
Diatomea	<i>Eunotia</i>		•	
	<i>Frustulia</i>		•	
	<i>Gomphonema</i>		•	•
	<i>Navicula</i>	•	•	•
	<i>Nitzschia</i>	•	•	•
	<i>Pinnularia</i>	•	•	
	<i>Rhoicosphenia</i>	•	•	•
	<i>Stauroneis</i>	•		•
	<i>Surirella</i>		•	•
	<i>Synedra</i>		•	
	<i>Tabellaria</i>		•	
Abundancia total (ind./L)		88 809	109 197	16 587
Riqueza (S)		12	20	14
Diversidad (H')		0,913	1,614	2,416
Equitatividad (J')		1,248	1,596	4,799

**Tabla VI.** Composición taxonómica y abundancias encontradas en la comunidad zooplanctónica de los ibones de Vallibierna.

Abundancias (ind./L) • 300 – 600 • &gt; 600

Grupo		Género / Especie	Abundancias (ind./L)		
			Ibón Inferior	Ibón Superior	Ibonet
Crustacea	Cladocera	<i>Daphnia</i>		•	•
	Copepoda	<i>Boeckella</i>	•		
	Ostracoda	<i>Cyclocypris</i>		•	
Rotifera	Brachionidae	<i>Kellicottia longispina</i>	•	•	
		<i>Notholca squamula</i>			•
Zooflagellata	—	—	•		
Abundancia total (ind./L)			1728	2073	1382
Riqueza (S)			3	3	2
Diversidad (H')			1,055	1,099	0,693
Equitatividad (J')			2,5	3	2

## Comunidad zooplanctónica

En los tres ibones analizados se encontraron un total de seis taxones, entre crustáceos y rotíferos (tabla VI). El ibón con mayor abundancia y diversidad es el Superior, mientras que el Ibonet presenta las estadísticas más bajas.

## Comunidad de macroinvertebrados

A continuación se ofrecen los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de macroinvertebrados (tabla VII). La ausencia de datos sobre niveles taxonómicos inferiores (géneros o familias, según el grupo) se debe a la complejidad de la clasificación que ello supone, que escapa, por tanto, a los objetivos del presente artículo. Si bien en el Ibón Inferior se dio una clara

**Tabla VII.** Composición taxonómica y abundancias encontradas en la comunidad de macroinvertebrados de la zona litoral de los ibones de Vallibierna.

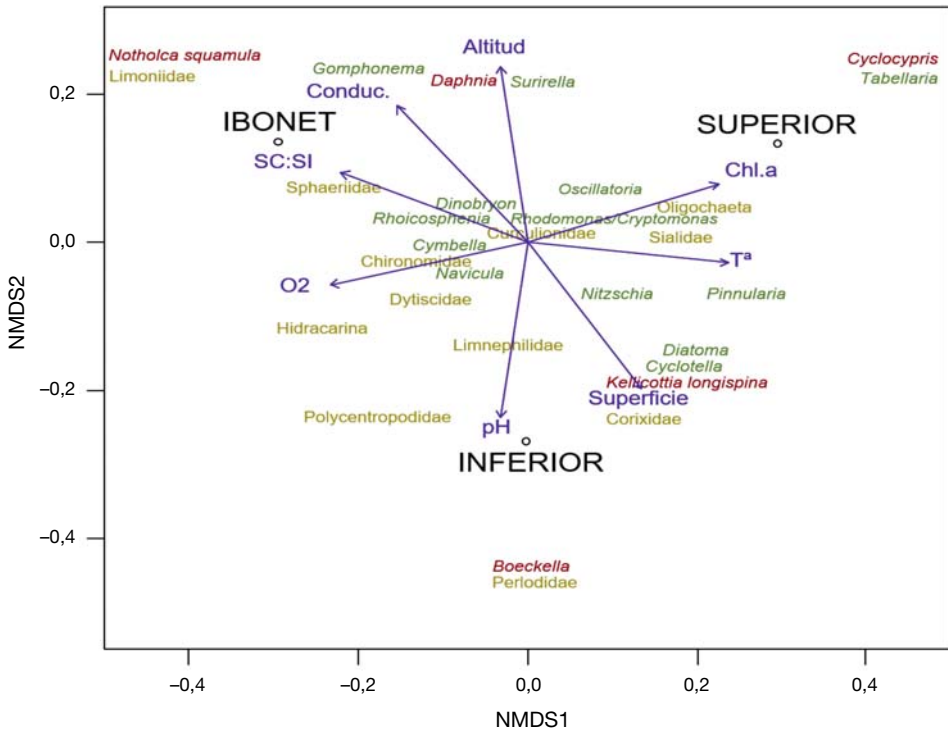
Abundancias (ind./L) • 0-10 • 10-50 • 50-150 ● > 150

<i>Número de individuos en la muestra (ind./5 m<sup>2</sup>)</i>					
<i>Grupo</i>	<i>Familia</i>	<i>Ibón Inferior</i>	<i>Ibón Superior</i>	<i>Ibonet</i>	<i>Género</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	•	•	•	<i>Pisidium</i>
Coleoptera	Curculionidae	•	•	•	—
	Dytiscidae	•	•	•	<i>Oreodytes, Platambus, Melodema</i>
Diptera	Chironomidae	●	●	●	—
	Limoniidae			•	—
Heteroptera	Corixidae	●	•		<i>Arctocorisa</i>
Hydracarina	—	•		•	—
Megaloptera	Sialidae	•	•	•	<i>Sialis</i>
Oligochaeta	—	•	•	•	—
Plecoptera	Perlodidae	•			<i>Perlodes</i>
Trichoptera	Limnephilidae	•	•	•	—
	Polycentropodidae	•		•	<i>Plectrocnemia, Polycentropus</i>
Riqueza (S)	—	11	8	10	—
Diversidad (H')	—	1,289	1,614	1,023	—
Equitatividad (J')	—	1,88	3,305	1,437	—

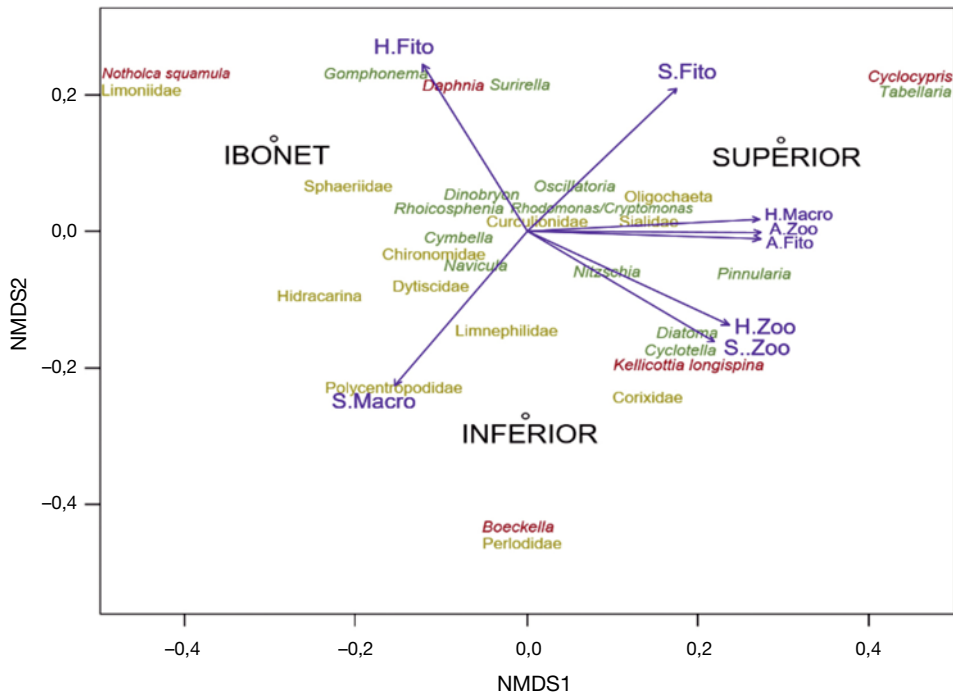
dominancia de la familia Corixidae, en el Superior destacó una abundancia mucho más homogénea de estos tres grupos, mientras que en el Ibonet dominó por completo la familia Chironomidae.

### Comparación entre las comunidades y las características ambientales

Se realizaron test multivariantes de tipo *non-metric multidimensional scaling* (NMDS) para comparar las comunidades de los tres ibones y valorar su semejanza. Se obtuvo un *stress* de 0, por lo que los tres puntos quedan perfectamente representados en el gráfico (lo cual es esperable al tratarse de un número bajo de comunidades —dimensiones— que comparar). Sobre dicha representación se indicaron las variables de tipo ambiental, de forma que se pueda visualizar cómo se relacionan con los tres lagos del estudio. La imagen gráfica de estos resultados (figs. 6 y 7) permite la comparación de los tres



**Fig. 6.** Representación gráfica de NMDS para todas las comunidades estudiadas de los tres ibones (*stress* = 0) y las variables fisicoquímicas.



**Fig. 7.** Representación gráfica de NMDS para todas las comunidades estudiadas de los tres ibones ( $stress = 0$ ) junto a su riqueza (S), su diversidad (H) y su abundancia (A).

lagos en cuanto a sus características ecológicas, tanto por sus comunidades como por sus variables fisicoquímicas.

### Estado de conservación de los tres ibones: índice ECLECTIC

Se determinó el índice ECLECTIC en los tres ibones del estudio a fin de determinar su estado de conservación (tabla VIII). Se muestran y se justifican brevemente los resultados obtenidos en cada bloque del índice, así como el estado de conservación de cada uno de los ibones en función del valor final del índice.

**Tabla VIII.** Puntuación obtenida por cada uno de los ibones de Vallibierna en los diferentes bloques y apartados de aplicación del índice ECLECTIC.

		<i>Ibón Inferior</i>	<i>Ibón Superior</i>	<i>Ibonet</i>
<i>Vegetación característica</i>	Vegetación sumergida	0	0	0
	Vegetación marginal	10	10	10
	Diversidad de la vegetación	5	5	5
	<i>Total del bloque 1</i>	<i>12,5</i>	<i>12,5</i>	<i>12,5</i>
<i>Resto de variables biológicas</i>	Concentración de clorofila <i>a</i>	10	10	10
	Índice trófico planctónico (ITP)	10	10	10
	Familias de macroinvertebrados	5	0	5
	Taxones de importancia	10	10	5
	Anfibios o reptiles autóctonos	5	5	5
	Flora y fauna exóticas	-1	-1	-1
	<i>Total del bloque 2</i>	<i>25</i>	<i>24,6</i>	<i>24,6</i>
<i>Hidrogeomorfología</i>	Superficie del hábitat	20	20	20
	Sistema de llenado	10	10	10
	Sistema de vaciado	10	10	10
	Hidroperiodo	10	10	10
	Modelado de la ribera	10	10	10
	Colmatación	10	10	5
	<i>Total del bloque 3</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>22,5</i>
<i>Factores fisicoquímicos</i>	Transparencia del agua	10	10	10
	Mineralización del agua	10	10	10
	pH	5	5	5
	Nutrientes	0	0	0
	<i>Total del bloque 4</i>	<i>15,6</i>	<i>15,6</i>	<i>15,6</i>
<i>Resultado del índice ECLECTIC</i>		<i>78,1</i>	<i>77,8</i>	<i>75,3</i>
<i>Estado de conservación</i>		<i>Favorable</i>	<i>Favorable</i>	<i>Favorable</i>

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de este artículo permiten considerar los tres ibones de Vallibierna como ecosistemas individualmente diferenciados, que difieren tanto en sus características fisicoquímicas como biológicas, como previamente estableció Margalef (1949). Los tres lagos están situados

muy próximos entre sí y comparten una misma cuenca; sin embargo, las diferencias existentes entre la superficie de su subcuenca y la de cada lago pueden explicar algunas de las diferencias fisicoquímicas y biológicas encontradas (Camarero y cols., 2009; Jacquemin y cols., 2019). Los tipos de sustrato predominantes de cada ibón fueron diferentes, probablemente como resultado de las distintas características de sus subcuencas. Entre estas características están las consecuencias de los resultados obtenidos para la ratio SC : SI, tales como la mayor conductividad y la dominancia del sustrato limoso en el Ibonet.

Respecto a los resultados obtenidos para el oxígeno y la temperatura, cabe puntualizar que las diferencias encontradas entre los tres lagos deben ser consideradas resultado de las diferencias de horario del muestreo. Dado que un mayor número de horas de insolación conduce lógicamente a una mayor temperatura de la masa de agua, también conlleva una menor solubilidad del oxígeno. De este modo, las diferencias encontradas para estas variables coinciden con las horas a las que se analizaron en cada ibón; fue, por ejemplo, el Ibonet el que se estudió más temprano.

Atendiendo a la bibliografía disponible sobre la concentración de clorofila *a*, si bien los resultados de los tres ibones objeto de estudio son diferentes entre sí, se encuentran en rangos similares a los de algunos ibones asimilables a los aquí estudiados, como puedan ser el ibón de Cregüeña, el Blanco de Lliterola, el de Bachimala Superior o el de Pixón, mientras que otros muy cercanos y aparentemente parecidos, como el ibón de Llosás, presentan valores muy diferentes (Guisande y cols., 2003).

No se apreció una relación directa entre la concentración de clorofila *a*, el pH y la concentración de oxígeno, dado que el Ibón Inferior mostró una menor concentración de clorofila *a* que el Superior pero un pH y una concentración de oxígeno mayores. Lo cierto es que la biomasa de fitoplancton es muy baja y posiblemente no pueda llegar a afectar al pH o a la concentración de oxígeno. Sin embargo, sería deseable la realización de experimentos de producción y respiración bentónicas en el futuro para tratar de estimar la influencia de dicho proceso en estos resultados.

En cuanto al fitoplancton, destaca la ausencia total de dinoflagelados en la metacomunidad de los tres lagos, pues mientras una parte importante de la bibliografía habla acerca de grandes diferencias biogeográficas entre las



comunidades planctónicas de este tipo de lagos (Filker y cols., 2016) o de una distribución modesta de dicho grupo (Triadó-Margarit y Casamayor, 2012), otra se refiere, por el contrario, a una importante dominancia y distribución de los dinoflagelados en los lagos pirenaicos, por encima incluso de las diatomeas (Ortiz-Álvarez y cols., 2018). Sin embargo, cabe recordar que estos tres estudios fueron realizados con una metodología muy diferente a la del presente artículo (análisis de DNA ribosómico). Por otro lado, la mayor diversidad fitoplanctónica que el Ibonet presenta con respecto a los otros dos ibones parece estar relacionada con la mayor ratio SC : SI. Del mismo modo que por esta condición el Ibonet presenta una conductividad superior a los otros dos, cabe esperar en él una mayor concentración de materia orgánica en suspensión debida a los materiales alóctonos importados del ecosistema terrestre (Jacquemin y cols., 2019). La relación entre una mayor concentración de materia orgánica en suspensión y una mayor diversidad fitoplanctónica podría explicarse atendiendo a los resultados obtenidos para la comunidad de macroinvertebrados. Una mayor concentración de materia orgánica en suspensión supondría una ventaja para organismos con estrategias tróficas filtradoras, como lo es uno de los grupos de macroinvertebrados dominantes en este lago: el género *Pisidium*. La mayor abundancia de este grupo, dada la naturaleza pasiva de la alimentación por filtración, habría diversificado la comunidad de fitoplancton mediante un proceso *top-down* (McQueen y cols., 1986) que se evidenciaría en la desaparición o en la disminución de ciertos grupos abundantísimos en los otros dos lagos, tales como *Cyclotella*.

Este proceso ha sido descrito en otros trabajos atendiendo al efecto resultante de una abundancia de especies filtradoras de zooplancton sobre la diversidad del fitoplancton (Sarnelle, 2005). Sin embargo, conviene recordar que el Ibonet es el ibón más oligotrófico de los tres y que, por tanto, esta relación basada en una mayor llegada de materia orgánica alóctona no puede ser tomada con rotundidad. Otra posibilidad es que esta diferencia en la diversidad fitoplanctónica pueda ser debida a la probable ausencia de peces en este pequeño lago, dado que su presencia en los dos mayores podría ser la causa del mayor grado de eutrofia de estos últimos (Ventura y cols., 2017).

En cuanto a los organismos encontrados en la comunidad zooplanctónica, ya se ha citado con anterioridad que dos de los géneros hallados en la

metapoblación de los tres ibones (*Daphnia* y *Kellicottia*) son considerados muy comunes en este tipo de lagos (Miracle, 1978b), así como un trabajo que describe el género *Daphnia* como un depredador clave que puede provocar cambios importantes en la estructura del fitoplancton, dada su alimentación basada en la filtración y, por tanto, llevando a cabo un proceso pasivo de selección por tamaños (Sarnelle, 2005). Por otro lado, *Kellicottia longispina* es una especie cosmopolita, que habita incluso aguas marinas (Edmondson y Litt, 1989), mientras que el resto de géneros o especies encontrados no han sido citados con anterioridad en lagos del Pirineo español (Miracle, 1978a, 1978b), por lo que cabe comentar algunas de sus características.

*Notholca squamula* es un rotífero planctónico del cual dice Manuel (2000) que se caracteriza por ser un estenotermo de aguas frías y por su frecuencia en ambientes litorales muy diferentes (con tolerancia frente a un amplio rango de salinidad, es la especie más abundante del género en la península ibérica), para el que concreta Ruttner-Kolisko (1974) que es común en lagos alpinos. Del mismo modo, *Cyclocypris* requiere de temperaturas frías, por lo que es muy común en el norte de Europa pero no tanto en la península ibérica, salvo en este tipo de lagos (Mesquita-Joanes y cols., 2002). Finalmente, cabe destacar que los representantes del género *Boeckella* encontrados y sus huevas presentaron una coloración probablemente resultado de la producción de carotenoides como protección frente a la radiación solar (Tartarotti y cols., 1999).

Los grupos de macroinvertebrados que alcanzaron las mayores oscilaciones de abundancia en los diferentes ibones y, por tanto, los que mayor influencia tienen sobre la diversidad de cada lago son aquellos que cumplen el papel de consumidores primarios: los quironómidos (Armitage y cols., 1995), los corixidos (Tachet y cols., 2010) y los oligoquetos. El hecho de que el grupo más abundante de la metacomunidad de macroinvertebrados de los tres ibones sea el de los dípteros, y en concreto la familia Chironomidae, queda recogido por diversos estudios en otros ibones y lagos pirenaicos (Mendoza y Catalán, 2010; Laville, 1971). Dicha abundancia es de gran importancia dado que esta familia suele dominar en un escalafón clave de las cadenas tróficas lénticas: la conexión entre los productores primarios y los consumidores secundarios (Armitage y cols., 1995). Del mismo modo,

los oligoquetos se citan como un grupo típicamente dominante en los lagos de alta montaña (Füreder y cols., 2006).

Por tanto, el Ibón Inferior de Vallibierna, el de mayor tamaño y menor altitud de los tres, se caracteriza por un sustrato de grandes bloques y un pH elevado con respecto a los otros dos. Su comunidad fitoplanctónica presenta una baja riqueza debido a la dominancia de géneros como *Cyclotella*. La abundancia de esta comunidad concuerda con los resultados de la concentración de clorofila *a*. Presentó, asimismo, la mayor riqueza de macroinvertebrados. El Ibón Superior de Vallibierna, por su lado, con una superficie similar al anterior, mostró un sustrato más dominado por gravas. La concentración de clorofila *a* encontrada en él fue la más elevada y coincide con la mayor abundancia y riqueza del fitoplancton. Además, presentó la mayor abundancia, riqueza y diversidad de zooplancton y la mayor diversidad de macroinvertebrados a pesar de la baja riqueza que tuvo este último grupo. Finalmente, el Ibonet, el lago situado a mayor altitud, se caracterizó por ser un ibón de pequeñas dimensiones (el menor de los tres) y presentar una elevada ratio SC : SI y, consecuentemente, una mayor conductividad y un sustrato con predominancia de limos. Se trata del lago más oligotrófico de los tres, coincidente con una escasa abundancia fitoplanctónica pero también del zooplancton. Sin embargo, presentó la mayor diversidad fitoplanctónica de los tres ibones como resultado de una elevada equitatividad. A pesar de tener mayor riqueza de macroinvertebrados que el Ibón Superior, mostró una diversidad muy baja para este grupo.

Por último, en cuanto a la aplicación del índice ECLECTIC, cabe puntualizar que la evaluación obligatoria de la vegetación sumergida resulta poco lógica para estos sistemas, dado que en otros ibones situados a gran altitud (por encima de los 2200 metros) visitados con anterioridad por el autor, tales como Millás, Lenés, del Sen, Gorgutes, Còth deth Hòro (Coll de Toro), Cre-güeña, Coronas, Estany de Cap de Llauset..., es muy frecuente la inexistencia de vegetación sumergida debido, entre otras razones, a la ausencia total de sustrato terroso, si bien su presencia no es inusitada en ibones en avanzado estado de colmatación como el ibón menor de la Solana de Gorgutes o el Ibonet de Batisielles, entre otros. De todos modos, fue igualmente evaluada (con el menor valor posible dada la ausencia de este tipo de vegetación en los tres ibones del estudio) para no alterar positivamente el

resultado del índice. Por otro lado, los más que probables efectos negativos causados por la presencia de ictiofauna (Ventura y cols., 2017) suponen una penalización en la aplicación del índice en los ibones de Vallibierna. En el caso de estudio, precisamente es este problema el que más compromete la conservación de los tres ibones (sin tener certeza de su presencia en el Ibonet). Si bien aún no parece tener consecuencias graves sobre el estado trófico de los lagos, es probable que sus consecuencias sobre la comunidad se hayan producido ya, resultando en alteraciones de su estructura, en pérdida de taxones y en alteración de abundancias relativas.

## CONCLUSIONES

El pH del Ibón Inferior fue significativamente más elevado que el de los otros dos lagos del estudio. La conductividad del Ibonet fue de manera reveladora más alta que la de los otros dos ibones. El estado trófico, según los resultados de concentración de clorofila *a*, indicó un muy buen estado ecológico de los tres.

Los ibones del estudio presentaron diferencias en cuanto a su sustrato y sus comunidades bentónicas y planctónicas:

El grupo planctónico más ampliamente distribuido y abundante entre los tres sistemas fue el de las diatomeas. En la comunidad fitoplanctónica de los dos ibones situados a menor altitud dominaron los géneros *Cyclotella* y *Nitzschia*, mientras que el Ibonet presentó abundancias más homogéneas, por lo que es el más diverso para esta comunidad.

La metacomunidad zooplanctónica tuvo una riqueza muy baja y mostró la mayor abundancia en el Ibón Superior. La metacomunidad bentónica de los tres lagos estuvo dominada por especies de la subclase Oligochaeta y las familias Chironomidae (Diptera) y Corixidae (Heteroptera), si bien esta última no apareció en el Ibonet.

El Ibón Superior de Vallibierna presentó la mayor diversidad de macroinvertebrados, a pesar de haber una mayor riqueza de familias en el Inferior.

Los tres ibones del estudio poseen un estado de conservación favorable pero la presencia de peces supone una amenaza para su conservación, tal y como se desprende de la aplicación del índice ECLECTIC.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a María Luisa Pérez, Pablo Arias, Alodia Rubio y Marina Klaas la ayuda prestada en los muestreos y el transporte de material, así como la colaboración de Diego Mota como compañero durante las tareas de laboratorio. Dentro del ámbito académico ha sido también de un importante apoyo, por sus consejos y sus indicaciones, Ernesto Pérez, como lo ha sido Natividad Miguel en el desarrollo de algunos procesos analíticos. Nuestro más sincero agradecimiento a todos ellos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arim, M., F. Bozinovic y A. Marquet (2007). On the relationship between trophic position, body mass and temperature: reformulating the energy limitation hypothesis. *Oikos*, 116 (9): 1254-1530 <<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15768.x>>.
- Armitage, P. D., P. S. Cranston y L. C. V. Pinder (1995). *The Chironomidae: The Biology and Ecology of the Non-Biting Midges*. Chapman & Hall. Londres.
- Barbe, J., E. Lavergne, G. Rofes, M. Lascombe, B. C. Rivas, C. H. Bornard y J. de Benedittis (1990). Diagnose rapide des plans d'eau. *Informations Techniques du Cemagref*, 79: 1-8 <<https://hal.inrae.fr/hal-02609029>>.
- Bartrons, M., y J. Catalán, J. (2012). High bacterial diversity in epilithic biofilms of oligotrophic mountain lakes. *Microbial Ecology*, 64 (4): 860-869 <<https://cutt.ly/MJWc6xZ>>.
- Camacho, A., C. Borja, B. Valero-Garcés, M. Sahuquillo, S. Cirujano, J. M. Soria, E. Rico, Á. de la Hera, A. C. Santamans, A. García de Domingo, Á. Chicote y R. U. Gosálvez (2009). 31 aguas continentales retenidas: ecosistemas leníticos de interior. En *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España* <<https://www.miteco.gob.es/en/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/>>. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Madrid.
- Camarero, L., M. Rogora, R. Mosello, N. J. Anderson, A. Barbieri, I. Botev y R. F. Wright (2009). Regionalisation of chemical variability in European mountain lakes. *Freshwater Biology*, 54 (12): 2452-2469 <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02296.x>>.
- Catalán, J., E. Ballesteros, L. Camarero, M. Felip y E. García (1992). Limnology in the Pyrenean lakes. *Limnetica*, 8 (1): 27-38 <<https://cutt.ly/3JWvmzJ>>.
- Catalán, J., L. Camarero, M. Felip, S. Pla, M. Ventura, T. Buchaca, F. Bartumeus, G. de Mendoza, A. Miró, E. O. Casamayor, J. M. Medina-Sánchez, M. Bacardit, M. Altuna, M. Bartrons y D. D. de Quijano (2006). High mountain lakes: extreme habitats and witnesses of environmental changes. *Limnetica*, 25: 551-584 <<https://cutt.ly/hJWvJqO>>.

- Decreto 204/2010, de 2 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se crea el Inventario de Humedales Singulares de Aragón y se establece su régimen de protección. *Boletín Oficial de Aragón*, n.º 220, Zaragoza, 11 de noviembre de 2010.
- Decreto legislativo 1/2015, de 29 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Espacios Naturales de Aragón. *Boletín Oficial de Aragón*, n.º 151, Zaragoza, 6 de agosto de 2015.
- Directiva 1992/43/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 de las Comunidades Europeas*, n.º 206, Bruselas, 22 de julio de 1992.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, Bruselas, 22 de diciembre de 2000.
- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 20, Bruselas, 26 de enero de 2010.
- Dodds, W. K., y V. H. Smith (2016). Nitrogen, phosphorus and eutrophication in streams. *Inland Water*, 6 (2): 155-164 <<https://doi.org/10.5268/IW-6.2.909>>.
- Edmondson, W. T., y A. H. Litt (1989). Morphological variation in *Kellicottia longispina*. *Hydrobiologia*, 186-187: 109-117 <<https://doi.org/10.1007/BF00048902>>.
- Filker, S., R. Sommaruga, I. Vila y T. Stoeck (2016). Microbial eukaryote plankton communities of high-mountain lakes from three continents exhibit strong biogeographic patterns. *Molecular Ecology*, 25 (10): 2286-2301 <<https://doi.org/10.1111/mec.13633>>.
- Frost, S., A. Huni y E. Kershaw (1971). Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Canadian Journal of Zoology*, 49 (2): 167-173 <<https://cutt.ly/jJWv5IS>>.
- Füreder, L., R. Ettinger, A. Boggero, B. Thaler y H. Thies (2006). Macroinvertebrate diversity in Alpine lakes: effects of altitude and catchment properties. *Hydrobiologia*, 562: 123-144 <<https://doi.org/10.1007/s10750-005-1808-7>>.
- Guiry, M. D., y G. M. Guiry (2019). *AlgaeBase: World-wide electronic publication* <<https://www.algaebase.org>>. National University of Ireland. Galway.
- Guisande, C., F. Bartumerus, M. Ventura y J. Catalán (2003). Role of food partitioning in structuring the zooplankton community in mountain lakes. *Oecologia*, 136: 627-635 <<https://doi.org/10.1007/s00442-003-1306-4>>.
- Instituto Geográfico Nacional (2017). Visor Iberpix 4 <<https://www.ign.es/iberpix2/visor/>>. Madrid.
- Jacquemin, C., C. Bertrand, E. Franquet, S. Mounier, B. Misson, B. Oursel y L. Cavalli (2019). Effects of catchment area and nutrient deposition regime on phytoplankton functionality in alpine lakes. *Science of the Total Environment*, 674: 114-127 <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.117>>.

- Korbee, N., P. Carrillo, M. T. Mata, S. Rosillo, J. M. Medina-Sánchez y F. L. Figueroa (2012). Effects of ultraviolet radiation and nutrients on the structure-function of phytoplankton in a high mountain lake. *Photochemistry and Photobiology*, 11 (6): 1087-1098 <<https://doi.org/10.1039/c2pp05336e>>.
- Lampre, F., J. Romeo y L. J. Cruchaga (2009). *El gran libro de los ibones y glaciares del Pirineo aragonés*. Prames. Zaragoza.
- Lampre, V. (2001). Clima de alta montaña y sistemas morfoclimáticos fríos en el macizo de la Maladeta (Pirineo aragonés). *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 52: 195-232 <<https://www.raco.cat/index.php/treballsscgeografia/article/viewFile/221070/301875>>.
- Laville, H. (1971). Recherches sur les chironomides (Diptera) lacustres du massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). *Annales de Limnologie*, 7 (3): 335-414 <<https://cutt.ly/pJWb9dJ>>.
- Le Cren, E. D., y R. H. Lowe-McConnell (1980). *The functioning of freshwater ecosystems*. Cambridge UP. Cambridge.
- Ley 8/2004, de 20 de diciembre, del Gobierno de Aragón, de medidas urgentes en materia de medio ambiente. *Boletín Oficial de Aragón*, n.º 151, Zaragoza, 27 de febrero de 2005.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. *Boletín Oficial del Estado*, n.º 299, Madrid, 14 de diciembre de 2007.
- Manuel, J. de (2000). The rotifers of Spanish reservoirs: Ecological, systematical and zoogeographic remarks. *Limnetica*, 19: 91-167 <<https://cutt.ly/jJWnmul>>.
- Margalef, R. (1949). La vida en los lagos de alta montaña de los Pirineos. *Pirineos*, 11-12: 5-31 <<http://hdl.handle.net/10261/165366>>.
- Martínez de Pisón, E. (1990). Morfoestructuras del valle de Benasque (Pirineo aragonés). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 10: 121 <<https://cutt.ly/2JWnPuF>>.
- McMinn, A., y A. Martin (2013). Dark survival in a warming world: Proceedings. *Biological Sciences*, 280 (1755): 20122909 <<https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2909>>.
- McQueen, D. J., J. R. Post y E. L. Mills (1986). Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43: 1571-1581 <<https://doi.org/10.1139/f86-195>>.
- Mendoza, G. de, y J. Catalán (2010) Lake macroinvertebrates and the altitudinal environmental gradient in the Pyrenees. *Hydrobiologia*, 648: 51-72 <<https://cutt.ly/lJWQoQr>>.
- Mesquita-Joanes, F., M. D. Boronat y M. R. Miracle (2002). The life history of *Cyclo-cypris ovum* (Ostracoda) in a permanent karstic lake. *Archiv für Hydrobiologie*, 155 (4): 687-704 <<https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/155/2002/687>>.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013). *Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses* <<https://cutt.ly/nJWQRd0>>. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. Madrid.

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio para la Transición Ecológica (2010). GeoPortal <<https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>>. Madrid.
- Miracle, M. R. (1978a). Composición específica de las comunidades zooplanctónicas de 153 lagos de los Pirineos y su interés biogeográfico. *Oecologia aquatica*, 3: 167-191 <<https://revistes.ub.edu/index.php/oecologiaaquatica/article/view/26946>>.
- Miracle, M. R. (1978b). Historical and ecological factors concurring in the distribution, biometry and fertility of planktonic crustaceans in Pyrenean lakes. *SIL Proceedings*, 1922-2010, 20 (3): 1657-1663 <<https://doi.org/10.1080/03680770.1977.11896748>>.
- Miró, A., I. Sabás y M. Ventura (2018). Large negative effect of non-native trout and minnows on Pyrenean lake amphibians. *Biological Conservation*, 218: 144-153 <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.030>>.
- Orden de 9 de enero de 2014, del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente por la que se aprueba el Plan General de Pesca de Aragón para el año 2014. *Boletín Oficial de Aragón*, n.º 22, Zaragoza, 31 de enero de 2014.
- Ortiz-Álvarez, R., X. Triadó-Margarit, L. Camarero, E. O. Casamayor y J. Catalán (2018). High planktonic diversity in mountain lakes contains similar contributions of autotrophic, heterotrophic and parasitic eukaryotic life forms. *Scientific Reports*, 8 (4457) <<https://doi.org/10.1038/s41598-018-22835-3>>.
- Oscos, J., D. Galicia y R. Miranda (2011). *Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza. Disponible en <<http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=27937>>.
- Plante, C., y J. A. Downing (1989). Production of freshwater invertebrate populations in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 1489-1498 <<https://doi.org/10.1139/f89-191>>.
- R Core Team (2019). *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Viena. Disponible en <<https://www.R-project.org/>>.
- Ruttner-Kolisko, A. (1974). *Plankton rotifers: Biology and taxonomy*. Lubrecht & Cramer Ltd. Stuttgart.
- Sarnelle, O. (2005). Daphnia as keystone predators: effects on phytoplankton diversity and grazing resistance. *Journal of Plankton Research*, 27 (12): 1229-1238 <<https://doi.org/10.1093/plankt/fbi086>>.
- Schilling, E. G., C. S. Loftin y A. D. Huryn (2009). Macroinvertebrates as indicators of fish absence in naturally fishless lakes. *Freshwater Biology*, 54 (1): 181-202 <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02096.x>>.
- Streble, H., y D. Krauter (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua*. Omega. Barcelona.
- Tachet, H., P. Richoux, M. Bournaud y P. Usseglio-Polatera (2010). *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*. CNRS. París.



- Tartarotti, B., S. Cabrera, R. Psenner y R. Sommaruga (1999). Survivorship of *Cyclops abyssorum taticus* (Cyclopoida, Copepoda) and *Boeckella gracilipes* (Calanoida, Copepoda) under ambient levels of solar UVB radiation in two high-mountain lakes. *Journal of Plankton Research*, 21 (3): 549-560 <<https://doi.org/10.1093/plankt/21.3.549>>.
- Triadó-Margarit, X., y E. O. Casamayor (2012). Genetic diversity of planktonic eukaryotes in high mountain lakes (Central Pyrenees, Spain). *Environmental Microbiology*, 14 (9): 2445-2456 <<https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2012.02797.x>>.
- Utermöhl, H. (1958). *Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik*. Schweizertbart. Stuttgart.
- Ventura, M., R. Tiberti, T. Buchaca, D. Buñay, I. Sabás y A. Miró (2017). Why Should We Preserve Fishless High Mountain Lakes? En J. Catalan, J. M. Ninot y M. M. Aniz (2017). *High Mountain Conservation in a Changing World*: 181-205 <[https://doi.org/10.1007/978-3-319-55982-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55982-7_8)>. Springer Internacional Publishing (Advances in Global Change Research, 62).
- Wissinger, S. A., B. Oertli y V. Rosset (2016). Invertebrate communities of alpine ponds. En D. P. Batzer y D. Boix. *Invertebrates in Freshwater Wetlands: An International Perspective on Their Ecology*: 55-104 <<https://doi.org/10.1007/978-3-319-24978-0>>. Springer Internacional Publishing.



**LUCAS MALLADA, 24 (2022)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **LA VAL DE SAN MARCOS: ESTUDIO PRELIMINAR DE UN VALLE DE FONDO PLANO EN LA CUENCA DEL EBRO**

José Antonio Cuchí<sup>1</sup> | María Asunción Soriano<sup>2</sup>

**RESUMEN** La cuenca central del Ebro se rellenó por depósitos evaporíticos (yesos y carbonatos) de edad miocena. Durante el Cuaternario se generaron diferentes tipos de modelados. Los valles de fondo plano son uno de los más frecuentes en esta región. En un valle de fondo plano cercano a Zaragoza se han identificado cuatro episodios acumulativos separados por sendos episodios erosivos. En la actualidad, la erosión por barrancos y la sufosión son los procesos principales que se producen en el área. Del estudio de las características sedimentológicas y de los perfiles que se han levantado, se deduce que el origen de estos rellenos son corrientes efímeras y también hay una cierta importancia de los procesos de vertiente. Dentro del relleno principal hay varios niveles de carbón vegetal. A partir de ellos la datación absoluta obtenida es de  $2000 \pm 80$  y  $2140 \pm 220$  años BP. No hay datos acerca de la edad de los otros rellenos. La alternancia entre episodios de sedimentación y de incisión pudo ser debido a la interacción entre el clima y la actividad humana.

**PALABRAS CLAVE** Rellenos del Holoceno. Val de San Marcos. Valle del Ebro.

---

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [cuchi@unizar.es](mailto:cuchi@unizar.es)

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Grupo Geotransfer. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna, 12. E-50009 Zaragoza. [asuncion@unizar.es](mailto:asuncion@unizar.es)

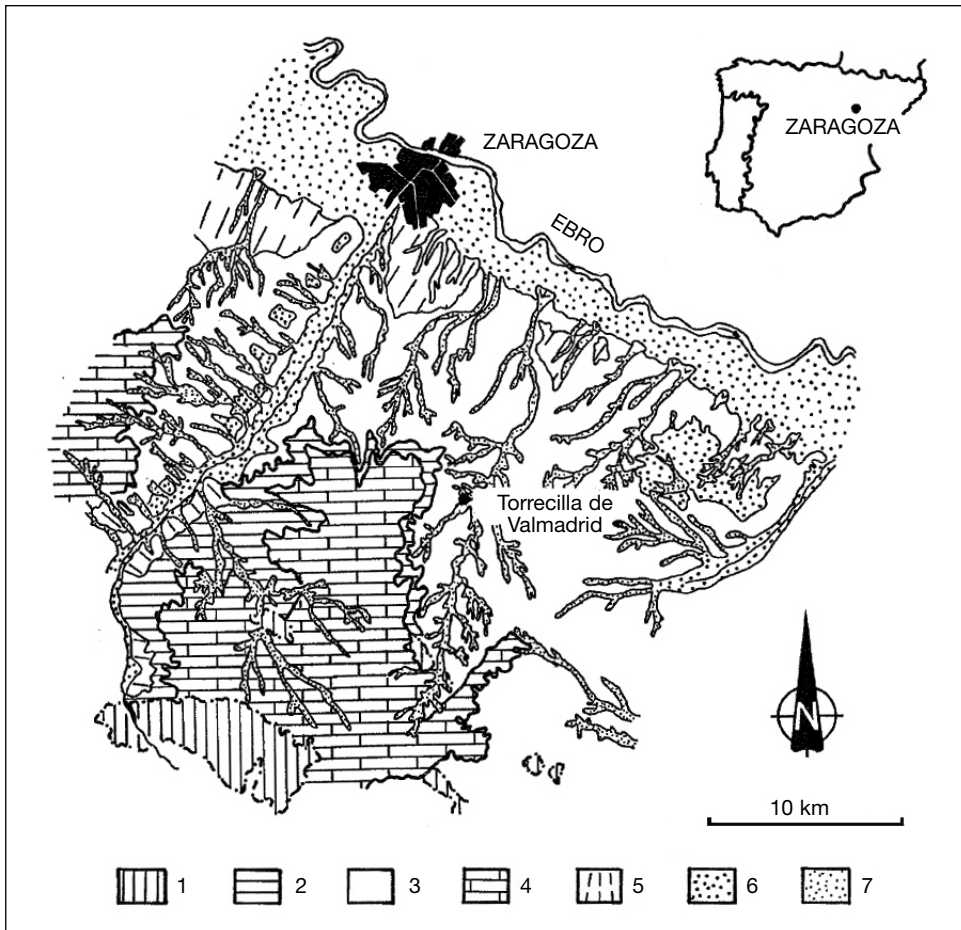
**ABSTRACT** The central Ebro Basin was filled by evaporite deposits (gypsum and carbonates) of Miocene age. During the Quaternary, different types of landforms were generated. Flat bottomed valleys are one of the common geographical systems in this region. In one of those, located near Zaragoza, four periods of sedimentation separated by erosive episodes have been identified. At present, erosion by gullies and suffusion are the main processes acting in the area. The study of the sedimentological characteristics and the profiles that were made suggest that the origin of these fills are ephemeral streams with some component of slope processes. Within the main landfill there are several levels of charcoal. From them, the absolute dating obtained is  $2000 \pm 80$  and  $2140 \pm 220$  years BP. There is no data about the age of the others. The alternation between sedimentation and incision episodes could be due to the interaction between climate and human activity.

**KEYWORDS** Holocene infill. Val de San Marcos. Ebro Valley (Spain).

## INTRODUCCIÓN

La zona estudiada se localiza en la cuenca central del Ebro, al sureste de la ciudad de Zaragoza y muy próxima a la localidad de Torrecilla de Valmadrid (fig. 1). El clima de la región es semiárido, con una precipitación media anual de 300 milímetros. La mayor parte de las rocas aflorantes en la cuenca del Ebro tienen una edad Oligoceno – Mioceno e incluyen facies clásticas, carbonatadas y evaporíticas de origen fluvial y lacustre. Se depositaron durante el periodo endorreico de evolución de la cuenca (Quirantes, 1978; Pardo y cols., 2004). La disposición de estos materiales es prácticamente horizontal, si bien pueden presentar suaves deformaciones (Arlegui y Simón, 2001). Al final del Mioceno comenzó la etapa exorreica de la cuenca (García Castellanos y cols., 2003). Durante el Cuaternario la incisión de la red de drenaje provocó el aislamiento de las plataformas estructurales, cuyo techo está formado por calizas neógenas. Al mismo tiempo, se generaron varios niveles encajados de terrazas fluviales y glaciares que recubren parcialmente los yesos y las margas neógenas. La densa red de cursos de flujo temporal diseccionó los modelados estructurales y las acumulaciones cuaternarias antiguas de la región. En el Holoceno, como consecuencia de diversos periodos alternantes de erosión y sedimentación, se desarrollaron varios rellenos en los valles de fondo plano (localmente denominados *vales*). En la actualidad estos depósitos están siendo erosionados por procesos fluviales y de sufosión.

Varios autores como Torras y Riba (1968), Zuidam (1975), Burillo y cols. (1985), Soriano y Calvo (1987), Cuchí (1989) y Soriano (1989), que han trabajado en la cuenca del Ebro, se han referido a las características sedimentológicas, la edad, el número de niveles y la génesis de los valles de fondo plano. En este artículo se ofrece un estudio de un valle de fondo plano determinando el número y las características de los rellenos, así como su datación absoluta.

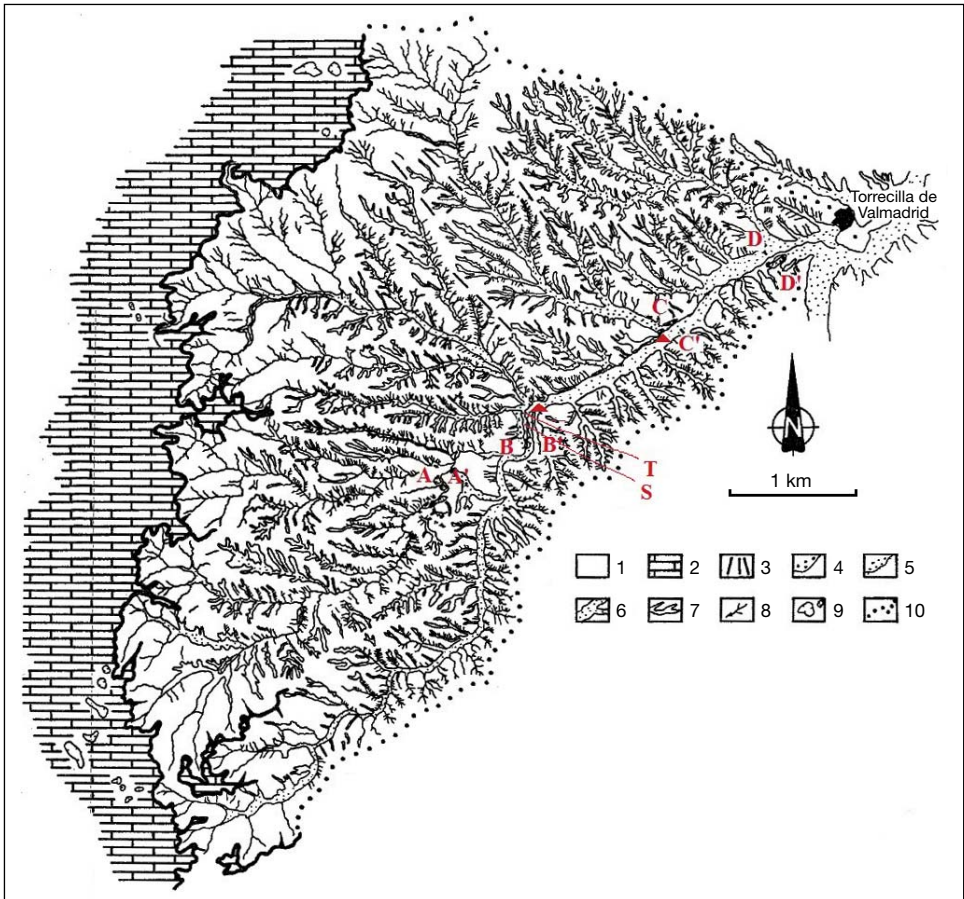


**Fig. 1.** Situación geológica y geomorfológica de la zona estudiada.

- 1. Calizas mesozoicas. 2. Areniscas miocenas (formación Longares).
- 3. Yeso mioceno (formación Zaragoza). 4. Calizas miocenas (formación Alcubierre).
- 5. Depósitos de glaci. 6. Depósitos de terraza. 7. Depósitos de valle de fondo plano.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

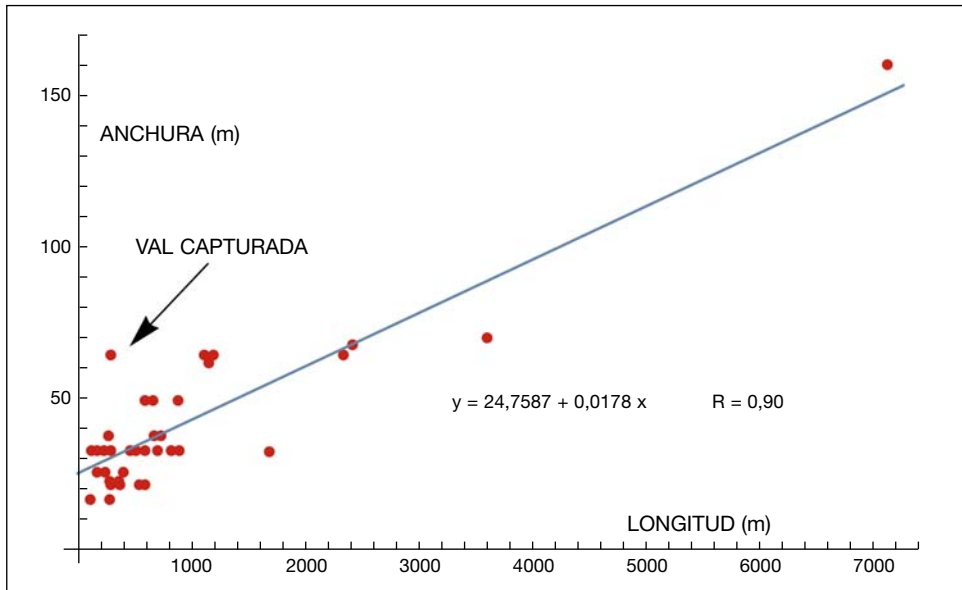
Las vales, valles parcialmente rellenos, son una de las geoformas más características del centro del valle del Ebro. Se desarrollan principalmente sobre materiales yesíferos y llegan a cortar las plataformas estructurales calizas de la zona. Generalmente tienen una forma meandriforme, con dimensiones longitudinales variables, desde los 100 metros hasta los 30 kilómetros



**Fig. 2.** Mapa geomorfológico de la val de San Marcos. 1. Interfluvio en yeso. 2. Plataforma estructural en calizas. 3. Nivel de glacis. 4. Nivel de relleno de 24 metros. 5. Nivel de relleno de 15 metros. 6. Nivel de relleno de 6 metros. 7. Valles de fondo plano secundarios. 8. Barranco. 9. Dolinas. 10. Divisoria de aguas. Con triángulos rojos se señala el relleno situado a 2 metros; con A-A', B-B', C-C' y D-D', la localización de los cortes de la figura 4; S y T indican la ubicación de los perfiles.

de longitud. Sus laderas presentan una elevada pendiente transversal frente a la longitudinal y, en algunas ocasiones, están cubiertas por una capa delgada de limos yesíferos. Las vales son erosionadas por cárcavas y procesos de sufosión que producen vuelcos del material de relleno más consolidado por la pérdida de soporte. La intensa erosión permite observar las características del depósito. En esta área varios autores han encontrado dos o tres niveles de relleno en esos valles (Zuidam, 1975; Burillo y cols., 1985; Soriano y Calvo, 1987; Soriano, 1989).

El artículo se centra en el estudio de un valle de fondo plano denominado val de San Marcos que se localiza muy próximo a la localidad de Torrecilla de Valmadrid (fig. 2). Su cabecera se sitúa en la plataforma estructural de la Plana de Zaragoza y se dirige hacia la val de Valmadrid, que es el valle de fondo plano principal de la zona. La val de San Marcos está encajada en un nivel de glacis con una altura de 46 metros sobre la incisión actual. Tiene 7,2 kilómetros de longitud, una anchura de 160 metros y una cuenca de drenaje de 19,8 kilómetros cuadrados. Hacia él se dirigen gran cantidad de valles tributarios de pequeñas dimensiones (fig. 2). El relleno de la val de San Marcos está erosionado por un barranco en un tercio de su

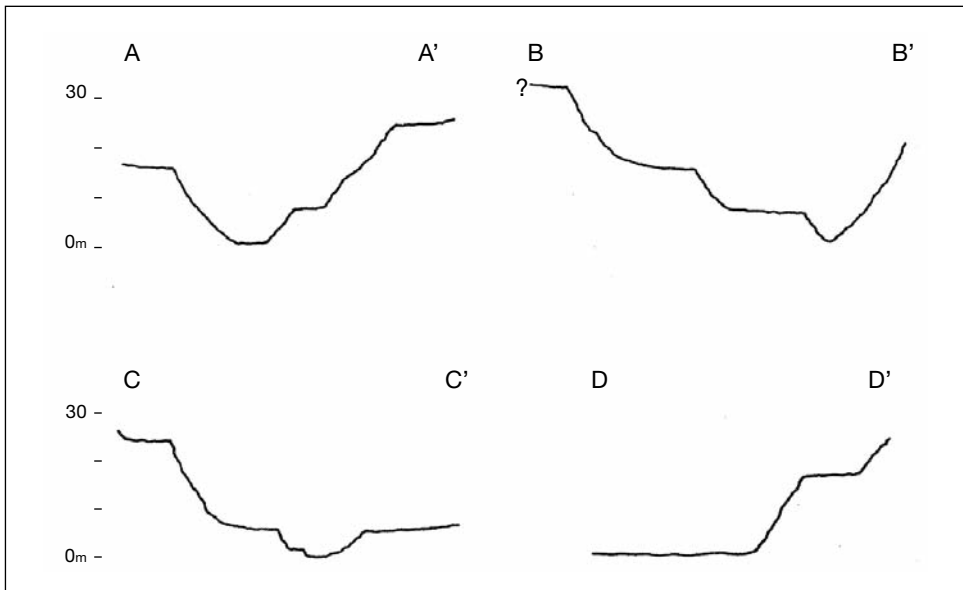


**Fig. 3.** Relación entre la longitud y la anchura de los valles de fondo plano.

extensión, lo que permite observar las características del depósito. Hemos determinado la longitud y la anchura de los distintos valles de la cuenca de drenaje y se ha encontrado una relación lineal entre ambas magnitudes, como se representa en la figura 3.

A partir del estudio de las fotografías aéreas y del trabajo de campo, se han identificado cuatro niveles de relleno en el valle de fondo plano. Las alturas relativas de estos niveles sobre el actual barranco de incisión lineal son de 24, 15-16, 6-7 y 1-2 metros respectivamente (figs. 2 y 4). Solo en un lugar hay un depósito dudoso con una altura de 32 metros.

Los valles de fondo plano secundarios están a veces erosionados por barrancos que presentan pequeños escarpes perpendiculares a la dirección de la val. La parte superior de estos depósitos es más compacta por la precipitación de yeso secundario. La zona más baja tiene una morfología cóncava en esta parte, y es muy común la presencia de costras salinas. El relleno de los valles secundarios no parece estar bien relacionado con el del valle principal. Al final de alguno de estos valles secundarios hay pequeños conos sobre el relleno de 6 metros.



**Fig. 4.** Cortes topográficos a lo largo de la val de San Marcos.  
La situación de cada perfil está indicada en la figura 2.



## DESCRIPCIÓN DE LOS RELLENOS

Como consecuencia de su mayor desarrollo en la val de San Marcos, los afloramientos más abundantes corresponden al nivel de 6 metros. No obstante, el inmediatamente más antiguo (15 metros) aflora en varios lugares y los cortes existentes han permitido estudiar sus características. Se han descrito y muestreado los perfiles de rellenos a 15 metros (perfil S) y a 6 metros (perfil T) de techo a base. Asimismo, se ha trabajado otro perfil ubicado en una pequeña val secundaria cercana (perfil V). Los perfiles S y T se presentan en la figura 2. Los restos iberos se encuentran cerca de S.

### Perfil S

- S-1 0-100 cm. Marrón. Limos y gravas con cantos de calizas y de yeso alterados. Ligeramente compactados. Transición brusca.
- S-2 100-200 cm. Marrón. Limos. Sin gravas. Estructura masiva. Ligeramente compactado. No se ha podido observar la base del relleno.

### Perfil T

- T-1 0-130 cm. Marrón. Limos. Sin compactar. La parte superior carece de estructura, evoluciona a grumoso al aumentar la profundidad. Algunos niveles de gravas. El centil es de 2 cm.
- T-2 130-160 cm. Marrón. Limoso. Sin estructura. Débilmente compactado. Transición horizontal y brusca.
- T-3 160-220 cm. Gris. Limoso. Con gravas. Débilmente compactado. Grumoso. Transición gradual.
- T-4 220-260 cm. Marrón. Limoso. Con gravas. Centil de 11 cm. Sin estructura. Transición horizontal y brusca.
- T-5 260-330 cm. Oscuro. Limoso. Compactado. Sin cantos. Estructura grumosa débil. Algunas concreciones blancas. Carbón vegetal. Transición horizontal y brusca.
- T-6 330-380 cm. Gris. Limoso. Compacto. Grumoso. Algunas concreciones blancas. Transición horizontal y brusca.
- T-7 380-460 cm. Gris. Alternancia de niveles de limos y gravas. El centil es de 20 cm. Compacto. Estructura masiva. Transición horizontal y brusca.
- T-8 460-500 cm. Gris. Limoso. Concreciones blancas. Compactado. Carbón vegetal. Muestras TORR A8 (A) y TORR A8 (B).
- T-9 500-510 cm. Gris. Limoso. Gravas. Concreciones. Transición brusca y ligeramente ondulada.

- T-10 510-570 cm. Gris. Limoso. Algunas gravas. Un nivel de carbón vegetal. Débilmente compactado. Concreciones blancas. Transición horizontal y brusca.
- T-11 570-630 cm. Gris. Gravas. Localmente hay granoselección. Centil de 20 cm. Transición horizontal y brusca.

### **Perfil V**

- V-1 0-40 cm. Marrón. Limoso-arcilloso. La estructura de la parte superior es grumosa pasando a masiva en profundidad. Blando. Suelto en la parte superior, se endurece con la profundidad. Transición gradual.
- V-2 40-140 cm. Gris. Limoso-arcilloso. Algunos cantos de yeso en la parte superior. Estructura masiva. Compactado (petroyesífero). Transición brusca.
- V-3 140-170 cm. Gris. Limoso. Cerca de la parte superior hay un nivel con pequeños fragmentos de carbón vegetal y dos niveles detríticos. El centil es de 1 cm. Compacto. Estructura masiva. Transición brusca.
- V-4 170-195 cm. En la parte superior es gris oscuro. Gris en la base. Limoso. Estratificado. Estructura masiva. Sin cantos. Débilmente compactado. Carbón vegetal. Transición brusca.
- V-5 195-280 cm. Gris. Limoso. Estructura masiva. En la parte superior hay un nivel de cantos de yeso. La base del relleno no es accesible.

## **MÉTODOS ANALÍTICOS**

Para llevar a cabo esta metodología se prepararon, en primer lugar, dos fracciones utilizando una malla de 8 milímetros de luz. Los cantos mayores se clasificaron y se pesaron. Para proceder a la realización de los análisis químicos las muestras se separaron con una malla de 2 milímetros de luz. El color se determinó mediante una carta de color del suelo Munsell. El pH se estableció en una relación suelo / agua de 1 a 2,5. Las sales solubles se determinaron como conductividad eléctrica (EC) en una relación suelo / agua desionizada de 1 a 5; el contenido en materia orgánica, por oxidación con dicromato potásico y valoración con sulfato ferroso, y el yeso, por un método semicuantitativo descrito en Alberto y Machín (1985). Mediante el calcímetro de Bertrand se cuantificó el contenido en carbonato cálcico.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas I y II.

**Tabla I.** Tamaño de los sedimentos y naturaleza de los cantos cuyo tamaño es mayor de 8 milímetros.

<i>Unidad</i>	<i>Tamaño</i>		<i>Naturaleza</i>		
	<i>&lt; 8 mm (%)</i>	<i>&gt; 8 mm (%)</i>	<i>Caliza (%)</i>	<i>Yeso (%)</i>	<i>Sílex (%)</i>
S-1	66	44	56	44	0
S-2	1	99	11	89	0
T-1	4	97	67	33	0
T-2	2	98	100	0	0
T-3	14	86	91	9	0
T-4	40	60	92	8	0
T-5	1	99	—	—	—
T-6	0	100			
T-7	32	68	93	7	
T-8	0,2	99,8	93	7	
T-9	60	40	91	9	
T-10	1	99	80	20	
T-11	57	43	83	15	
V-1	2	98	0	100	
V-2	0	100			
V-3	0	100			
V-4	0	100			
V-5	0	100			

**Tabla II.** Datos analíticos de los perfiles estudiados.

	<i>Conductividad eléctrica (dS/cm a 25 °C)</i>	<i>Color (seco)</i>	<i>Color (mojado)</i>	<i>CaCO<sub>3</sub> (%)</i>	<i>pH</i>	<i>Yeso (%)</i>	<i>Materia orgánica (%)</i>
S-1	2,2	10YR 7,5/2	10YR 5/3	20	8	70	1,35
S-2	2,7	10YR 6,5/3	10YR 5/3	23	7,6	59	0,44
T-1	2,31	10YR 7/2	10YR 5/2	20	7,7	42	1,57
T-2	2,65	10YR 5,5/1	10YR 4/1	35	7,7	32	2,69
T-3	2,34	10YR 7/2	10YR 4,5/2	46	7,8	28	1,49
T-4	2,06	10YR 7/2	10YR 5/2	44	7,8	45	0,78
T-5	4,09	10YR 6,5/2	10YR 4,5/2	41	7,7	26	1,59
T-6	6,76	10YR 6,5/2	10YR 5/2	46	7,9	27	1,24
T-7	2,28	10YR 6,5/2	10YR 5/2	48	8	30	0,80
T-8	3,52	10YR 7/2	10YR 5/1,2	42	8	27	1,10
T-9	2,66	10YR 6,5/2	10YR 4,5/2	30	8,1	39	0,69
T-10	3,28	10YR 7/2	10YR 5/2	42	8,2	36	0,60
T-11	2,89	10YR 7,5/2	10YR 5,5/2	49	8	40	0,55
V-1	2,3	10YR 6/1	10YR 4/2	23	8	66	4,80
V-2	2,3	10YR 8/1	10YR 6/2	12	8,7	86	0,76
V-3	3,22	10YR 7,5/1	10YR 6,5/2	14	9	84	0,57
V-4	3,62	10YR 6/1	10YR 4/2	19	8,7	73	1,25
V %	3,77	10YR 8/1	10YR 5,5/2	13	8,9	86	0,84

## DISCUSIÓN

El número de rellenos en la región de Zaragoza, y en general en toda el área mediterránea, se ha estudiado ampliamente pero en ocasiones presenta controversias. Los trabajos de investigación en España, Italia y Grecia, principalmente, indican la presencia de uno, dos o tres niveles de relleno diferentes con, en general, unas edades clásica, posmedieval y muy reciente (Vita-Finzi, 1969; Zuidam, 1975; Dufaure, 1976; Butzer, 1980; Neboit, 1984; Bruckner, 1986; Soriano y Calvo, 1987; Soriano, 1989). La presencia de cuatro rellenos (fig. 4) es una consecuencia de periodos alternantes de erosión y sedimentación. El relleno principal se generó por procesos fluviales y con menor importancia también por procesos de vertiente (según Soriano y Calvo, 1987). Los barrancos los han erosionado.

En la actualidad podemos observar depósitos con una altura de 2 metros sobre el barranco actual que se ha generado por la acción de corrientes efímeras.

El estudio de los perfiles (tablas I y II) revela que en los rellenos del valle principal (perfiles S y T) el origen de los sedimentos es su cabecera, como demuestra el alto contenido en cantos de caliza en esos niveles y que solo afloran en ella. Este hecho, junto con las características sedimentológicas indicadas por Soriano y Calvo (1987), indican que su origen son corrientes efímeras. El material del relleno de los valles secundarios (perfil V) es local y homogéneo y su composición está dominada por limos yesíferos.

Estos perfiles muestran la presencia de materia orgánica de distintos orígenes. Es frecuente la presencia de carbón vegetal cuyos restos son de pequeño tamaño (por ejemplo, T-8). Los niveles limosos que contienen carbón vegetal son generalmente finos y tienen una longitud de varios metros. La mezcla de materiales indica transporte desde lugares de mayor cota e, incluso, depósitos eólicos. Se observa también otro tipo de acumulaciones de materia orgánica, como paleosuelos enterrados (por ejemplo, T-2), que se identifica por la estructura grumosa, el color marrón y la presencia relativa de materia orgánica. El origen de algunos niveles con un color más oscuro y valores elevados de materia orgánica (por ejemplo, V-4) parece corresponder a acumulaciones de algas en pequeñas charcas con agua no permanente. En la actualidad estos procesos pueden verse en el área. El enterramiento de *Salsola kali*, que suele ser transportada por el viento, y de *Lygeum spartum*, por el agua, puede ser otro proceso que contribuye a la acumulación de materia orgánica. La información botánica de esta zona se recoge en Braun-Blanquet y De Bolòs (1984).

La presencia de carbón vegetal es muy útil para datar los rellenos. Sin embargo, solo en un caso —el T-8— fue posible tomar suficiente cantidad de muestra para ello. En este nivel de gravas se encuentran otros dos con carbón (muestras TORR A8 [A] y TORR A8 [B]). La edad obtenida mediante C<sup>14</sup> es de 2000 ± 80 BP para la muestra superior y 2140 ± 220 BP para la inferior.

Además, se encontraron fragmentos de cerámica de edad ibérica y romana en la superficie de este depósito. Asimismo, se han hallado algunos restos de lascas de sílex (posiblemente musterienses) en la superficie del

depósito situado a 32 metros de altura. Su escasez impide poder realizar una buena datación de estos depósitos.

El origen complejo de los rellenos se puede apreciar en el situado a 6 metros. Hay un elevado número de episodios de sedimentación. La tasa de acumulación parece ser muy elevada. La datación de los restos de carbón vegetal y de cerámicas encontrados indica que se acumularon 4 metros de material en un tiempo máximo de quinientos años. Desde ese momento hasta ahora el barranco ha sufrido una incisión hasta una profundidad de 6 metros.

Generalmente hay una buena relación lineal entre la anchura y la longitud de los valles. Sin embargo, en un valle lateral donde la relación no es buena la observación de campo muestra la presencia de un depósito localizado 24 metros por encima del barranco actual. Parece que este valle de fondo plano fue capturado (fig. 3).

Como ya se sabe, las causas propuestas por los autores que han trabajado en este tema son variadas: clima, actividades antrópicas, factores tectónicos o una combinación de ellos (Soriano, 1989; Leopold, 1994; Gutiérrez-Elorza y Peña-Monné, 1998; Maas y Macklin, 2002; Picarreta y cols., 2012). A partir de nuestros datos es difícil determinar cuál es el origen de estos estadios alternantes de erosión – acumulación. Tan solo los factores tectónicos no parecen tener importancia en el desarrollo de todos estos rellenos. Probablemente la interacción que existe entre el clima y las actividades humanas podría ser la razón principal para estos cambios. Incendios de origen desconocido parecen frecuentes en estos valles y en los adyacentes. Desde el año 300 a. C. hasta el 100 d. C. fueron frecuentes los conflictos armados entre los romanos y los antiguos pobladores de la región. Por ejemplo, Julio César luchó en la cuenca media del Ebro en el 49 a. C. Sin embargo, tal como señala Bruckner (1986), estas actividades humanas no habrían sido tan perjudiciales si el clima hubiera sido diferente en esta área. Tras la estación seca hay lluvias fuertes e irregulares que producen que la actividad erosiva se incremente.

## CONCLUSIONES

Los valles de fondo plano son uno de los modelados más frecuentes desarrollados en la cuenca central del Ebro. En un valle de fondo plano (val

de San Marcos) se han reconocido al menos cuatro niveles diferentes de relleno separados por erosión de barrancos y hay, además, un quinto de origen incierto. Los depósitos están formados principalmente por niveles de gravas y limos. Estos rellenos (al menos los más recientes) se generaron por la acción de corrientes efímeras con una cierta influencia de los procesos de vertiente. El nivel general (localizado 6 metros por encima del barranco actual) se desarrolló dos mil años antes de la actualidad. Los periodos alternantes de acumulación y erosión pueden ser debidos a la interacción entre variaciones climáticas y actividades humanas en el área.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, F., y J. Machín (1985). Estudio sedimentológico de los materiales del abrigo de Botiquería de Moros (Mazaleón). *Bajo Aragón Prehistoria*, vi: 51-65.
- Arlegui, L. E., y J. L. Simón (2001). Geometry and distribution of regional joint sets in a non-homogeneous stress field: case study in the Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, 23: 297-313.
- Braun-Blanquet, J., y O. de Bolòs (1984). *Las comunidades vegetales de la depresión del Ebro y su dinamismo*. Ayuntamiento de Zaragoza. Zaragoza. 278 pp.
- Bruckner, H. (1986). Man's impact on the evolution of the physical environment in the mediterranean regions in historical times. *GeoJournal*, 13: 7-17.
- Burillo, F., M. Gutiérrez y J. L. Peña (1985). Las acumulaciones holocenas y su datación arqueológica en Mediana de Aragón (Zaragoza). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, xi: 193-207.
- Butzer, K. (1980). Holocene alluvial sequences: problems of dating and correlation. En R. A. Cullingford, D. A. Davidson y J. Lewin (eds.), *Timescale in Geomorphology*: 1131-1142. John Wiley.
- Cuchí, J. A. (1989). *Aportaciones al conocimiento de los suelos salinos en Aragón*. INIA (Tesis INIA, 79). Madrid. 396 pp.
- Dufaure, J.-J. (1976). La terrasse holocène d'Olympie et ses équivalents méditerranéens. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 433: 85-94.
- García-Castellanos, D. J., J. Vergés, J. Gaspar-Escribano y S. Cloetingh (2003). Interplay between tectonics, climate and fluvial transport during the Cenozoic evolution of the Ebro Basin (NE Iberia). *Journal of Geophysical Research*, 108 (B7): 2347.
- Gutiérrez-Elorza, M., y J. L. Peña-Monné (1998). Geomorphology and late Holocene climatic change in Northeastern Spain. *Geomorphology*, 23: 205-217.
- Leopold, L. B. (1994). *A View of the River*. Harvard UP. Cambridge. 298 pp.

- Maas, G. S., y M. G. Macklin (2002). The impact of recent climate change on flooding and sediment supply within a Mediterranean mountain catchment, southwestern Crete, Greece. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27: 1087-1105.
- Neboit, R. (1984). Érosion des sols et colonisation grecque en Sicile et en Grande Grèce. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 499: 5-13.
- Pardo, G., C. Arenas, Á. González, A. Luzón, A. Muñoz, A. Pérez, F. J. Pérez-Rivarés, M. Vázquez-Úrbez y J. Villena (2004). La cuenca del Ebro. En J. A. Vera (ed.), *Geología de España*: 533-543. Sociedad Geológica de España / Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- Piccarreta, M., D. Capolongo y M. N. Miccoli (2012). Deep gullies entrenchment in valley fills during the Late Holocene in the Basento basin, Basilicata (southern Italy). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 18 (2): 239-248.
- Quirantes, J. (1978). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. IFC. Zaragoza. 200 pp.
- Soriano, M.<sup>a</sup> A. (1989). Infilled valleys in the central Ebro Basin (Spain). *Catena*, 16: 357-367.
- Soriano, M.<sup>a</sup> A., y J. M. Calvo (1987). Características, datación y evolución de los valles de fondo plano de las inmediaciones de Zaragoza. *Cuaternario y Geomorfología*, 1: 283-293.
- Torras, A., y O. Riba (1968). Contribución al estudio de los limos yesíferos del centro de la depresión del Ebro. *Boletín del Instituto de Estudios Asturianos. Suplemento de Ciencias*, 14: 125-137.
- Vita-Finzi, C. (1969). *The Mediterranean valleys: Geological changes in historical times*. Cambridge UP. Cambridge. 140 pp.
- Zuidam, R. Van (1975). Geomorphology and Archaeology: evidences of interrelation at historical sites in the Zaragoza region. *Z. Geomorph. N. F.*, 19: 319-338.



**LUCAS MALLADA, 24 (2022)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **EL HIERRO EN EL ALTO CINCA: LAS MINAS DEL PICO MENER**

Ana Ortas<sup>1</sup> | José Ignacio Canudo<sup>2</sup> | José Antonio Cuchi<sup>3</sup>  
Isabel Fanlo<sup>4</sup> | Pablo Martín-Ramos<sup>3</sup> | Mariano Oliván<sup>1</sup>  
Rafael Ruiz<sup>1</sup> | Jordi Borràs<sup>1</sup> | Alicia Chiva<sup>1</sup> | Miguel Gil<sup>1</sup>

**RESUMEN** El presente artículo analiza la situación y la naturaleza de varias minas de hierro en el pico Mener, donde tradicionalmente se han ubicado las fuentes de mineral para las forjas de Bielsa, Saravillo y San Juan de Plan.

**PALABRAS CLAVE** Hierro. Pico Mener. Bielsa (Huesca).

**ABSTRACT** This paper analyses the location and nature of several iron ore mines in the Mener Peak, where the sources of ore for the forges of Bielsa, Saravillo and San Juan de Plan have traditionally been located.

**KEYWORDS** Iron. Mener Peak. Bielsa (Huesca, Spain).

---

<sup>1</sup> Sección de Espeleología del Club Atlético Sobrarbe. [anao\\_32@hotmail.com](mailto:anao_32@hotmail.com), [marianoolivanes@gmail.com](mailto:marianoolivanes@gmail.com), [susias.muro@gmail.com](mailto:susias.muro@gmail.com), [jborras@ecmbarcelones.com](mailto:jborras@ecmbarcelones.com), [alison@hotmail.com](mailto:alison@hotmail.com), [fotomiguelg@hotmail.com](mailto:fotomiguelg@hotmail.com)

<sup>2</sup> Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso, 4. E-50005 Zaragoza. [jicanudo@unizar.es](mailto:jicanudo@unizar.es)

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [cuchi@unizar.es](mailto:cuchi@unizar.es), [pmr@unizar.es](mailto:pmr@unizar.es)

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna, 12. E-50009 Zaragoza. [fanlo@unizar.es](mailto:fanlo@unizar.es)

## INTRODUCCIÓN

Durante el año 2021 se estuvo desarrollando el proyecto de recuperación de la memoria olvidada de las minas de Sobrarbe impulsado por el Geoparque Sobrarbe-Pirineos y el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. El proyecto pretendía recopilar la información gráfica, oral e histórica sobre las explotaciones mineras de Sobrarbe. A pesar de la importancia histórica de la minería en esta comarca, en ese momento eran bastante desconocidos datos tan básicos como la localización de muchas bocaminas. Nuestro equipo multidisciplinar, formado por arqueólogos, geólogos y espeleólogos, realizó un primer inventario detallado, recopilando la información dispersa de estas minas. Esta publicación forma parte del trabajo sobre uno de los enigmas de la minería del Pirineo aragonés, el hierro de Bielsa, que abordó este proyecto.

El hierro de Bielsa, entiéndase de la cabecera del Cinca, es uno de los elementos importantes en minería y producción industrial del Alto Aragón durante la Edad Media y la Edad Moderna. Se obtenía a partir de mineral de hierro parcialmente fundido y reducido con ayuda de carbón vegetal mediante la tecnología denominada genéricamente *farga* o *forja a la catalana*. Diversos autores han señalado el uso de este hierro en varias obras de importancia, entre las que cabe destacar el primer Canal Imperial de Aragón (Pallaruelo, 1994) y el monasterio de El Escorial, a partir de fuentes históricas, documentos notariales, informes técnicos e informaciones orales sobre esta actividad. Asimismo, los citados autores han señalado la ubicación de diversas forjas. Uno de los temas que han quedado un poco en segundo plano es la localización de las minas, así como las características de las que proporcionaban el mineral, objeto del presente artículo.

## EL MARCO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

El área de referencia del presente estudio es la cuenca alta del Cinca, que engloba los valles de Bielsa, La Comuna y Gistau (*Chistau*), desde la confluencia del Cinca y el Cinqueta hacia sus cabeceras. El Cinca nace en el ibón de Marboré, antiguo *Lago Helado*, y tras pasar por Pineta recibe al río Barrosa junto a Bielsa. Por su parte, los dos Cinquetas, de Tabernés y Añes Cruces, se unen cerca de la Virgen Blanca, y este, tras la depresión de Plan y el estrecho

de la Inclusa, al Cinca, en Salinas, tras recoger el barranco del Mon frente a Saravillo. La geografía ha sido estudiada por diversos autores como Bielza y cols. (1986) para Bielsa y Fernández Piñar (2019) para Gistau.

Geológicamente, la cuenca alta del Cinca presenta un claro bandeo tectónico de dirección este-oeste. A caballo de la frontera, por encima de Bielsa y de San Juan de Plan, aparecen materiales del Paleozoico entre los que destacan los granitos de Barrosa. Sobre ellos están las areniscas rojizas del Triásico y otros materiales mesozoicos (Van Lith, 1968). La tectónica es compleja (Oliva-Urcia y cols., 2006). Las areniscas del Trías están atravesadas por diques con interesantes mineralizaciones de galena y pirita que han sido objeto de explotación a lo largo de la historia (Fanlo, 1994; Yuste y cols., 1997). En la zona meridional dominan completamente las calizas del Cretácico y posteriores. Hay abundantes trabajos sobre la geología de la zona sintetizados en IGME (1982a, 1982b y 2019).

## **SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL HIERRO DE BIELSA**

La técnica tradicional de producción de hierro, conocida como *método a la catalana*, ha sido descrita por diversos autores (Picot de Lapeyrouse, 1786; Muthuon, 1808; François, 1843; Tomàs, 1999; Verna, 2002; Cantelaube, 2005). Esta es la usada en el entorno de Bielsa. El mineral seleccionado, los óxidos de hierro (goetita, oligisto, hematites), se introduce en un horno encendido por donde se hace pasar una fuerte corriente de aire producida por una trompa hidráulica. Se alcanzaba así una temperatura de unos 1200 °C, con producción de monóxido de carbono que reducía los óxidos de hierro y fundía de forma parcial la mezcla. Se extraía una masa de hierro parcialmente fundida del fondo del horno y se trabajaba en caliente mediante un martinete para extraer las escorias. El proceso de recalentamiento y martillado podía repetirse varias veces. La tecnología para el proceso requería personal experto e inversiones relativamente importantes. Se conoce, por documentación y testimonios orales, la existencia de fraguas (*fargas*) en Javierre, Bielsa (al menos dos), San Juan de Plan y Salinas. La investigación sobre estas es un buen tema de arqueología industrial, aún insuficientemente documentado.

El abastecimiento de materia prima para las *fargas* necesitaba una buena logística. En las minas, del tipo que fueran, había que arrancar el mineral

de forma manual. La herramienta, que no había cambiado desde época romana hasta finales del siglo XIX, era sencilla: picos, punteros, mallos y barrones. En el interior la iluminación era proporcionada por candiles de aceite. Se arrancaba lo estrictamente necesario, se apuntalaba lo mínimo y la forma de las galerías era irregular, con minas laberínticas y pasos estrechos. Es posible también que se utilizaran planos inclinados para evacuar el mineral. El alojamiento de los mineros, que tenían que permanecer largos periodos en la montaña, debía de ser precario, chozas o cuevas someras, al estilo de las majadas (*mallatas*) de los pastores locales. El abastecimiento de provisiones, vino incluido, leña para calentarse, madera para entibos, techos y toboganes, clavos, mangos para mallos, herramientas..., se alcanzaba por las reatas de transporte, que subían de vacío. El necesario afilado de barrones, punteros y picos se realizaba *in situ* o en herrerías de valle abajo.

El mineral seleccionado en las eras de bocamina se ponía a disposición de los trajineros, que lo llevaban a las *fargas*. El material era machacado por los arrieros, cargado en sacos y conducido mediante mulos y burros hacia las *fargas*. En cualquier caso, el recorrido podía llevar más de un día. La nieve en las zonas de montaña era un factor limitante, máxime teniendo en cuenta las condiciones de la Pequeña Edad del Hielo, tanto para el arranque como para el transporte, de modo que solo se podía trabajar una parte del año. Si las *fargas* querían trabajar todo el año tenían que acumular materia prima para el periodo invernal. El consumo de carbón vegetal era importante. Woronoff (1984) presenta datos de un consumo de 4,6 unidades de carbón vegetal para obtener 1 de hierro.

No queda claro cuál era la forma del producto final de las *fargas*, pero parece que era habitual la producción de *panes*, más o menos paralelepípedicos, para forjar herramientas tipo pico o azada y palanquillas alargadas de sección cuadrada que pudieran servir mediante forja para clavos, punteros y rejas. En el momento actual no se sabe de muchos objetos de hierro que puedan ser calificados con claridad como originarios de Bielsa. No se conocen datos técnicos sobre este hierro.

El último paso era hacer llegar el material a los puntos de consumo, otra vez a lomos de caballerías. Parece lógico que una gran parte del mismo se llevara hacia el sur, con Barbastro como primera etapa, como señalan Pallaruelo (1994) y Nieto (1996) a partir de documentos notariales. Es posible

que una parte también se llevara hacia Francia. En este punto cabe señalar la competencia de las fundiciones de este tipo que se hallaban en el Ariège (François, 1843; Dubois, 2020).

## LA INFORMACIÓN DOCUMENTAL

Como se ha señalado, hay diversas referencias al hierro de Bielsa. Los trabajos más recientes son los de Pallaruelo (1994), Nieto (1996) y Vivez (2004). Severino Pallaruelo, en su trabajo seminal sobre el tema, señalaba la presencia de explotaciones de hierro desde el siglo XIII y discrepaba de la opinión de Bielsa y cols. (1986) sobre la modestia del hierro belsetano. Refiere, como más antiguos, documentos de Jaime II sobre la producción de hierro en Bielsa y Plan y profundiza sobre contratos comerciales en el siglo XVI. Estima para esa centuria una producción anual de unas 300 toneladas, que se redujeron a la mitad a finales del XVIII. Según este autor, a mediados del siglo XIX aún funcionaba una *farga* en Bielsa. Juan José Nieto, en un trabajo que hace amplio uso de protocolos notariales, transcribe una *farga* en Javierre de Bielsa en 1608 y ofrece más detalles, técnicos y económicos, en cuanto a los mineros, el transporte de mineral y carbón vegetal, el funcionamiento de las *fargas* y el comercio del hierro. Sus estimaciones de producción son más modestas, unas 170 toneladas por año en el siglo XVI.

De las informaciones de estos autores se deduce que el número de mineros era muy reducido, que vivían junto a la mina y que almacenaban el mineral en una plaza o era adonde acudían vecinos y otros trajineros que desmenuzaban el mineral para ensacarlo adecuadamente y lo transportaban a las *fargas*. En las referencias de ambos autores se incluyen noticias de minas de plomo y cobalto, además de las de hierro.

Philippe Vivez ha realizado una importante contribución al tema de la minería en Bielsa (Vivez, 1997a y b, 2001, 2002, 2004 y 2012a y b). El documento de 2002 se refiere específicamente a la producción de hierro a partir de mineral del monte Mener, que identifica como la ubicación principal de las minas de hierro.

Los datos disponibles hacen pensar que la producción de hierro en el entorno de Bielsa cesó en la primera mitad del siglo XIX por diversas razones, entre ellas los avances tecnológicos y los costes. Sin embargo, se señala que

el ingeniero George Sauvage presentó el hierro de Bielsa en la Exposición Universal de París de 1867. Curiosamente, para el proyecto del túnel de La Pez (segunda mitad del siglo XVIII) se explicita el uso de acero alemán, a razón de 1 quintal por temporada (Marsan, 1900).

## **SOBRE LA UBICACIÓN DE LAS MINAS**

Uno de los temas interesantes en la historia del hierro de Bielsa es la ubicación de las minas. Pallaruelo (1994) cita las de Mener y el Plan de Lorés, a finales del siglo XVI. Señala que el Concejo de Bielsa había gastado considerables sumas en el mantenimiento del camino del Plan de Lorés con Parzán. Nieto (1996), basándose en los escritos de Ignacio de Asso, las ubica hacia Marboré, por Treserols. Vivez (2002) ya se decanta por el pico Mener y encuentra actividad minera ascendiendo por el barranco homónimo. Pero no son las únicas, por lo que vale la pena señalar otras referencias de interés.

Quizás la primera visita técnica a las minas la hace William Bowles en 1753, cuando descubre, para el reino de España, la verdadera naturaleza del cobalto de San Juan de Plan, en episodio ya descrito en Solana (2020). El ingeniero irlandés escribió: “No obstante la grandísima altura de este país, y el frío que reyna en él por más de nueve meses, hay tres minas de plomo, otra de cobre en las cercanías de Plan, y una de buen hierro en Bielsa, que se beneficia con inteligencia” (Bowles, 1782). Vista su forma de trabajar, sería raro que hablara solo de oídas.

Son claras las relaciones entre los valles de Bielsa y Gistau con sus vecinos franceses, como señala en su cuaderno de campo Ramond de Carbonnières, en sus carnés redactados entre 1792 y 1795. Durante la segunda mitad del siglo XVIII el interés de los franceses por las minas es constante, incluido el extraño y rápido viaje de Chrétien-Guillaume de Lamoignon de Malesherbes, conocido científico y naturalista francés, a las minas de San Juan de Plan (Lamicq, 1990). Merecerían estudios específicos este viaje, el arrendamiento posterior de las minas por otro francés y el beneficio del cobalto en Bagnères-de-Luchon que cita Solana (2020) en su interesante trabajo, así como la corta y la compra por los franceses de fustes de calidad en la vertiente española y su arrastre por el puerto del mismo

nombre hacia el Garona, vista por Ramond de Carbonnières, y el no menos extraño asunto del túnel del puerto de La Pez. Otro visitante ilustre de la zona fue el naturalista Pierre Bernard Palassou, pionero de la geología pirenaica, quien redacta un detallado libro sobre la geología de la vertiente francesa del Pirineo (Palassou, 1784). Aunque se centra en la vertiente norte, menciona una visita al valle de Bielsa, aunque manifiesta haber perdido las notas y escribir de memoria. Dice que desciende el puerto de Bielsa entre grandes precipicios. Pasado el Hospital, en la orilla izquierda, señala una montaña que contiene una mina de hierro espático amarillo y negro. El mineral molido en pequeños trozos se lanza por un canal de madera de 280 toesas (unos 545 metros) y luego otro de 600 toesas (1168 metros) para ser calcinado en tres hornos al pie de la montaña. Luego se convierte en hierro en los hornos bajos de Bielsa y Salinas. También da detalles de una mina de plomo antes de llegar a Bielsa, en la orilla derecha, la actual mina Ana, de la que presenta el análisis del contenido en plata de dos tipos de galena.

La guerra del Rosellón con la Francia revolucionaria, también conocida como *de la Convención*, desde marzo de 1793 a julio de 1795, atrajo la atención de autoridades y militares españoles sobre la frontera pirenaica aragonesa. En el otoño de 1794 el comisario Francisco Zamora redacta un informe sobre su visita al Pirineo altoaragonés dado a conocer por Buil (1997). Señala que la herrería estaba en San Juan. Más adelante escribe: “Hay en Gistau una mina de hierro que está en el término que llama Comuna, y también parece que pertenece a Bielsa por estar en los límites de Gistau y Bielsa”. Al año siguiente, una mina de hierro en el pico Mener fue señalada en el mapa militar de Baccigalupi (1795) (fig. 1).

La guerra de la Convención, aparentemente muy suave en esta zona, debió de interrumpir los intercambios comerciales más manifiestos, como madera y minerales, pero estos se reanudarían tras el Tratado de San Ildefonso. Unos años más tarde Ignacio de Asso señalaba escuetamente: “Hai en los términos de Bielsa abundantes minas de hierro espatoso y hematites, de galena” (Asso, 1798).

A partir del 2 de mayo de 1808 estos valles plantearon limitar sus obligaciones militares a que los pastores vigilaran sus puertos. La llegada de tropas del corregimiento de Barbastro dirigidas por José Sangenis, acuarteladas en



**Fig. 1.** Localización de una mina de hierro en la zona del barranco Menera. Fragmento del mapa de Baccigalupi (1795).

el collado de la Cruz de Guardia, además de tener problemas en Bielsa, conllevó una razia ganadera en los pastos franceses del puerto de La Pez. Esto debía de ser algo inusual en las costumbres de *lies et passerries*, dado que en los siguientes días se producen contraataques franceses en el mismo puerto e incluso un parlamento bajo bandera blanca con el simple objetivo de recuperar el ganado. Luego, destinados los militares a Zaragoza, parece reinar la paz en los valles durante meses. En noviembre de 1809 los franceses ocupan Bielsa y Plan y durante dos años hay una paz relativa. En 1812 se produce un frustrado ataque español a Bielsa, que defienden sus vecinos junto con otros de Aragnouet. Como consecuencia, cuando se reducen las guarniciones francesas en el otoño de 1812, la guerrilla detiene al alcalde de Bielsa y al administrador. Conducidos a Barbastro, son condenados por flagrante traición y, devueltos a Bielsa, ahorcados para dar ejemplo (Gui-rao, 2008): patriotismo nacional frente a relaciones locales. Las relaciones con Francia se interrumpen al acabar la guerra y la consiguiente expulsión de los franceses afincados. Pero curiosamente, como señalan Salas (1993), Jarque y Salas (1997) y Nieto (1996), la gran mayoría de los operarios franceses de las herrerías de San Juan de Plan no fueron expulsados “por no haber



españoles inteligentes en dichas operaciones de fundición de yerro”. En cuanto a la exportación de madera, no está claro si esta cesa y se reanuda tras la guerra. Pero la demanda para construcción naval disminuye drásticamente conforme se sustituye la madera por el hierro y las velas por el vapor desde 1820. Quedan los minerales no férreos, especialmente el plomo, pero eso es otra historia que necesita una monografía específica.

Es más que posible que se siguiera produciendo hierro en Bielsa durante la guerra de la Independencia. El ingeniero de minas suizo Jean de Charpentier (Johann von Charpentier) abandona en 1808 el Consejo de las minas de Silesia para dirigir primero las minas de cobre de Baigorri, luego una forja a la catalana en Angoumer, en el Ariège, hasta el verano de 1810, para luego permanecer dos años instalado más en Toulouse, visitando la cadena. En los inviernos redactó tres trabajos de geología, de topografía y de la metalurgia a la catalana. En 1823 editó una síntesis de la geología pirenaica y un excelente mapa geológico. Recorrió a fondo la cadena y, desde luego, estuvo en Mener. Así, señala la existencia de oligisto en

la montagne de Méner et de Parletto, dans la vallée de la Cinca ou de Bielsa en Aragon [...] À la montagne de Méner, dans la vallée de Cinca en Aragon, j'ai vu sur le chemin, et à une heure avant d'arriver à la mine de fer qu'on y exploite pour la forge de Bielsa, une couche de schiste micacé passant au schiste argileux, de deux toises d'épaisseur [...] Des blocs détachés de la même roche se rencontrent dans la montagne de Parletto [...] Plusieurs couches calcaires alternant avec le granite s'observent encore à peu de distance de la mine de fer que l'on extrait dans les montagnes de Méner, dans la vallée de Cinca ou de Bielsa, en Aragon. Le rocher est à découvert sur une étendue assez considérable pour bien observer ce gisement. Ces couches ont depuis trois jusqu'à six pieds d'épaisseur. Le calcaire qui les compose est en général à petits grains, qui quelquefois deviennent si fins que la roche paraît être compacte.

Sobre las minas de hierro, escribe:

Deux se trouvent dans la vallée de la Cinca ou de Bielsa en Aragon: l'un dans la montagne de Méner, au nord-est de Bielsa; et l'autre dans celle de Parletto, à l'est de la même ville. Ils consistent l'un et l'autre en fer spathique à l'ordinaire très altéré, d'un rouge brunâtre et noirâtre, et d'une cassure compacte. Il est accompagné de fer oligiste, d'oxide de manganèse argentin, et d'un peu de pyrite martiale et cuivreuse. Cette mine forme des rognons ou des couches courtes et épaisses dans ces deux montagnes. Le volume de ces masses varie beaucoup, car on en trouve depuis quelques pouces jusqu'à 20 toises de longueur et 3 toises d'épaisseur. (Charpentier, 1823)

Tres décadas más tarde, Pascual Madoz, quien conocía la provincia, señaló en su diccionario (en realidad, enciclopedia geográfica para uso fiscal): “La que actualmente y hace muchos años se explota con inteligencia, es la de Bielsa, y de ella sacan un hierro durísimo como el acero, conservándose por tradición que del hierro de esta mina se fabricaban las armas famosas por su temple que dieron nombre a la ciudad de Barbastro” (Madoz, 1847).

### **Los ingenieros de minas españoles del siglo XIX**

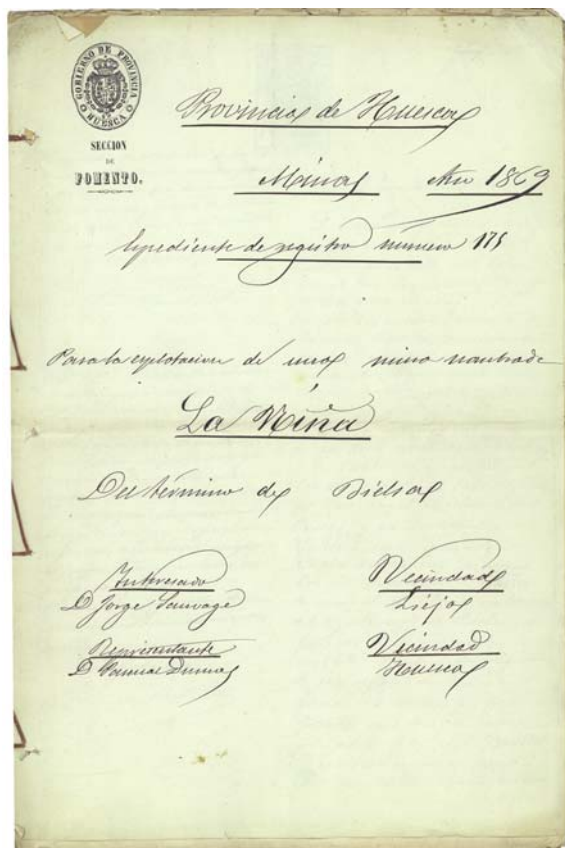
El ingeniero de minas Amalio Maestre Ibáñez escribió: “El granito es pobre en sustancias metálicas; sin embargo, en él se hallan filones de galena en Boadella (Gerona); Bielsa, Gistaín, Benasque... (Huesca); el hierro forma capas gruesas y de corta extensión o sean masas informes, como se ve en las inmediaciones del mismo Bielsa, siendo compuestas de hierro espático y oligisto, óxido de manganeso, galena y piritas de cobre y hierro” (Maestre, 1845). Dos años más tarde José Aldama Ayala, también ingeniero de Minas, quien claramente ha estado en los valles de Bielsa y Gistau, señala: “Los hierros no se benefician más que en varias forjas a la Catalana, que hay en el valle de Bielsa, presentándose este mineral en sus varios estados de oxidación, acompañado del magnético, oligisto y espático” (Aldama, 1846). Este autor señala varias minas en la zona, pero nada dice de la de hierro.

De la misma profesión era el oscense Lucas Mallada, gran conocedor de la provincia y sus riquezas geológicas y mineralógicas, quien recorrió el Alto Aragón en varios meses de 1874, 1875 y 1877 (Cuchí, 2017). Desde luego, estuvo en la zona. En sus dos obras sobre este territorio señala: “De los de hierro solo voy a decir cuatro palabras. Las dos principales son las de Aneto [...] y el del monte Mened, frente al Barrosa, en Bielsa. En ambos sitios el hierro hidroxidado rojo y parduzco ha sido explotado y hasta llegó a instalarse junto a la última villa una fondería o forja, que después de funcionar poco tiempo fue abandonada, y hoy no queda de ella más que ruinas” (Mallada, 1875). Tres años más tarde, en el trabajo final, escribía: “El criadero de hierro más importante que hay en la provincia está situado en la montaña Mened, entre la ribera de Tringonier y la de Ordeceto, frente al Barrosa (valle de Bielsa). Gruesos bancos de hierro hidroxidado rojo se

encuentran en la separación del granito y el terreno de transición, los cuales en años anteriores fueron objeto de beneficio, habiéndose instalado una forja (fondería) en la villa de Bielsa, hoy en ruinas. Tenía fama el hierro de esta localidad de ser de mucha dureza, y por lo tanto muy a propósito para herramientas” (Mallada, 1878).

### George Sauvage y la Exposición de París de 1867

Hacia 1860 aparece en la zona George Sauvage, ingeniero belga de Lieja. En 1859, con cuarenta y seis años y como vecino de Bielsa, calle de la Fábrica, número 3, solicitó una explotación (fig. 2) de plomo de cuatro



**Fig. 2.** Expediente minero de mina La Niña, solicitada por George Sauvage en 1869 (AHPHu\_IN\_00199\_0175\_0001).

pertenencias en Bielsa, de nombre *La Niña*, en Mallorruogo (Barrosa), con centro en una calicata. La información pública aparece publicada con fecha 24 de noviembre de 1869 en el *Boletín Oficial de la Provincia de Huesca* (ES/AHPHu\_IN\_000199/000175). La demarcación se hace el 22 de agosto de 1870. También solicita otra bajo el nombre de *La Merced*, de otras cuatro pertenencias, en el mismo paraje que queda a información pública en el mismo *BOPHu*. Mallada (1878) señala que “la ubicación de Merced, Hermosa y Niña, así la mina Maravilla, en el monte Ariferera, de labores mínimas con un contenido de 1190 gramos de plata por tonelada de plomo. Más plata había en Esperanza y Justicia, que registró al sur de Peña Suelza, en el término de Sin”.

Estas concesiones, junto con otras cuatro más (*Hermosa*, 4 hectáreas; *La Maravilla*, 10 hectáreas; *Belsetana*, 10 hectáreas, y *Riojana*, de 12 hectáreas, en Gistaín, de plomo y cobre), caducan en 1884 por impago de la importante cantidad de 6908 pesetas.

La personalidad de Sauvage impresionó a Lucas Mallada quien escribió en 1878:

Hace unos diez años fueron registrados sus principales filones [Monte Ruego... Cao... Ordiceto... Barleto] por una persona muy inteligente y laboriosa, D. Jorge Sauvage, que supo vencer a fuerza de constancia los múltiples obstáculos que se le opusieron en su comienzo. Desgraciadamente su muerte causó hace algunos años la total paralización de los trabajos, y no parece vislumbrarse hasta la fecha señales de que se emprendan de nuevo.

Por otro lado, a partir de un manuscrito de Fuentes Birlain, que se analiza más adelante, visto por Vivez (2012a) en los archivos privados de José María Núñez se cita:

De un lado, la muerte en Bielsa de Mr. Sauvage, por cuyo desgraciado motivo se paralizaron estos interesantísimos trabajos, incluso la construcción de un ferrocarril, que para las explotaciones dichas, proyectaba, y de otro la difícil competencia de estos hierros con los de Vizcaya, que entonces procedían de yacimientos industrialmente jóvenes, y aunque los minerales de Bielsa obtuvieron, según nos han dicho, las mejores recompensas en la Exposición que en 1867 se celebró en París, hubo que abandonar este negocio, por lo difícil y costoso que resultaba el llevar los productos a la costa.

Dubois (2020) señala sobre este emprendedor:

En 1860 la Société des Mines de Sentein nomme un nouveau directeur technique: G. Sauvage qui tente de redresser l'entreprise durant deux ans.

Dans les années qui suivent, on trouve un Georges Sauvage qui dirige les mines de fer et les fourneaux de Parzán. Il aurait alors obtenu une récompense à l'Exposition Universelle de Paris en 1867. Il ouvre également de petites mines de galène argentifère dans le massif de Suelza. Nous ne savons rien de ce personnage, sauf qu'il ne s'agit d'aucun des deux ingénieurs du Corps des Mines de ce nom.

La presencia de Sauvage como expositor galardonado con hierro de Bielsa en la Exposición de París se repite en otros escritos y se recuerda en la zona. Pero no figura su presencia como expositor en Castro Serrano (1867), Comisión Regia de España (1867) y Orellana (1867) donde hay referencia a hierros españoles de hornos altos y bajos de Asturias, Vizcaya, Navarra y Guipúzcoa. En la citada exposición se presentaron, e incluso tuvieron premios y menciones, varios altoaragoneses como Anselmo Sopena (carbón de encina), Juan Lino Lasierra (garnacha y trigo), Serafín Casas (nueces de Fornillos), Blas Ballarín, de Sarvisé (cecina de oveja), Rafael Montestruc (cemento romano), José Oncins, de Muro de Roda (miel), Ángel Fortón, de Huerto (trigo y gusanos de seda), José Buil, de Castejón de Monegros (lana), y otros. Sin embargo, no aparece el apellido de Sauvage en el listado de expositores españoles, ni hay cita a mina alguna de hierro, plomo o cobalto en la provincia de Huesca en la Exposición de París. ¿Quizás Sauvage se presentó por otro país? Tal vez simplemente asistió y esto ha quedado magnificado y perpetuado en el ideario local.

A pesar de las informaciones, que se copian en otros trabajos, todo hace pensar que la mina deja de funcionar hacia el primer tercio del siglo XIX. En 1886, en la *Estadística minera de España* se informaba: “también siguió sin explotación la mina Imperdible, del término de Bielsa, y probablemente pasará muchos años en idéntica situación, por encontrarse en sitio muy escabroso y apartado de toda vía de comunicación” (Junta Superior Facultativa de Minería, 1886). Presidida por Escosura, se intuye que Lucas Mallada no debía de andar muy lejos. Como se señala más adelante, es posible que esta mina estuviera en Barleto.

## **LAS SOLICITUDES EN EL DISTRITO MINERO DE ZARAGOZA**

En la documentación administrativa del Distrito Minero de Zaragoza relacionada con la provincia de Huesca, que se encuentra en la actualidad

en el correspondiente Archivo Histórico Provincial (AHPHu), hay cuarenta y cuatro expedientes de solicitud de minas de hierro en la zona de Bielsa. Algunos tienen cortos desarrollos. Por ejemplo, en septiembre de 1901, Mariano Molina Solanilla, de Barbastro, pide cuarenta y dos pertenencias en Salcorz, bajo el nombre de *Araceli*, centrada en un filón. Renuncia en septiembre de 1902 (AHPHu\_IN\_00193\_0409). Sorprende que alguna, como mina Robert, bien conocida como de plomo y situada en Ruego, se tramitara inicialmente como de hierro. Se resumen, a continuación, los expedientes que se refieren a Mener.

### Pedro Laguna

En los documentos del AHPHu se encuentra un estadillo firmado por Pedro Laguna Rins, donde figura una mina *Imperdible* de cuatro pertenencias en Mené (fig. 3). Laguna, vecino de Gistaín, estuvo activo en la década de 1880. También realizó una solicitud de una mina de aguas subterráneas, llamada *La Montañesa*, de doce pertenencias, luego reducidas a cuatro, en el barranco Lasalata de Sin. El centro de la zona demarcada es una excavación

Provincia de Huesca Año de 1884

Municipio de Sin y Bielsa

*Relación de las concesiones de minas tanto productivas como improductivas pertenientes a este municipio*

Pertenencias de las concesiones			n.º de pertenencias	Superficie de terreno en el punto de concesión	Observaciones		M.º de concesión	M.º de concesión	Clase social	Producción	Esp. de concesión	Vencimiento de concesión	Observaciones
Minas	Terrenos	Industrias			Superficie	Observaciones							
Mené	Imperdible		4	400					Hierro				
Bielsa	La Virgen de Nave		4	400					Hierro				
Sin	Montañesa		4	400					Hierro				

Gistaín Sin Huesca 1884  
Pedro Laguna

**Fig. 3.** Estadillo de concesiones de Pedro Laguna en noviembre de 1884. Figura la mina *Imperdible* en Mené por 4 pertenencias.

existente, esto sugiere una mina metálica. También solicitó la mina *Poderosa*, de Bielsa. Sería interesante profundizar la relación de esta persona con Amado Laguna de Rins, de origen chistavino, empresario y alcalde de Zaragoza y fundador de la zaragozana empresa metalúrgica Laguna de Rins, S. A.

### **Blas Sorribas**

El oscense e ingeniero de Caminos, Blas Sorribas Basarán, solicitó, el 28 de julio de 1899, cuarenta pertenencias de hierro, bajo el nombre de *Asunción*, situada en el paraje que llaman Mener, lindante al norte con Mener, al sur con cubilar de abajo, al este Ordiceto y Estibeta de Mener y al oeste con el barranco de Mener y el río Barrosa. El centro se colocaba en el cruce del eje del barranco de Mener con el filón de hierro, en el sitio llamado *Pasador de la Cantera*. En la demarcación, a la que asisten Juan Bautista Regné de Barbastro y Miguel de Buerba, de Parzán, se señala el cubilar dalto y el pinar de Seberolas. Se acepta la renuncia el 12 de octubre de 1908 (ES/AHPHu\_IN\_000194/000138). Vivez (2012) señala que Sorribas presentó, en 1898, el primer proyecto de teleférico en la prefectura de Hautes Pyrénées. El ingeniero oscense estuvo involucrado en varias solicitudes mineras en el cambio de siglo, contando con su colega Severino Bello, el ingeniero del pantano de La Peña, como representante. No parece que se implicaran en actividades mineras reales, con actividad sobre el terreno.

### **Martín Beurco**

En 1962, Martín Beurco Zabalbeitia, de San Salvador de Valle (Vizcaya), solicita 180 pertenencias, de nombre *Mirenchu*, con centro en el cruce del eje del barranco de Mener en la pasada de la Cantera. Se cancela administrativamente en mayo de 1963, por no presentar documentos en tiempo reglamentario (ES/AHPHu\_IN\_000189/001915). Se ignora si se realizó algún trabajo en relación con esta solicitud.

### **José María Núñez Isac**

La figura de José María Núñez Isac (1898-1978) es fundamental para entender la minería de la cuenca alta del Cinca durante el siglo XX como se

observa en Vivez (2004) y Calvo y Calvo (2011). Registrador de la Propiedad en Boltaña, empresario de la nueva central hidroeléctrica de Broto en 1960 (Founaud, 2017). Ya antes de la Guerra Civil, desde 1929 crea la Sociedad Minero Metalúrgica de Boltaña tras haber sido consejero delegado de la Sociéte des mines de Parzán. A partir de la guerra, donde se le considera perseguido, se dedica a numerosas actividades relacionadas con la industria y la minería. Merecería una adecuada biografía. Por ejemplo, se interesa en varios expedientes en el embotellado de aguas de la fuente termal de Puyarruego. Aunque parece centrar sus esfuerzos en el plomo, no es ajeno al tema del hierro. De sus archivos personales, que parecen haberse perdido, Philippe Vivez señaló un informe mecanografiado y sin fecha de Julio Fuentes Birlayn sobre un coto minero de hierro en el monte Mener.

### **La memoria de Julio Fuentes Birlain**

Como se acaba de señalar, se redactó en fecha desconocida un informe sobre Mener firmado por Julio Fuentes. Lo único que se conoce, por ahora, es la transcripción que hace Vivez (2004). En este se señala la demarcación de un coto minero denominado *Dos Hermanos*, que no se ha localizado en la documentación del Registro Minero del AHPHu vía DARA. El informe identifica una extracción somera, que “apenas pudo pasar de las 500 toneladas” a unos 70 metros al suroeste del pico Mener, en un filón de unos 60 metros de longitud, en dirección N-350. Asimismo, señala un afloramiento de pirita en la confluencia de dos barrancos. Habla de varios socavones y presenta un análisis del mineral, con un 52,02 % de hierro y 1,81 % de manganeso. Parece que el redactor del informe tenía algunos conocimientos de geología, aunque la referencia al mineral como “hematites parda y roja, esta última amorfa, compacta y de la especie sanidina”, es incoherente, dado que la última es un feldespató alcalino. Pudiera ser un error de transcripción.

Por el momento, no se ha encontrado ninguna referencia técnica al presunto firmante, relacionada con el mundo de la minería. El único Julio Fuentes Birlain, también referido como Byrlain o Birlayn que se ha encontrado es un oficial de Marina, primer teniente en 1913 y retirado como teniente coronel el 14 de diciembre de 1943. Hay que señalar que sí hay más información sobre el ingeniero industrial Ubaldo Fuentes Birlayn, más

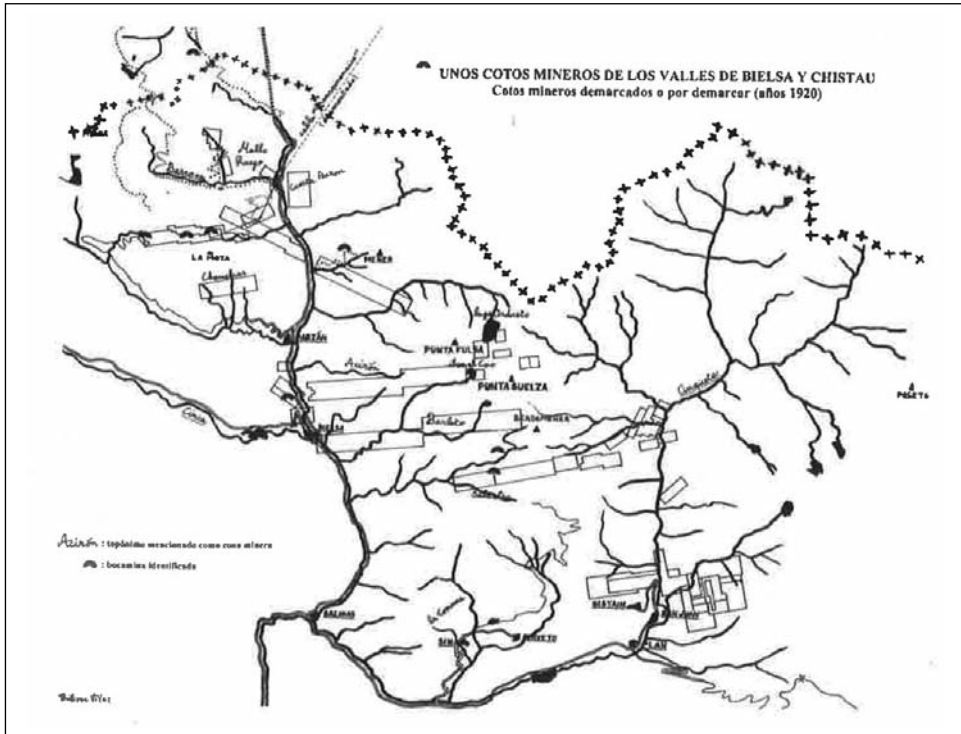


que posible hermano del anterior. En 1919 solicitó una mina de 100 pertenencias, denominada *Loreto* en Bielsa, con centro en Tringonier en una cueva situada en la orilla izquierda bajo el calzil de los Esternils de Mener; otra, de igual cabida denominada *Carmen*, en Mener con centro en la fuente Tremolosa y una tercera denominada *San Francisco de Paula*. A la demarcación de la primera asisten como testigos Domingo Ferrer y Antonio Abeillán, de Bielsa, pero no se presentó ni el denunciante ni representante suyo. Se señala que el punto de origen es el mismo que el de la caducada concesión *Carmencita*. Renuncia en 1921 (ES/AHPHu\_IN\_000196/001178).

Ubaldo Fuentes estudió segunda enseñanza en La Habana en 1897-1898. Fue concesionario del tranvía de Cádiz en 1905 y director de la Sociedad Eléctrica Faro de San Vicente (Estepa). Trabajó para la empresa belga AEG / Thomson Houston Ibérica. Para esta propuso una central hidroeléctrica en Esterri de Aneu en 1906 y actuó, en nombre de la empresa en la constitución de la Compañía arrendataria de los tranvías de Gijón en 1908 (Alvar González, 1985). Señalado mayor contribuyente de Almansa en 1916, se interesó en política en su localidad (Pereda, 2017). A partir de estas informaciones es muy posible que Ubaldo utilizara a su hermano como firmante. El documento parece un tanteo especulativo de fecha anterior a 1920 y puede ser puesto en relación con la demanda de mineral durante la Primera Guerra Mundial.

### Los trabajos de Philippe Vivez

Ya se ha señalado el apasionado trabajo del bordelés Philippe Vivez sobre el tema de la minería en Bielsa. Vivez (2002) se refiere específicamente a la producción de hierro a partir de mineral del monte Mener, que identifica como la ubicación principal de las minas de hierro de Bielsa. Realiza un análisis de las fuentes bibliográficas ya citadas, a los que añade la única información disponible sobre el informe de Fuentes Byrlain (s. f.). También maneja fuentes francesas como Palassou (1784). En su publicación describe una visita al pico Mener ascendiendo por el barranco homónimo. Desde la borda de Mener localiza trazos de caminos, varias bocas de minas y alguna ruina de reducidas dimensiones. En Vivez (2012b) presenta un plano general de concesiones en Bielsa y Gistaín (fig. 4).



**Fig. 4.** Esquema de concesiones mineras en el valle de Gistau y Bielsa, en Vivez (2012b).

## ACTIVIDADES DE UBICACIÓN DE LAS MINAS DE MENER EN 2021

A partir de la información existente, especialmente de Philippe Vivez, se realizaron cinco visitas a la zona del pico Mener, en el verano de 2021, para documentar las posibles labores mineras y obras complementarias. Las dos primeras se realizaron desde las inmediaciones de la central de Urdiceto. Otra se realizó por el barranco de Tringonier hasta los lagos de Mener. La siguiente, en ascenso por el barranco de Mener y descenso por el mismo, desde la central de Barrosa, aunque se inició desde el aparcamiento de Tringonier. En la última se inició desde la gran curva de la pista de Urdiceto y se finalizó en la central hidroeléctrica de Barrosa.

La búsqueda fue compleja y pretendía los siguientes objetivos:

1. Localizar actividad minera en el entorno del pico Mener.

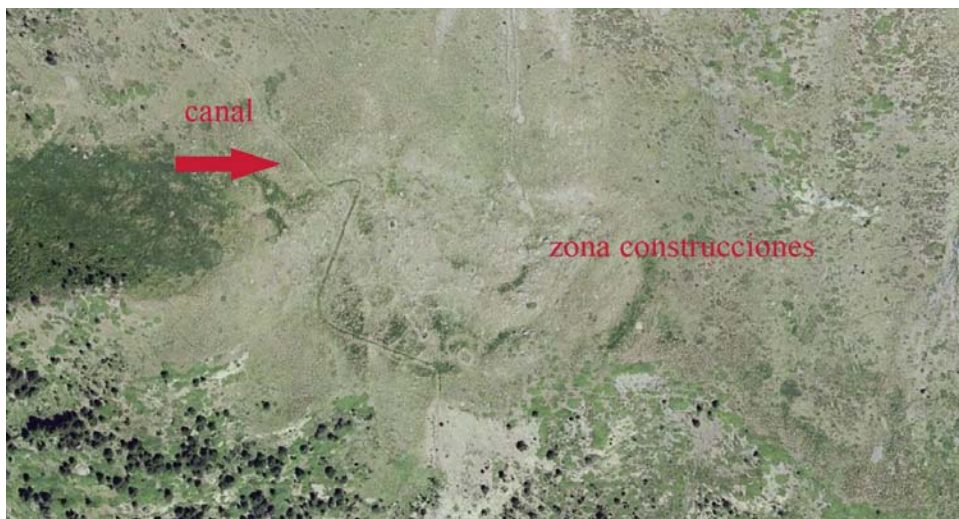
2. Localizar edificios para servicio de los mineros, incluyendo posibles fundiciones.
3. Identificar antiguos caminos para el transporte del mineral a las *fargas* históricas que se conocen (Bielsa, Javierre, San Juan de Plan y Salinas).

El 15 de junio se ascendió por el valle de Tringonier, desde la antigua aduana en la A-138 por la senda que asciende, en dirección suroeste-noreste. Hacia la cota 2000 se llega a una zona llana donde está el refugio y el valle principal se dirige al norte hacia el collado de Tringonier, por el que se puede ir a Moudang. De la zona llana se puede hacer un flanqueo, sin camino claro, hacia el sureste y luego suroeste, hasta alcanzar los lagos de Mener (2250 metros), albergados por morrenas. Hay indicios de mineral de hierro en esta zona, básicamente rellenando fisuras de roca e incluso cementando brechas. No se observaron labores mineras aunque sí algunas sendas ganaderas que descienden hacia los lagos desde los collados que dan al valle de Urdiceto.

Desde Urdiceto, única pista para vehículos todo terreno que asciende a 2300 metros, se localizó una senda perdida hacia la cota 2000, en la gran curva. A partir de la observación previa de una de las autoras (Ana Ortas) se llegó inicialmente a la zona denominada *Las Pardinias*, donde se observaron varias construcciones de diverso tamaño (fig. 5, coordenadas centrales ETRS89. EPSG 25831, X: 276 537, Y: 4728 940; 2180 metros s. n. m.). Está alejado del puerto de Urdiceto y del paso de los caballos y, como el lugar es propenso a avalanchas, podría descartarse su uso en temporada con nieves. Se localizan varias construcciones circulares, como las de la figura 6, aunque también se ha encontrado una edificación cuadrada de tipología ganadera. A la zona llega un canal de agua desde un cercano barranco (fig. 7). Tras recorrerlo se revisó un canchal cercano al barranco donde se tomaba el agua, en el que se veía un indicio de mineralizaciones de hierro en granito, pero no se localizó ninguna labor.

En un segundo intento se avanzó por el camino ganadero que asciende desde Las Pardinias hacia el noreste. Se alcanzó otra hombrera donde hay un par de construcciones circulares.

El tercer ascenso (17 de julio de 2021), esta vez desde el río Barrosa, por la orilla izquierda del barranco de Mener, permitió localizar un camino



**Fig. 5.** Ubicación del canal y de diversas construcciones en Las Pardinas (Urdiceto).



**Fig. 6.** Detalle de construcciones circulares en Las Pardinas.



**Fig. 7.** Detalle del canal en Las Pardinas.

de obras del canal de la central de Barrosa, seguido de una senda que continúa el ascenso hasta finalizar el bosque cerrado cerca de un pequeño rellano (X: 272 456, Y: 4729 156; 1647 metros s. n. m.). Se continúa el ascenso entre canchales por una zona de grandes árboles espaciados con aspecto de trasmochos. Se llega así a los restos de una pequeña cabaña rectangular (fig. 8) de la que salen la traza de una senda horizontal en dirección oeste que lleva



**Fig. 8.** Restos de edificio en las cercanías de la mina.



**Fig. 9.** Vista aérea del vallecito y ubicación de la mina.



**Fig. 10.** Detalle de la mina inundada en la zona inferior de Mener.



**Fig. 11.** Lámpara de aceite en la mina de la zona inferior de Mener.

a un inmediato vallecito (fig. 9) donde aflora una pizarra oscura paleozoi-  
ca (fig. 10). En este se localizó una mina de unos 60 metros de longitud,  
abierta en roca granitoide. Las coordenadas aproximadas de la bocamina  
son las siguientes: X: 272 736, Y: 4729 321; 2180 metros s. n. m. La boca  
de la mina está prácticamente tapada y la galería inundada (fig. 8). Se loca-  
lizó en el interior una lámpara de aceite (fig. 11). No se encontró dentro ras-  
tro de mineral metálico ni había escombrera en el exterior. Es complicado  
conocer el mineral que se llegó a explotar, pero no parece que sea mineral  
de hierro. Se descarta que esté relacionada con el hierro de Mener.

De la cabaña sale otra senda en dirección opuesta a la primera, como  
señala Vivez (2004). Está muy perdida y para descender a la senda marcada  
hay que hacerlo por varias pedreras.

Posteriormente, el 11 de agosto, se realizó una segunda travesía completa desde la curva ya mencionada de la pista de Urdiceto por Las Pardinás. Tras llegar a la segunda hombrera, y dejar abajo un sendero aparente que parece contornear el pico por el oeste, se subió a los collados entre Urdiceto y los lagos de Mener. Desde allí se siguió la cresta hasta la cima Mener meridional (2451 metros s. n. m.) y cruzando un collado herboso hasta la cima norte (2452 metros). Al descender por la divisoria de los barrancos Tringonier y Mener se localizaron los primeros indicios de mineral y se tomaron muestras (X: 273 555, Y: 4729 696; 2327 metros s. n. m.). Un poco más abajo se observan antiguas excavaciones, al aire libre, de modesto tamaño, pero no se localizaron bocaminas (fig. 12; X: 273 702, Y: 4729 555; 2403 metros s. n. m.). Descendiendo aún más por la cresta, se observa, en las cercanías de un gran desprendimiento calcáreo, un cortado con aspecto de haber sido trabajado, también al aire libre (fig. 13). Los volúmenes extraídos no parecen superar unos pocos cientos de metros cúbicos, en concordancia con el estudio de Fuentes Byrlain.

Al pie del cortado y en las cercanías del gran desprendimiento calcáreo hay acopios de mineral (fig. 14) y un rellano artificial (fig. 15). En las cercanías, junto a la base del deslizamiento hay restos de alguna cabaña circular (X: 273 291, Y: 4729 635; 2200 metros s. n. m.). El material del deslizamiento tiene aspecto de mármol grisáceo, blanco al corte fresco, probablemente la roca blanca observada por Vivez (2004). La figura 16 presenta una imagen aérea de esta zona. En la zona, también con fotografía



**Fig. 12.** Cima de Mener desde la zona de extracciones antiguas.



**Fig. 13.** Vista del cortado con aspecto de haber sido trabajado.



**Fig. 14.** Acopios de mineral en el pie del corte de la figura 11.



**Fig. 15.** Terraplenes en el pie del cortado y desprendimiento.



**Fig. 16.** Imagen aérea de la zona de minas superior. (IGN, Iberpix 2121)



**Fig. 17.** Zanja a cielo abierto  
(X: 273 292, Y: 4729 472;  
2042 metros s. n. m.).



**Fig. 18.** Muestra de pirita en escombrera de la zanja  
(X: 273 292, Y: 4729 472; 2042 metros s. n. m.).

aérea, se observan restos de senderos que se dirigen por la zona de tascas hacia el sur y que parecen contornar Mener. Enlazarían con los ya reconocidos en Las Pardinás hacia Urdiceto. Desde esta zona, se observa una escombrera a menor cota, en las cercanías de una confluencia de barrancos, levemente por encima de donde comienza el bosque de pino negro. En este lugar (X: 273 292, Y: 4729 472; 2042 metros s. n. m.) hay una zanja de unos 3 metros de ancho y unos 6 de profundidad (fig. 17). En la inmediata escombrera se tomaron muestras de la abundante pirita que allí se encuentra (fig. 18).

Descendiendo por el pinar, con cierta dificultad y sin sendero aparente, se alcanza la mina de las figuras 6 a 8. Y desde allí, tras bajar por la zona de canchales, se alcanza la senda que desciende al camino del canal de la central de Barrosa y la borda de Mener.

## Geología

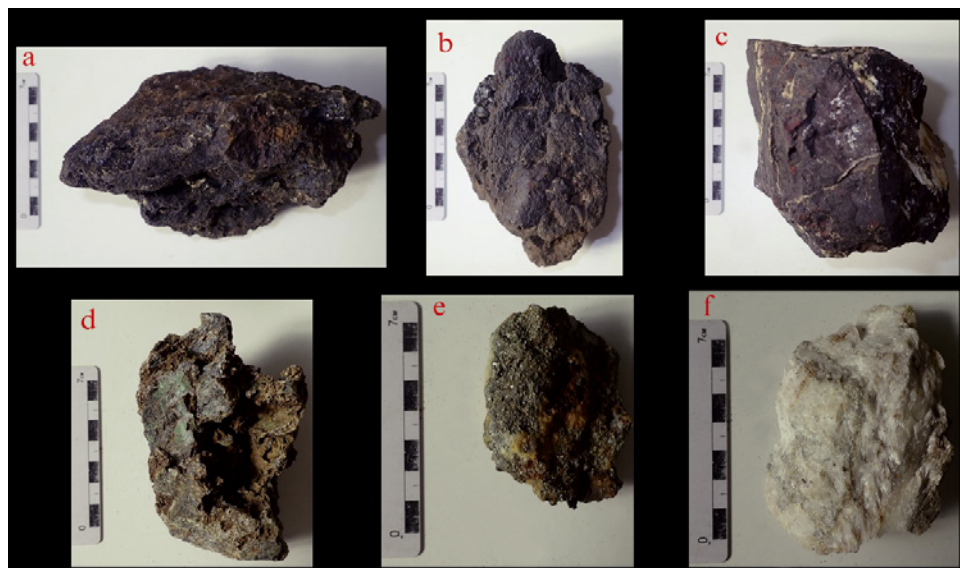
Un estudio geológico específico sobre las mineralizaciones de hierro del entorno del pico Mener sería una línea de investigación interesante y deseable que se desarrollará en el futuro, pero excede los objetivos de este artículo. Sin embargo, se pueden apuntar algunas primeras observaciones.



La zona de las mineralizaciones localizadas a mayor altura son las que tienen un mayor interés en la búsqueda del hierro de Bielsa. Aparecen estas en filones de dirección nornoreste-sursuroeste en cuarcitas del Ordovícico. El más importante, en la figura 16, es el que se encuentra en las cercanías de un afloramiento calcáreo marmolizado, con aspecto de deslizamiento de ladera. Las observaciones señalan a una extracción a cielo abierto.

La trinchera de pirita se encuentra hacia el contacto de las cuarcitas con el granito. Y la galería de la zona inferior, se abre en un granitoide, pero parte de una zona de contacto mecánico con presencia de pizarras negras, que quizás hicieran pensar en posibles explotaciones carboníferas (¿grafito?) o en mineral de plomo.

Se tomaron diversas muestras que se han analizado en el laboratorio de la Escuela Politécnica Superior de Huesca mediante un equipo portátil de fluorescencia de rayos X (pXRF). El equipo analiza la superficie de los objetos estudiados y determina elementos por encima del número atómico del sodio, englobando los ligeros como BAL. Los resultados se presentan en la tabla 1. Los valores de las muestras ferruginosas (fig. 19, a, b, c) que



**Fig. 19.** Muestras de mineral del pico Mener: a (muestra 1), b (muestra 2) y c (muestra 3), oligisto; d, indicios de cobre (muestra 7); e, pirita (muestra 8); f, mármol (muestra 9).

**Tabla 1.** Resultados, en porcentaje, del análisis de la muestra de minerales del monte Mener mediante un equipo XRF portátil.  
BAL: suma de elementos con Z menor a 23. < LOD: por debajo del límite de detección.

Muestra	Ba	Bal	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca	K	Al	P	Si	S
Muestra 1. Zona negra brillante	0,043	33,025	0,021	< LOD	< LOD	61,267	1,018	0,187	0,141	1,153	0,065	1,969	0,2
Muestra 1. Otra zona negra brillante	0,041	29,277	0,016	< LOD	< LOD	58,463	4,944	0,204	0,179	3,027	0,101	2,776	0,169
Muestra 2. Zona botroidal	0,05	30,666	0,03	< LOD	< LOD	64,713	1,05	0,111	0,121	1,296	0,086	1,448	0,171
Muestra 2. Zona oscura	0,041	27,466	0,014	0,017	< LOD	57,715	4,555	0,682	0,222	4,252	0,116	4,39	0,251
Muestra 3. Zona brillante	0,036	32,951	0,049	0,038	< LOD	53,143	2,987	0,22	0,156	2,565	0,21	7,141	0,31
Muestra 3. Zona brillante 2	0,031	27,708	0,027	0,043	< LOD	60,513	5,037	0,351	0,147	2,125	0,085	2,11	0,246
Muestra 3. Zona blanca	0,007	45,835	0,004	< LOD	< LOD	0,584	< LOD	0,051	0,28	0,761	< LOD	52,289	0,162
Muestra 4. Zona dorada	0,049	24,745	0,025	0,025	< LOD	63,056	4,117	0,165	0,131	3,042	0,099	2,357	0,275
Muestra 5. Zona brillante	0,04	30,863	0,014	0,009	< LOD	57,501	4,262	0,197	0,23	3,212	0,103	3,081	0,271
Muestra 6. Pequeña	0,041	40,191	0,02	< LOD	< LOD	53,123	3,345	0,188	0,065	0,394	0,02	0,841	0,202
Muestra 7. Mancha verdosa	0,039	71,997	0,005	< LOD	7,13	1,317	0,395	0,051	0,876	2,572	0,049	15,257	0,119
Muestra 8. Pirita, cristal	0,047	6,355	0,026	< LOD	0,065	33,653	0,025	0,041	0,105	0,633	< LOD	15,569	43,202
Muestra 9. Mármol	0,034	54,961	0,007	< LOD	< LOD	0,404	0,354	42,185	0,022	< LOD	< LOD	1,762	0,035

no deben considerarse como representativas sino orientativas, presentan un contenido medio en hierro cercano al 60 %. Una de las muestras presenta una pátina verdosa, a modo de recubrimiento de fractura (fig. 19 d) y da un contenido en cobre ligeramente superior al 7 %. La muestra de pirita de la zanja inferior (fig. 19 e) tiene más de un 40 % de azufre. Ninguna de las muestras metálicas presenta valores significativos de plomo o zinc. No hay antimonio, estaño, cadmio plata u oro. La ganga blanca entre el material ferruginoso (fig. 19 c) es cuarzo y el mármol (fig. 19 f) presenta los valores propios del carbonato cálcico.

### ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOGIDA

Parece evidente que existió una zona de extracción de mineral de hierro al aire libre en la zona alta de la ladera oeste del pico Mener. Es posible, sin embargo, que una exploración más detallada permitiera encontrar alguna labor en galería. La información que hemos podido recopilar parece indicar que se aprovechaba mineral superficial, más recolectado que minado. No parecen haber sido explotadas las piritas de la zanja ni tampoco la mina subterránea localizada en cota inferior.

La minería a cielo abierto era ya utilizada desde la Antigüedad, puesto que era mucho más sencillo y menos costoso beneficiar las partes más superficiales de las mineralizaciones que, al oxidarse, como es el caso de la pirita, producían la precipitación de fases secundarias, más enriquecidas en el metal (como sucede con la goetita o la hematites con mayores contenidos en hierro que la pirita), y de más fácil extracción, al ser más blandos que el mineral primario. Estos minerales secundarios conforman el *gossan* o *montera de hierro*, mucho más fácil también de encontrar que la mineralización original, que suele estar a mayor profundidad.

Uno de los temas a analizar son las necesidades de mano de obra. Hay que tener presente que son minas situadas a más de 2000 metros de altura. Además, con las condiciones climatológicas de los siglos XVI-XIX, en plena Pequeña Edad del Hielo, la explotación temporal no podría sobrepasar los seis meses. Así, el 30 de abril de 1663 Bernardo Jordán escribía a Vincencio Juan de Lastanosa diciendo que había estado en la cima del minero y que no había encontrado piedra imán porque “había aún once palmos

de nieve”, al tiempo que le remitía cuarenta y cinco barrillas de hierro (Garcés, 2011).

Como se ha citado, Pallaruelo (1994) estima que en el siglo XVI se producían anualmente cerca de 300 toneladas de hierro en el conjunto de *fargas*, aunque es posible que fuera un pico temporal de demanda. Si lo que explotaban era goetita, que es el aspecto que tenía la mineralización observada, su contenido en hierro está en torno al 63 %. La hematites tiene algo más, un 70 %. Haciendo la estimación de una media de un 60 % en hierro en el mineral, en función de los resultados presentados en la tabla I, el resultado supondría unas 500 toneladas. Asumiendo que por la baja eficacia del sistema se pierda un 20 %, unas 120 toneladas de hierro, sería necesario arrancar un total de 720 toneladas por año. Con la densidad del oligisto (4,27 t/m<sup>3</sup>), habría que arrancar, transportar y procesar un volumen de 170 m<sup>3</sup> de mineral. Con una productividad al aire libre del orden de 1 m<sup>3</sup> por día de trabajo y trabajador, con dos peones se pueden disponer las 720 toneladas anuales en tres meses de trabajo. Añádase un experto que organice el trabajo, seleccione zonas de corta y garantice la calidad del producto y así, con tres personas, se puede gestionar la mina. Pallaruelo (1994) y Nieto (1996) sugieren muy pocos mineros. La herramienta es sencilla. Dada la fracturación de la roca, es muy posible el uso de barrones, cuñas metálicas o de madera, punteros y mallos. Estos últimos se usaban también para reducir el tamaño de los bloques de mineral. El alojamiento de los mineros era precario, del estilo de las espartanas *mallatas* de los pastores locales, que en su día fueron objeto de consideración por Ramond de Carbonnières (1792-1795). Lo observado en la zona de las figuras 13 y 16 son meras chozas o cuevas someras. Es posible que el abastecimiento de agua fuera de fusión de nevero, pero no parece un recurso ni abundante ni de calidad, especialmente para las caballerías.

El siguiente paso era el transporte del mineral a las forjas, elemento clave en el precio final del hierro como se señala en la carta de Juan Joulieu a Vicente de Heredia sobre fábricas de hierro y *fargas* en Bielsa y San Juan, y notas sobre lo mismo, fechadas en Bielsa el 22 de noviembre de 1788 (ES/AHPHu\_F\_000011/000005). Parece que el transporte se realizaba y pagaba de forma independiente al arranque del mineral. Debía ocupar a vecinos y forasteros, con probable preferencia de los primeros. Una de las

funciones de los transportistas era llenar los sacos en las eras, machacando el mineral para mejor transporte. Joulieu señala que las *fargas* ponían sacos a disposición de los trajineros forasteros. Dadas las características del terreno de montaña y la falta de caminos decentes, la carga se realizaba sobre mulos y asnos. Los máximos suelen ser de 150 kilogramos (tres cargas) para los primeros y unos 100 para los segundos, pero probablemente era menor tanto por la distancia como por la calidad de las sendas. La distancia a las *fargas* de Bielsa desde Mener supondría como mínimo unos tres días entre viaje, carga y descarga, pongamos dos viajes por semana. Si la carga se realizaba mediante mulo, a unos 100 kilogramos por cabeza, un tercio menos por burro, los datos de Pallaruelo (1994) supondrían unos 6000 portes por año. Si los caminos a las minas estaban operativos, durante seis meses, en veinticuatro semanas, a dos viajes por semana, suponían cuarenta y ocho viajes. Esto supone unos 125 mulos o unos 210 burros trabajando de continuo. A cuatro caballerías por reata, harían falta de treinta a cincuenta arrieros para el transporte, lo que probablemente sobrepasaba la capacidad de una sola localidad. Un tema a tener en cuenta es la reticencia que tienen las caballerías a pasar por neveros y más si van cargadas.

En cualquier caso, el acceso era largo y tenían que existir lugares de descanso, abrevado y alimentación de hombres y de acémilas. Las construcciones en Las Pardinás, en el valle de Urdiceto parecen haber servido para tal fin. Como señala Pallaruelo (1994), el arreglo de los caminos de acceso, incluido el acondicionamiento de pasos peligrosos, era tema importante. En estos gastos se puede incluir la costosa acequia en Las Pardinás, último punto donde parece encontrarse agua abundante por Urdiceto.

Una cuestión básica era por dónde discurría el camino de acceso desde las minas a las diversas *fargas*. Por el lado de Bielsa, hay tres posibilidades: Tringonier, Mener y Urdiceto. No se ha visto paso desde la zona minada hacia los lagos de Mener y hacia el valle de Tringonier. Desde luego, para ir a Bielsa supondría alargar el camino. El descenso por el barranco de Mener ha sido sugerido por Vivez (2004), pero el camino al canal de la central de Barrosa es reciente y la senda que continúa valle arriba no parece adecuada para caballerías cargadas. Un tema de interés es la referencia que hace Pierre Bernard Palassou sobre grandes planos inclinados desde estas minas (Palassou, 1784). No se han encontrado restos de tal infraestructura

en esta zona. Tampoco parece fácil deducir por dónde pudieran estar. Por otro lado, restos de planos inclinados en madera sí se observan en mina Ana. Quizás se confundió en sus notas.

La tercera opción para salir de Mener sería ir hacia el camino de Urdiceto *por Las Pardinás*. Ya en este valle, hay que descenderlo para llegar a Parzán y Bielsa. Para el valle de Chistén, la salida sería también hacia Urdiceto, y por el *paso de los caballos* bajar por el valle de la Sallena hacia el Cinqueta. Este camino también da paso por el collado de Urdiceto al valle de la Neste de Riou Majou, con lo que un arreglo municipal del camino del valle de Urdiceto tendría más de una función.

Es posible que las forjas de Salinas, muy lejos por ambos caminos, se abastecieran de mineral de otro origen. Zamora en Buil (1997) señala minas en La Comuna, en la linde con Bielsa. También en ES/AHPHu\_F\_000011/000005 aparece la referencia a mineral de Barleto e incluso el interés en trasladar la forja de San Juan de Plan hacia la Inclusa, ya a principios del siglo XIX. Es interesante que Charpentier mencione Mener y Barleto en conjunto, lugares en los que parece haber estado, dados los datos que proporciona. En el Boletín de la *Comisión del Mapa Geológico Nacional* de 1878, hay un trabajo sobre minerales de hierro en España, firmado por D. A. H., donde se dice: “y en las montañas de Bielsa y sitio llamado Barleto, hay un filón de hidróxido de hierro, en el contacto del granito con las pizarras metamórficas” (Comisión del Mapa Geológico de España, 1876). Por su parte, Mallada (1875) señala que la mineralización de este lugar es de plomo y de cobre. En el mapa topográfico del Instituto Geológico Nacional se señala otro topónimo Mener en Barleto y está la denuncia de la Imperdible que registra Pedro Laguna.

De cualquier modo, es muy posible que haya ocultaciones y fraudes en la documentación. Como señalan Calvo y Calvo (2011), durante el siglo XX se registraron como de hierro, minas de plomo. Es posible que el registro, realizado para hacer un menor pago, tuviera alguna justificación geológica. Vivez (2011) señala también minas registradas por la Société Mines de Suelza, formada por Émile Caplong-Durand, Louis Cardeilhac-Cazaux y Norbert Merens-David, de Toulouse (Francia), para la explotación de una mina de plomo y de diecisiete minas de hierro, todas en Punta Suelza (Gistaín).

El carbón vegetal es una materia prima tan importante como el mineral de hierro. Su producción mediante carboneras estaba totalmente deslocalizada, al contrario que las minas, y podía realizarse a menor altura y, por tanto, durante más meses al año, pero necesitaba bosques con árboles adecuados, que luego tenían que recuperarse. En el lado francés está claro que el carboneo para las ferrerías y otros usos ocasionó una clara deforestación (De Dietrich, 1786; Gaussen, 1931; Desplat, 1973; Woronoff, 1984). En el lado español es posible que la expansión histórica de zonas de prados tuviera alguna relación con el carboneo. Una observación interesante es la existencia de trasmochos en la zona media de Mener.

El último paso tras la *farga* era la comercialización del hierro, tema ya estudiado por Pallaruelo (1994) y Nieto (1996). En González-Tascón (1999) aparecen precios de objetos de hierro de Bielsa, situados en Zaragoza en 1568: 14 sueldos para una azada ancha, 13,3 para una azada-pico y 10 sueldos para un azadón estrecho. En el mismo texto se señala que 1 sueldo era equivalente a un poco más de 10,2 euros actuales. Otra vez el transporte tenía un evidente peso en el precio final. En la Antigüedad esto protegía la zona aragonesa de la competencia del hierro del Ariège, pero tenía que sufrir la competencia del hierro turolense, zaragozano, navarro y guipuzcoano, donde las minas estaban mucho más cerca de las fraguas y podrían trabajar durante más tiempo al año. Desde luego, en el momento en que se mejoraron las comunicaciones en el XVIII, por ejemplo, con la construcción del Canal Imperial, las forjas del alto Cinca estaban ya condenadas. Queda en el aire si no se vendió hierro de Bielsa en localidades francesas próximas.

Es posible pero poco probable, por la concurrencia con el hierro del Ariège, aunque Jorre (1936) menciona que el hierro de una *ferrière d'Ossau* era menos duro pero también menos caro que el español. Pero, por otro lado, hay que tener en cuenta que Marsan (1900) indica que se utilizó hierro alemán en el fallido proyecto de construir un túnel bajo el puerto de La Pez.

Un tema de cierto interés es la localización y la caracterización de objetos de hierro de Bielsa, tema que queda como trabajo de futuro. En estos momentos solo se han sugerido tres como de tal procedencia: la reja de la ermita de la Virgen de Pineta; otra reja de una casa de Bielsa, hoy depositada en el museo de esta localidad, y un gozne de puerta procedente de una



**Fig. 20.** Pieza de hierro localizada en una *mallata* derruida en La Larri (Pleta As Pardas).  
Coordenadas aproximadas: X: 261 250, Y: 4731 670; 2030 metros s. n. m.

cabaña de pastor en el puerto de La Larri. Este último (fig. 20), analizado mediante pXRF, ha ofrecido una composición de 46,4 % de hierro, 1,97 % de manganeso, 0,12 % de azufre y 0,19 % de fósforo. Un trozo de una pequeña herradura, probablemente para burro, encontrado en un canchal, cerca de las ruinas de la figura 8, ofreció un 55 % de hierro, un 0,15 % de manganeso, un 0,15 % de azufre y un 0,6 % de fósforo. Evidentemente, el tema necesita más estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inscribe dentro del estudio financiado por la Comarca de Sobrarbe y el Geoparque Sobrarbe-Pirineos. Ha sido de gran utilidad la colaboración de Juan José Generelo y del resto del personal del Archivo Histórico Provincial de Huesca. Agradecemos también la ayuda de José María Escalona, del Museo de Bielsa, y de Roberto Serrano, alcalde de San Juan de Plan, así como del Ayuntamiento de Bielsa. Fueron muy agradables las charradas con J. Vidallé, de Parzán, tras las diversas salidas. Eugenio Monesma aportó información sobre expedientes mineros en legajos de Montes, y Carlos Garcés, sobre la correspondencia de Vincencio Juan de Lastanosa. María Dolores Giménez, Begoña García y José Ramón López colaboraron en el trabajo de campo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldama, J. (1846). Apuntes geognóstico mineros de la provincia de Huesca y parte de la de Zaragoza o el territorio designado con el título de Alto Aragón. *Anales de Minas*, tomo IV: 191-233. Imprenta de D. A. Espinosa y compañía. Madrid.
- Alvargonzález, R. (1985). Tranvías y espacio público urbano en Gijón (1889-1963). *Eria*, 9: 131-187.
- Asso, I. J. de (1798). *Historia de la economía política de Aragón*. Imprenta de F. Magallón. Zaragoza. 487 pp.
- Baccigalupi, L. (1795). *Disposición de los valles, y puertos de la frontera de Aragón*. Servicio Geográfico del Ejército. Madrid. Cartoteca Histórica. Huesca, n.º 23.
- Bielza de Ory, V., J. L. Corral, S. Escolano, C. Laliena, Á. Sesma y A. Ubieto (1986). *Estudio histórico-geográfico del valle de Bielsa*. IEA. Huesca. 224 pp.
- Bowles, G. (1782). *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España*. 2.ª ed. Imprenta Real. Madrid. 573 pp.
- Buil, L. J. (1997). *Viaje por el alto Aragón (noviembre del año 1794)*. La Val de Onsera. Huesca. 251 pp.
- Calvo, G., y M. Calvo (2011). La Sociedad Minero Metalúrgica de Peñarroya en el Pirineo de Huesca. En *Actas del XII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*: 389-398. Geoparque Sobrarbe-Pirineos. Comarca de Sobrarbe / Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Madrid.
- Cantelaube, J. (2005). *La forge à la catalane dans les Pyrénées ariégeoises: une industrie à la montagne (XVII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècle)*. Tesis doctoral. Université Toulouse–Le Mirail. 805 pp.
- Castro Serrano, J. (1867). *España en París: Revista de la Exposición Universal de 1867*. Imprenta General de Ch. Lahure. París. 203 pp.
- Charpentier, J. (1823). *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées*. Levrault. París. 632 pp.
- Comisión del Mapa Geológico de España (1876). *Minerales de hierro de España*. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España. Imprenta de M. Tello. Madrid. 404 pp.
- Comisión Regia de España (1867). *Catálogo general de la sección española*. Imprenta de Ch. Lahure. París. 505 pp.
- Cuchí, J. A. (2017). Lucas Mallada en el Alto Aragón. *Lucas Mallada*, 19: 135-163.
- Cuchí, J. A., J. J. Generelo, J. I. Canudo y A. Ortas (2022). Aportaciones a la gestión del hierro de Bielsa en el siglo XVIII. *Argensola*, 132: 185-216.
- De Dietrich, F. F. (1786). *Description des gîtes de minéral des forges et des salines des Pyrénées: suivie d'observations sur le fer mazé et sur les mines des sards en Poitou*. Didot. París. 597 pp.
- Desplat, C. (1973). La forêt béarnaise au XVIII<sup>e</sup> siècle. *Annales du Midi*, 85 (112): 147-171.

- Dubois, C. (2020). Industrie minière et circulation transpyrénéenne à la fin du XIX<sup>e</sup> et au début du XX<sup>e</sup> siècle. En J. C. Minovez y P. Poujade, *Circulation des marchandises et réseaux commerciaux dans les Pyrénées (XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle)*: 275-286. Presses Universitaires du Midi. Toulouse.
- Fanlo, I. (1994). Los yacimientos de galena y fluorita de Ruego y Parzán (Bielsa, Pirineo aragonés). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 14: 231-238.
- Fernández Piñar, C. (2019). Origen, localización y evolución de los panares del municipio de Gistaín. *Historia Agraria*, 78: 67-97.
- Founaud, P. (2017). El molino de Sarvisé: la producción de energía eléctrica. 2.<sup>a</sup> parte. *El Gurrión*, 146: 38-42.
- François, J. (1843). *Recherches sur le gisement et le traitement direct des minerais de fer dans les Pyrénées et particulièrement dans l'Ariège: suivies de considérations historiques, économiques et pratiques sur le travail du fer et de l'acier dans les Pyrénées*. Carilian-Goeury et V. Dalmont. París. 393 pp.
- Fuentes Byrlain, J. (s. f.). Memoria sobre las minas que constituyen el coto Dos Hermanos. Mecanografiado.
- Garcés, C. (2011). Duendes, brujas y demonios en un libro adquirido por el IEA que perteneció a Lastanosa, publicado en 1621 por el médico aragonés Salvador Ardevines. *Argensola*, 121: 123-144.
- Gausson, H. (1931). Les forêts de la vallée d'Aure. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 2 (3): 241-250.
- Guirao, R. (2008). *Anales de la guerra de la Independencia española en el Alto Aragón (1808-1814)*. IEA. Huesca. 477 pp.
- González Tascón, I. (1999). *Felipe II: los ingenios y las máquinas. Ingeniería y obras públicas en la época de Felipe II*. Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V. Madrid. 490 pp.
- IGME (1982a). *Mapa geológico Nacional 1 : 50 000. Hoja 179. Bielsa*. 48 pp. y un mapa.
- IGME (1982b). *Mapa geológico Nacional 1 : 50 000. Hoja 147 Lianas*. 26 pp. y un mapa.
- IGME (2019). *Mapa geológico del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido 1 : 25 000*.
- Jarque, E., y J. A. Salas (1997). El último exilio de la Edad Moderna: la expulsión de los franceses al final de la guerra de la Independencia. En A. Mestre y E. Giménez, *Distancias y exilios en la España moderna: actas IV Reunión Científica de la Asociación Española de Historia Moderna*: 783-799. Universidad de Alicante. Alicante.
- Jorre, G. (1936). Les mines des Pyrénées des Gaves. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest*, 7 (2): 148-168.
- Junta Superior Facultativa de Minería (1886). *Estadística minera de España correspondiente al año de 1885*. Imprenta del Colegio Nacional de Sordomudos y de Ciegos. Madrid. 178 pp.

- Lamicq, P. (1990). Les voyages de “Monsieur Guillaume”: Malesherbes dans les Pyrénées en 1767. iv. Le voyage d’Aragon. *Pyrénées*, 163-164 (3-4): 247-281.
- Madoz, P. (1847). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Tomo IX. Establecimiento Tipográfico-Literario Universal. Madrid. 672 pp.
- Maestre, A. (1845). Descripción geognóstica del Distrito Minero de Aragón y Cataluña. *Anales de Minas*, t. III: 193-278.
- Mallada, L. (1875). *Breve reseña geológica de la provincia de Huesca*. Imprenta T. Fortanet. Madrid. 64 pp.
- Mallada, L. (1878). *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca. Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, [VI]. Imprenta y Fundación de Manuel Tello. Madrid. 439 pp., 2 lám. pleg. Edición facsímil, con prólogo de José M.<sup>a</sup> Ríos, Huesca, IEA (Rememoranzas, 4), 1990.
- Marsan, F. (1900). *Un projet de route transpyrénéenne pour relier directement Paris et Madrid à la fin du XVIII siècle*. Imprimerie Nationale. París. 35 pp.
- Muthuon, J. M. (1808). *Traité des forges dites catalanes, ou l’art d’extraire directement et par une seule opération le fer de ses mines*. Imprimerie Départementale. Turín. 237 pp.
- Nieto, J. J. (1996). El proceso sidero-metarlúrgico altoaragonés: los valles de Bielsa y Gistaín en la Edad Moderna (1565-1800). *Llull*, 19 (37): 471-508.
- Oliva-Urcia, B., E. L. Pueyo y A. M. Casas (2006). Fábricas en el Triásico de la lámina de Bielsa (Pirineo Axial): ¿indicadoras de distinto grado de deformación? En M. Calvo (coord.), *Paleomagnetismo en la península ibérica: MAGIBER I*: 101-112. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos. Burgos.
- Orellana, F. J. (1867). *La Exposición Universal de París en 1867*. Librería de Manuero. Barcelona. 612 pp.
- Palassou, P. B. (1784). *Essai sur la minéralogie des Monts Pyrénées*. Didot, Alex, Esprit. París. 124 pp.
- Pallaruelo, S. (1994). El hierro en los valles de Bielsa y Gistaín en el siglo XVI. *Revista del Centro de Estudios de Sobrarbe*, 1: 135-161.
- Pereda, M. J. (2017). Republicanos en Almansa. La Agrupación Municipal de Izquierda Republicana. En *Actas XXI Jornadas de Estudios Locales*: 135-367.
- Picot de Lapeyrouse, Ph.-I. (1786). *Traité sur les mines de fer et les forges du comté de Foix*. Desclassan. Toulouse. 390 pp. + 5 planchas.
- Ramond de Carbonnières, L. F. É. (1792-1795). *Carnets Pyrénéens*. Edición a cargo de P. Debofle. MonHélios. Pau. 99 pp. + anejos.
- Salas, J. A. (1993). Extranjeros en el corregimiento de Barbastro en el siglo XVIII. *Somontano*, 3: 41-64.
- Solana, J. (2020). *Las minas de cobalto de San Juan de Plan (San Chuan)*. Rolde de Estudios Aragoneses. Zaragoza. 200 pp.

- Tomàs, E. (1999). The catalan process for the direct production of malleable iron and its spread to Europe and the Americas. *Contributions to Science*, 1 (2): 225-232.
- Van Lith, J. G. J. (1968). Geology of the Spanish part of the Gavarnie Nappe (Pyrenees) and its underlying sediments near Bielsa (Province of Huesca). *Geologica ultraiectina*, 10: 1-64.
- Verna, C. (2002). *Le temps des moulins: fer, technique et société dans les Pyrénées centrales (XIII<sup>e</sup>-XVI<sup>e</sup> siècles)*. Publications de La Sorbonne. París. 425 pp.
- Vivez, Ph. (1997a). Un centro industrial en el término de Bielsa: el Hospital de Parzán. Actividades transfronterizas para la explotación del plomo argentífero desde finales del siglo XIX hasta principios del siglo XX. En *Relaciones históricas del valle de Bielsa con Francia*: 37-61. Ayuntamiento de Bielsa.
- Vivez, Ph. (1997b). Minas del Hospital de Parzán. En *Relaciones históricas del valle de Bielsa con Francia*: 63-95. Ayuntamiento de Bielsa.
- Vivez, Ph. (2001). Los senderos del hierro y de la plata en los altos valles del Aure y del Cinca: ocio, negocio y cultura. *Tresorols*, 6: 40-46.
- Vivez, Ph. (2002). El camino del ferrocarril aéreo de la mina Luisa en el hospital de Parzán. *Aragón turístico y monumental*, 78 (354): 37-38.
- Vivez, Philippe (2004). ¿Qué más sabemos sobre las minas de Mener?: las minas de hierro del valle de Bielsa (Alto Aragón), siglos XIII a XIX. *Revista del Centro de Estudios de Sobrarbe*, 10: 61-80.
- Vivez, Ph. (2012a). La Revolución Industrial frente al Monte Perdido: la empresa internacional Societé des Mines de Parzan (1912-1928), valle de Bielsa, Sobrarbe, Aragón. En *Actas XII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*: 10-24. Geoparque Sobrarbe-Pirineos. Comarca de Sobrarbe / Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Madrid.
- Vivez, Ph. (2012b). Excursión por el circo de Barrosa: minas de Parzán. En *Actas XII Congreso internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*, t. III, *Salidas al campo*: 67-80. Geoparque del Sobrarbe. Comarca de Sobrarbe / Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Madrid.
- Woronoff, D. (1984). Forges prédatrices, forges protectrices. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. 55 (2): 213-218.
- Yuste, A., I. Subías y C. Fernández-Nieto (1997). El filón Ana (Bielsa, Huesca): aspectos estructurales e implicaciones genéticas. *Boletín de la Sociedad Española de Minerología*, 20-A: 63-64.

**LUCAS MALLADA, 24 (2022)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **INVENTARIO DE LOS MESO- Y MACROMAMÍFEROS DE LA GALLIGUERA (PREPIRINEO ARAGONÉS)**

Silvia Roy<sup>1</sup> | José Antonio Cuchi<sup>1</sup>  
Juan Herrero<sup>1</sup> | Alicia García-Serrano<sup>2</sup>

**RESUMEN** Los mamíferos de mediano y gran tamaño son un grupo de animales con una gran importancia para los ecosistemas, por lo que inventariarlos resulta fundamental para conocer el funcionamiento de estos y así conservarlos. En este artículo se lleva a cabo un inventario de la población de meso- y macromamíferos en la Galliguera, una zona muy poco estudiada y, sin embargo, con un gran potencial para estos vertebrados. Para ello, se han llevado a cabo encuestas a la población local, se han recopilado testimonios, se ha muestreado la zona mediante fototrampeo y se han analizado las tendencias en la declaración de capturas de las especies cinegéticas. El resultado ha sido un listado de veintiuna especies, algunas con abundancia superior a la esperada, como el gato montés (*Felis silvestris*) o inesperadas como el sarrio (*Rupicapra p. pyrenaica*), la cabra montesa (*Capra pyrenaica*) y la marmota alpina (*Marmota m. marmota*) que dotan a la Galliguera de una gran biodiversidad que probablemente aumente en un futuro debido a un proceso de renaturalización, con especies como el lobo (*Canis lupus*).

**PALABRAS CLAVE** Mamíferos. Encuestas. Fototrampeo. Inventario. Galliguera (Prepirineo, Huesca).

---

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. roycurras96@gmail.com, cuchi@unizar.es, herreroj@unizar.es

<sup>2</sup> Ega Consultores en Vida Silvestre SLP. Sierra de Vicort, 31, 1.º A. E-50003 Zaragoza. aliciaega@gmail.com

**ABSTRACT** Medium and large mammals are a very important group of animals with special importance for ecosystems, so their inventory is essential to understand how these ecosystems work and thus preserve them. This study conducts an inventory of the population of medium and large mammals of La Galliguera, an area that has hardly been investigated despite its great potential for these vertebrates. To undertake this work, testimonies and interviews with local people have been collected. Additionally, the area has been sampled by camera traps and the trends in hunting bag of game species have been analysed. The result is a list of 21 species, some with greater abundance than expected such as wildcats (*Felis silvestris*) or unexpected ones such as the Pyrenean chamois (*Rupicapra p. pyrenaica*) and the Alpine marmot (*Marmota m. marmota*) that provide La Galliguera with a great biodiversity that will probably increase in the future due to a rewilding process with species such as the grey wolf (*Canis lupus*).

**KEYWORDS** Mammals. Surveys. Photo trap. Inventory. Galliguera (pre-Pyrenees, Huesca, Spain).

## INTRODUCCIÓN

Los mamíferos son un grupo reducido comparados con otras clases de vertebrados. No obstante, desde el punto de vista morfológico, son heterogéneos y diversos. Esto los convierte en los vertebrados de mayor distribución geográfica (Delibes y Palomo, 2007), presentes en todos los continentes. Los mamíferos, indudablemente, juegan un papel esencial en los ecosistemas, dotándolos de servicios esenciales como la regulación de la población de insectos, la dispersión de semillas o la polinización y actuando como indicadores generales de la salud de los ecosistemas (Jones y Safi, 2011). Además, los grandes herbívoros tienen un papel importante en la modificación de la vegetación y los carnívoros regulan sus especies presa. Por tanto, determinar su presencia es esencial para entender los procesos asociados y conservar sus hábitats (Akbaba y Ayaş, 2012).

Los inventarios de fauna son una herramienta fundamental para conocer las especies presentes en un lugar específico (Longino y Colwell, 1997). Son necesarios para la protección y la conservación de la fauna. Sin ellos la identificación de especies podría ser errónea e incluso algunas ni siquiera serían detectadas, como sería el caso de especies raras o inesperadas en ciertas áreas (Owen, 2000). A pesar de ser un grupo tan importante ecológicamente

hablando, dentro de los inventarios de fauna los mamíferos no suelen recibir gran atención. Esto se debe a la complejidad de su estudio en el campo debido a su heterogeneidad y a la necesidad de utilizar diversas técnicas específicas para obtener información útil (Tirira, 1998; Herrero y cols., 2006).

Para la realización de inventarios se emplea una combinación de técnicas directas (avistamientos, olor y vocalizaciones) e indirectas (fotografías, encuestas y rastros) que permiten reunir evidencias para determinar las especies presentes (Minam, 2015). La realización de encuestas es también ampliamente utilizada en los inventarios de mamíferos debido a que permite obtener y elaborar datos de interés de modo rápido y eficaz. De esta manera resulta de interés no solo el sujeto concreto que realiza el cuestionario, sino la población a la que pertenece, como pastores, cazadores, agentes de protección de la naturaleza (APN), naturalistas, profesionales del turismo... (Anguita y cols., 2003; Herrero y cols.; 2006, González y cols., 2013). El fototrampeo es una técnica muy útil y no invasiva que consiste en registrar mediante fotografía y vídeo especies que habitan en un lugar gracias a un sensor de movimiento (Botello y cols., 2007; Díaz-Pulido y Payán, 2012; Chávez y cols., 2013; Hernández y cols., 2017; Quero, 2020).

Los inventarios de fauna en general, y de mamíferos en particular, se suelen realizar a escala geográfica amplia, como países, regiones o áreas protegidas (Herrero y cols., 2002; García-González, 2005; Cueva y Peck, 2010; Villagrasa, 2019). Recientemente se están estudiando áreas más reducidas. Por ejemplo, en el embalse de La Peña (Las Peñas de Riglos), el Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (CSIC-UCLM-JCCM) está realizando trabajos de fototrampeo (P. Acevedo, comentario personal).

La Galliguera, situada en la parte occidental de la comarca de la Hoya de Huesca, es una zona en la que apenas existen trabajos sobre mamíferos, salvo del ciervo (*Cervus elaphus*) (Berges, 2019) o la nutria paleártica (*Lutra lutra*) (Ruiz-Olmo, 2007), así como citas antiguas de lince ibérico (*Lynx pardinus*) (Rodríguez y Delibes, 1990).

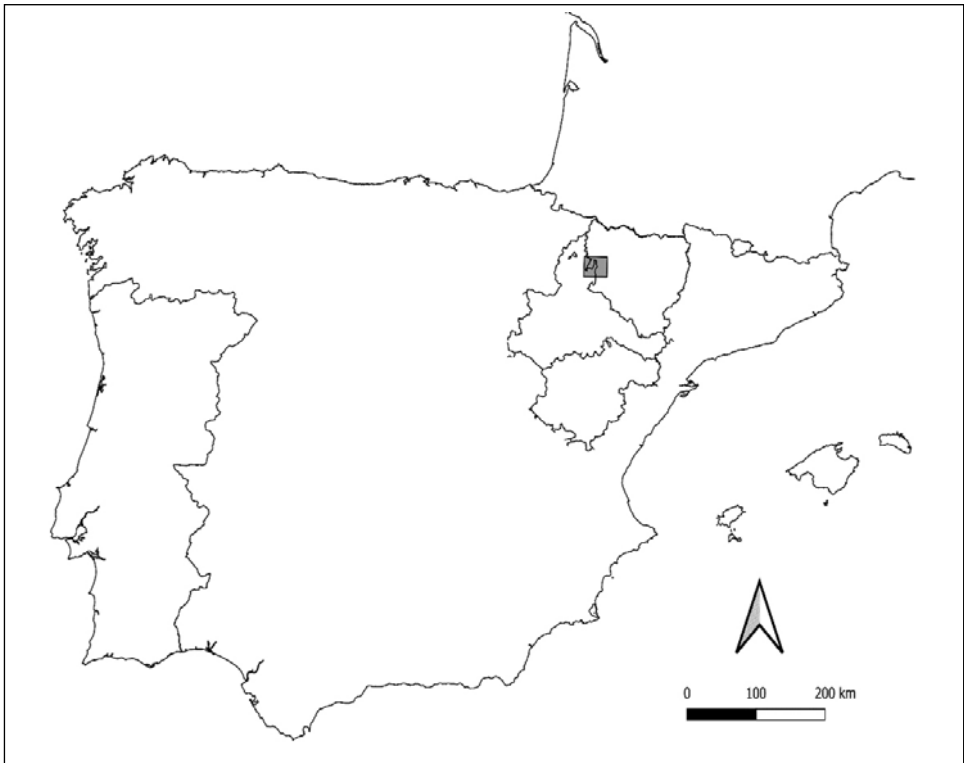
Las localidades de esta zona han fomentado y explotado dicho valor ecológico mediante actividades relacionadas con la naturaleza (González Arruego, 2018) y existe interés en aumentar el conocimiento de su biodiversidad, incrementando el interés de los aficionados hacia la observación de fauna para así ayudar al desarrollo rural.

El objetivo general del artículo es realizar un inventario de meso- y macromamíferos en la Galliguera, entendiendo como meso- y macromamíferos los carnívoros, artiodáctilos, lagomorfos, erizos y roedores de tamaño no inferior a la ardilla roja (*Sciurus vulgaris*).

### Área de estudio

El río Gállego tiene aproximadamente 192 kilómetros de recorrido y 4000 km<sup>2</sup> de cuenca. Este corredor natural atraviesa todas las unidades morfoestructurales desde el Pirineo axial hasta el centro de la depresión del Ebro (Ollero y cols., 2004). El término *Galliguera* se aplica a una parte del territorio colindante con el río en su zona media.

El área de estudio se concentra en la Galliguera Baja, en los términos municipales de Agüero, Ardisa, Biscarrués, Ayerbe, Loarre y Las Peñas de



**Fig. 1.** Localización del área de estudio en España y en Aragón.



Riglos (provincia de Huesca), y en los de Murillo de Gállego, Puendeluna y Santa Eulalia de Gállego (provincia de Zaragoza), que ocupan unos 87 km<sup>2</sup>, incluyendo 27,5 kilómetros del río Gállego entre los embalses de La Peña y Ardisa (fig. 1).

La economía se basa en el turismo de aventura y de recursos patrimoniales y agricultura de secano. Tiene un hábitat mayoritariamente forestal (96 %), en amplia renaturalización por abandono de campos de cultivo. La vegetación presente es pino carrasco (*Pinus halepensis*), bosques de frondosas de carrascas (*Quercus ilex*) y quejigos (*Quercus cerrroides*), bosques de matorral y choperas (*Populus* sp.). Los cultivos, principalmente de secano, representan el 4 % restante.

El clima es mediterráneo, con una precipitación media anual de 778 milímetros y una temperatura media anual de 12,1 °C en Santa Eulalia (Climate-Data, 2021).

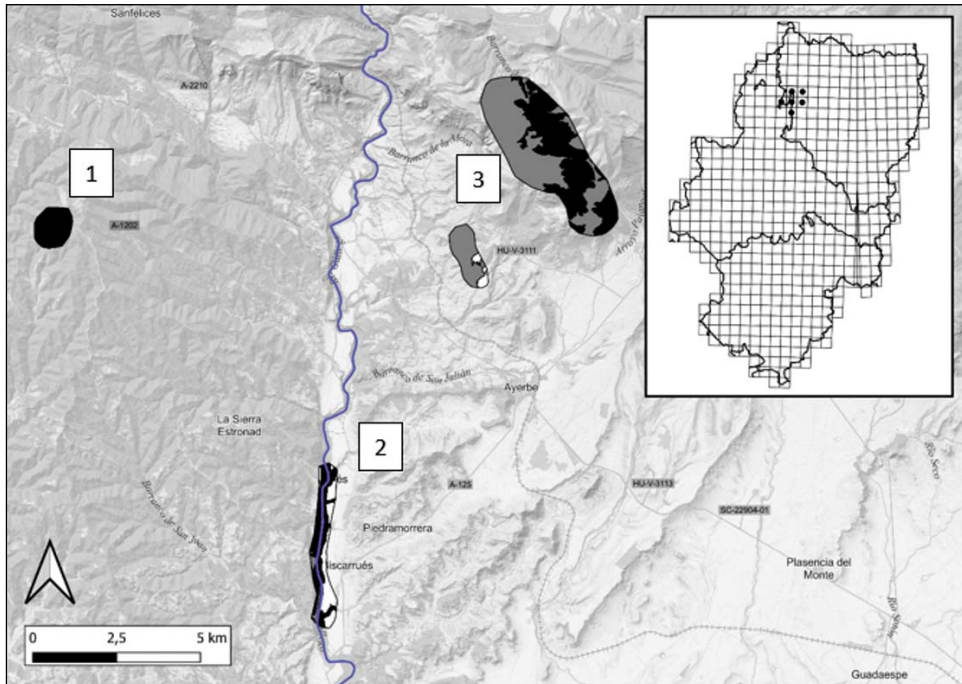
### **Zonas de fototrampeo: Sierra Mayor, ribera del río Gállego y sierra de Loarre**

El área de estudio donde se ha muestreado mediante fototrampeo ha sido dividida en tres zonas: Sierra Mayor, la ribera del río Gállego y sierra de Loarre – Peña del Sol (fig. 2). Abarca seis cuadrículas UTM 10 × 10 kilómetros.

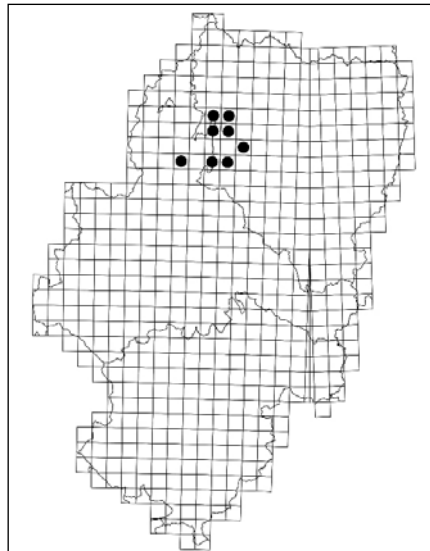
Sierra Mayor, también conocida como La Carbonera, se encuentra dentro del término municipal de Agüero. La cota más alta tiene 980 metros. Predomina el pino carrasco, con numerosas manchas discontinuas de carrascas. Se ha realizado un itinerario a partir del refugio del puerto, cerca de la torre de vigilancia.

La zona de la ribera del Gállego, en su margen izquierda, en el término municipal de Biscarrués, coincide parcialmente con un sendero botánico. Este, de aproximadamente 4 kilómetros, tiene un gran interés botánico debido a la variedad de especies arbóreas y arbustivas existentes (León y Cuchí, 2019). Las cámaras se colocaron a lo largo de la ribera del río.

La tercera zona es la sierra de Loarre, a caballo en ambas vertientes del Prepirineo, con una vegetación variada de quejigo, pino silvestre y carrasca. Se colocaron las cámaras entorno a la Peña del Sol.



**Fig. 2.** Área de estudio: Sierra Mayor (1), ribera del río Gállego (2) y sierra de Loarre (3). Negro: bosque mixto y de coníferas. Gris: pastos y matorral. Blanco: cultivos.



**Fig. 3.** Cuadrículas UTM 10 × 10 kilómetros muestreadas mediante encuestas (n = 24).

## Área de las encuestas

Las seis cuadrículas muestreadas mediante fototrampeo se ampliaron a ocho con la realización de encuestas a gente del país y personas conocedoras de la zona, obteniendo información adicional sobre avistamientos de especies en áreas próximas como Bentué de Rasal, Montmesa y Lupiñén (provincia de Huesca), así como Erla y Piedratajada (provincia de Zaragoza) (fig. 3).

## Cotos de caza

El área de estudio integra los cotos de caza mayor y menor de la tabla 1.

**Tabla 1.** Cotos de caza del área de estudio.

<i>Matrícula</i>	<i>Titular</i>
Z-10430	Sociedad de Cazadores San Miguel de Liso
Z-10221	Sociedad de Cazadores Virgen de Monlora
Z-10443	Sociedad de Cazadores Virgen de la Liena
HU-10195	Sociedad de Cazadores Virgen de la Peña
HU-10354	Sociedad de Cazadores Izarbe
HU-10323	Sociedad de Cazadores San Miguel de Ayerbe
HU-10556	Sociedad de Cazadores San Demetrio
HU-10267	Ayuntamiento de Biscarrués
HU-10376	Sociedad de Cazadores Gállego
HU-10423	Sociedad de Cazadores Peña del Sol
HU-10565	Sociedad de Cazadores de San Blas

## MATERIAL Y MÉTODOS

La presencia de meso- y macromamíferos se ha constatado a partir de encuestas a la población local, fototrampeo y estadísticas oficiales. Se hizo una revisión bibliográfica inicial de documentos científicos mediante Google Scholar e ISI Web of Science y el metabuscador Alcorce de la Universidad de Zaragoza, utilizando términos en castellano e inglés. Para los nombres latinos se ha seguido el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (CINZ, 2000); para los nombres comunes en castellano, la lista patrón de la Sociedad Española de Estudio y Conservación de los Mamíferos, y para los nombres en aragonés, a Vidaller (2013-2014), además de los nombres señalados en las encuestas.

Se han realizado veinticuatro encuestas a habitantes de la zona o relacionados con esta, con distintos perfiles (tabla II) a través de un cuestionario estructurado que incluye preguntas abiertas y cerradas sobre treinta y una especies de mamíferos, presentes potencialmente (24) o no (7) en el área. Los datos se resumieron en un archivo Microsoft Excel para su posterior análisis cuantitativo mediante el programa estadístico R.

**Tabla II.** Perfil de los encuestados.

<i>Perfil</i>	<i>Número</i>
APN	6
Agricultores y ganaderos	2
Profesionales del turismo de naturaleza	1
Cazadores	11
Otras actividades en la naturaleza (senderistas, naturalistas...)	4
<i>Total</i>	<i>24</i>

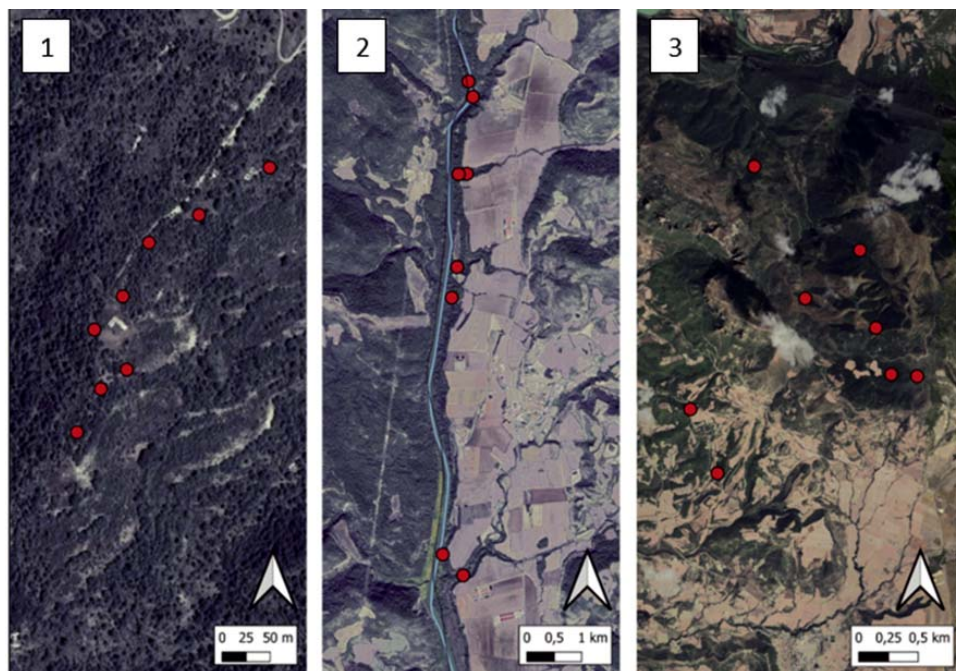
Además, se realizó un análisis de las declaraciones de capturas de los cotos de caza con territorio significativo en el área de estudio, en lo relativo a corzo (*Capreolus capreolus*) y ciervo (con cupo); jabalí (*Sus scrofa*), zorro (*Vulpes vulpes*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y liebre (*Lepus granatensis* y *Lepus europaeus*) (sin cupo).

Se llevaron a cabo también jornadas de fototrampeo, para las cuales se utilizaron ocho cámaras, de las que seis eran de la marca Apeman, destinadas principalmente a la toma de fotografías y otras dos de la marca Browning para la grabación de vídeo (tabla III).

Las ocho cámaras fueron colocadas a lo largo del área de estudio, formando tres itinerarios (fig. 4) teniendo en cuenta las características del entorno, colocándolas en los lugares que *a priori* pudieran ser favorables para la detección de mamíferos. Las grabaciones comenzaron el 15 de agosto de 2020 en Sierra Mayor, realizándose la primera semana un estudio piloto para confirmar el correcto funcionamiento de las cámaras y finalizaron el 20 de septiembre. Finalmente, las imágenes y las grabaciones fueron visualizadas y seleccionadas con el objeto de identificar las especies captadas.

**Tabla III.** Características y configuración de los equipos de fototrampeo utilizados.

Marca y modelo	Configuración				
	Modo	Calidad	Longitud de los vídeos	Sensibilidad PIR	Funcionamiento
Apeman Trail CamH55	Foto	Alta 2592 × 1944 píxeles	–	Media	Día y noche
Browning Recon Force 4K	Vídeo	Alta	20 segundos	Media	Día y noche



**Fig. 4.** Ubicación de las cámaras en el área de estudio:  
 (1) Sierra Mayor; (2) ribera del río Gállego; (3) sierra de Loarre.

## RESULTADOS

### Encuestas y testimonios

Los resultados de las encuestas se resumen en la tabla IV.

El erizo (*Erinaceus europaeus*) es reconocido por la mayoría de los encuestados (95,8 %). Está presente en la zona y aunque es poco frecuente

ha sido avistado por el 37,3 % en el último año. La ardilla roja es identificada por la mayoría de los encuestados (95,8 %) y considerada presente, frecuente y avistada mayoritariamente dentro del último año. Le siguen la liebre y el conejo, reconocidos también por casi la totalidad de los encuestados, aunque ambos son considerados poco frecuentes en la actualidad y avistados mayoritariamente en el último año. El conejo era frecuente en la zona hasta los años sesenta, cuando por la mixomatosis y luego las fiebres hemorrágicas lo disminuyeron de forma drástica. Se especula sobre su recuperación desde el sur de la zona. El castor europeo (*Castor fiber*) se observó por primera vez en 2019. Es mayoritariamente reconocido y se considera presente, aunque poco frecuente. Ha sido avistado, bien directamente o bien sus rastros alimentarios, en el último año por la mitad de las personas encuestadas. Por último, la marmota alpina es reconocida por aproximadamente la mitad de los encuestados. Cuenta con una cita de hace seis años en el monte de Marcuello en una zona próxima al barranco del Forcallo (fig. 5). El coipú (*Myocastor coipus*), a pesar de ser una especie no presente, es reconocido por dos de los encuestados.

Para los mustélidos terrestres y semiacuáticos y otros mesocarnívoros, el reconocimiento y la percepción de su abundancia es variable. Así, la comadreja o paniquesa (*Mustela nivalis*), presente y poco frecuente, es más reconocida que el armiño (*Mustela erminea*) (ausente) a pesar de su semejanza. La comadreja es un mamífero esquivo pero ligado al ser humano, dado que su observación o evidencias de su actividad se dan en gallineros. La garduña o fuina (*Martes foina*) es reconocida como presente y frecuente por la mayoría



**Fig. 5.** Localización y hábitat del avistamiento de una marmota alpina.



**Fig. 6.** Letrina de gineta en el tejadillo de una construcción en el Sendero Botánico de la Galliguera, en Biscarrués.

de los encuestados (83,3 %) frente a la marta (*Martes martes*), considerada no presente y reconocida por pocos (29 %). A la última se la ubica al norte de la zona estudiada, por encima del embalse de La Peña. La nutria paleártica es reconocida por muchos de los encuestados (70,8 %) y se considera frecuente, habiendo sido avistada por el 35,7 % de los encuestados en el último año.

Tejón (*Meles meles*), zorro, gato montés (*Felis silvestris*) y gineta (*Genetta genetta*) son reconocidos por la mayoría siendo los dos primeros frecuentes y avistados por la mayoría. Algunos denominan la imagen del gato montés como doméstico (*Felis silvestris catus*). La gineta se considera poco frecuente y esquiva, aunque se han observado letrinas en la ribera del Gállego durante el estudio (fig. 6).

El mapache (*Procyon* sp.) es reconocido casi por la mitad de los encuestados. En la fase de campo se consideraba ausente, pero ha sido fototrampeado con posterioridad.

Tres especies clásicas de carnívoros, lobo, oso pardo y lince ibérico, son reconocidas por prácticamente todos los encuestados y se consideran ausentes actualmente en la zona. El lobo estuvo presente en la zona hasta 1920. El oso fue citado, a mediados del siglo XIX, por Pascual Madoz en las cercanías de La Garoneta, en la cola del actual embalse de La Peña. El lince ibérico es reconocido por la totalidad de los encuestados y ha sido avistado por tres de los encuestados en los últimos veinte años. Existen, además, dos citas no contrastadas de pieles de lince en la zona, una de un ejemplar en Biel cazado en 1930 en la sierra de Luesia y otro capturado por la misma fecha en Linás de Marcuello, en la vertiente meridional de la sierra de Loarre (Rodríguez y Delibes, 1990).

Finalmente, todos los ungulados silvestres incluidos en la encuesta han sido reconocidos por la gran mayoría de los encuestados, siendo el jabalí, el ciervo y el corzo los principales, considerándolos, además, frecuentes y avisados por la mayoría en el último año. La especie que se considera que lleva



**Fig. 7.** Cabras montesas en Riglos en 2020. Autor: Tomás Bescós Lasheras.



**Tabla iv.** Reconocimiento, presencia y avistamientos de meso- y macromamíferos a partir de encuestas ( $n = 24$ ) en la Galliguera.

Especie	Reconocen especie		Presencia en la zona			Avistamientos	
	N.º	%	Actualidad	Pasado	Frecuencia	N.º	% último año
<b>Eulypotyphla</b>							
Erizo europeo	23	95,8 %	13	–	Poco frecuente	8	37,3 %
Grandes roedores							
Ardilla	23	95,8 %	23	–	Frecuente	22	68,2 %
Coipú	2	8,3 %	1	–	Poco frecuente	1	100,0 %
Marmota alpina	13	54,2 %	0	Hace 6 años	No hay	1	0,0 %
Castor europeo	17	70,8 %	9	–	Poco frecuente	7	50,0 %
<b>Lagomorfos</b>							
Conejo	23	95,8 %	20	–	Poco frecuente	17	76,5 %
Liebre	23	95,8 %	19	–	Poco frecuente	19	68,4 %
<b>Mustélidos</b>							
Tejón	23	95,8 %	23	–	Frecuente	23	65,2 %
Comadreja	19	79,2 %	17	–	Poco frecuente	13	38,5 %
Armiño	4	16,7 %	0	–	No hay	0	0,0 %
Turón	11	45,8 %	5	–	No hay	3	66,7 %
<i>Martes</i> sp.	4	16,7 %	2	–	No hay	2	50,0 %
Marta	7	29,2 %	0	–	No hay	0	0,0 %
Garduña	20	83,3 %	19	–	Frecuente	14	92,8 %
Nutria paleártica	17	70,8 %	14	–	Frecuente	14	35,7 %
Mapache	11	45,8 %	0	–	No hay	0	0,0 %
<b>Otros mesocarnívoros terrestres</b>							
Gineta	20	83,3 %	19	–	Poco frecuente	15	80,0 %
Zorro	24	100,0 %	24	–	Frecuente	22	78,3 %
Gato montés	24	100,0 %	17	–	Moderada	14	64,3 %
Gato doméstico	19	79,2 %	12	–	Hay	5	20,0 %
<b>Grandes carnívoros</b>							
Lobo	23	95,8 %	0	1900	Hubo	0	0,0 %
Oso pardo	24	100,0 %	0	–	Hubo	0	0,0 %
Lince ibérico	24	100,0 %	2	12-20 años	Hubo/hay	3	0,0 %
<b>Artiodáctilos</b>							
Cabra montés	21	87,5 %	0	–	No hay	0	0,0 %
Cabra asilvestrada	22	91,7 %	10	–	Hay	5	100,0 %
Sarrío	21	87,5 %	4	1999	No hay	1	0,0 %
Muflón	20	83,3 %	0	–	No hay	0	0,0 %
Corzo	23	95,8 %	21	20-30 años	Frecuente	20	88,9 %
Gamo	19	79,2 %	5	–	No hay	7	79,2 %
Ciervo	23	95,8 %	23	25-30 años	Frecuente	17	70,6 %
Jabalí	24	100,0 %	23	Años 70	Frecuente	19	89,5 %



**Fig. 8.** A la izquierda, cráneo de sarrío macho cazado en Sarsamarquello en 1999. A la derecha, sarrío avistado en Riglos en 2018 (foto: Jessica Barba).

más tiempo en la zona es el jabalí, presente desde antiguo, pero aumentando desde 1970, seguida del ciervo (reintroducido en los años setenta) y, finalmente, el corzo (llegado hace veinte o treinta años). La cabra montesa (*Capra pyrenaica*), también reconocida por la mayoría, aunque no ha sido muy avistada por los encuestados, hace su aparición en 2020 en los Mallos de Riglos (fig. 7), procedente de escapes del vallado cinegético de Bastarás en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara. También hay avistamientos recientes en la zona de Gurrea de Gállego. En general, no se reconoce al gamo, aunque se cita alguna presencia en Lacorvilla, escapado de un cercano cinegético. La cabra doméstica asilvestrada se considera presente en la actualidad con cinco avistamientos, todos durante el último año.

El sarrío (*Rupicapra p. pyrenaica*) cuenta con un par de citas de machos en la zona, uno cazado en Sarsamarquello en 1999 y otro avistado en el Mallo Arcaz de Riglos en 2017 y 2018 (fig. 8).

### Fototrampeo

Se han detectado doce especies de meso- y macromamíferos en sesenta registros, siendo la ribera del río Gállego la zona que presenta un

**Tabla v.** Mamíferos detectados mediante fototrampeo en la Golliguera en el presente estudio. El número de registros corresponde al número de fotografías, no al número de ejemplares.

<i>Nombre común</i>	<i>N.º de registros</i>	<i>Sierra Mayor</i>	<i>Sierra de Loarre</i>	<i>Río Gállego</i>
Ardilla roja	1	–	–	1
Castor europeo	1	–	–	1
Tejón	8	5	2	1
Garduña	12	3	3	5
Nutria paleártica	2	–	–	2
Gineta	5	–	–	5
Zorro	7	1	1	5
Gato montés	7	2	1	4
Corzo	4	–	3	1
Ciervo	4	3	1	–
Jabalí	8	1	3	4
Roedor	1	–	–	1
<i>Total</i>	<i>60</i>	<i>15</i>	<i>14</i>	<i>30</i>

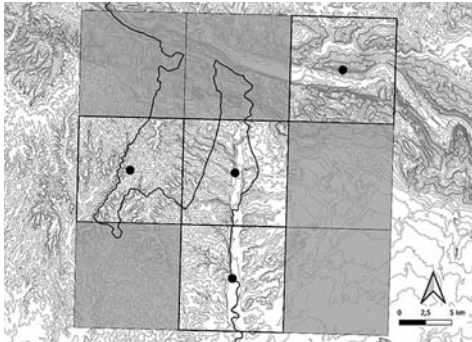
mayor número de especies (11), seguida de sierra de Loarre (7) y Sierra Mayor (6) (tabla v).

La especie que más veces ha sido captada por las cámaras (12 registros) ha sido la garduña, seguida del tejón (8) y el jabalí (8), estando las tres especies presentes en las tres zonas. Otras especies que también han sido fotografiadas en las tres áreas han sido el zorro (7) y el gato montés (7). De la gineta se han obtenido cinco registros, aunque solo en la ribera del río Gállego, al igual que la nutria (2), el castor (1), la ardilla roja (1) y un roedor, tamaño ratón, no identificado. En cuanto a los ungulados, el jabalí se ha captado en las tres zonas (8), el ciervo en Sierra Mayor (4), el corzo en la ribera del Gállego (4) y ciervo y corzo en la sierra de Loarre. El mapache ha sido detectado con posterioridad, por fototrampeo en la Sierra de Loarre. Por otro lado, también se han detectado once especies de aves: mirlo común (*Turdus merula*), petirrojo (*Erithacus rubecula*), papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*), garza real (*Ardea cinérea*), gavilán (*Accipiter nisus*), paloma torcaz (*Columba palumbus*), pico picapinos (*Dendrocopos major*), zorzal charlo (*Turdus viscivorus*), arrendajo (*Garrulus glandarius*), águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) y autillo (*Otus scops*).

A continuación se detallan los resultados por especie y en cada ficha aparecen su nombre local (si lo tiene), la familia taxonómica, el hábitat en el que han sido captadas las distintas especies, la altitud, un mapa con la distribución por cuadrículas UTM 10 × 10 y una imagen de cada especie captada con cámara de fototrampeo (figs. 9 a 33).

Las cuadrículas con un punto negro en su interior se corresponden con aquellas en las que se ha detectado la especie. Las cuadrículas en color gris se corresponden con aquellas muestreadas, pero no se ha detectado la especie.

<i>Tejón</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
Melón	<i>Mustelidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		8	0	2	3	3

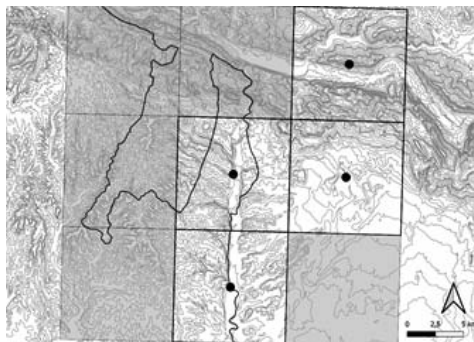


**Fig. 9.** Distribución del tejón en el área de estudio.



**Fig. 10.** Tejón fotografiado mediante fototrampeo.

<i>Zorro</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
Raboso/a	<i>Canidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		4	3	2	0	5

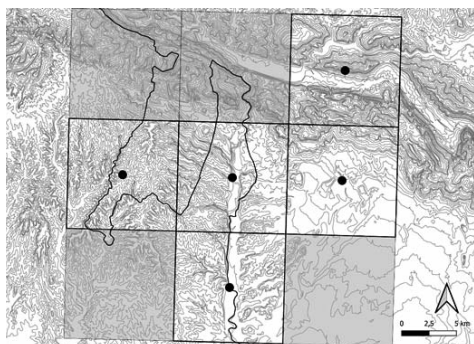


**Fig. 11.** Distribución del zorro en el área de estudio.



**Fig. 12.** Zorro fotografiado mediante fototrampeo.

<i>Garduña</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
Fuina	<i>Mustelidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		8	3	4	3	5

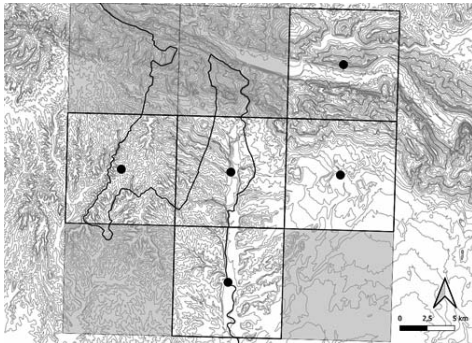


**Fig. 13.** Distribución de la garduña en el área de estudio.



**Fig. 14.** Garduña fotografiada mediante fototrampeo.

<i>Jabalí</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
—	<i>Suidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		5	3	4	1	3

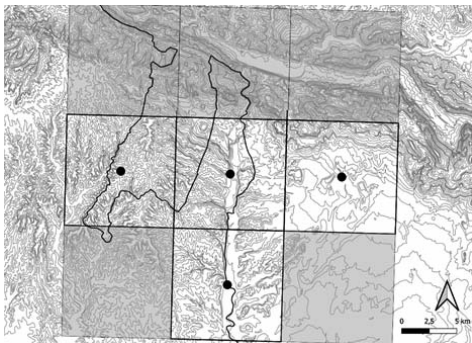


**Fig. 15.** Distribución del jabalí en el área de estudio.



**Fig. 16.** Jabalíes fotografiados mediante fototrampeo.

<i>Ciervo</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
—	<i>Cervidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		4	0	0	3	1

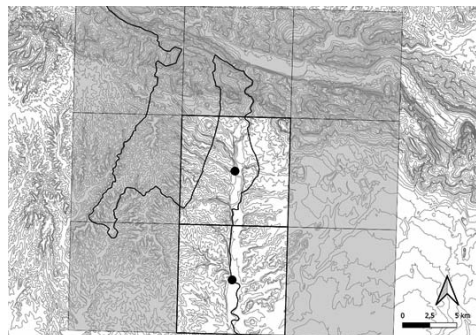


**Fig. 17.** Distribución del ciervo en el área de estudio.

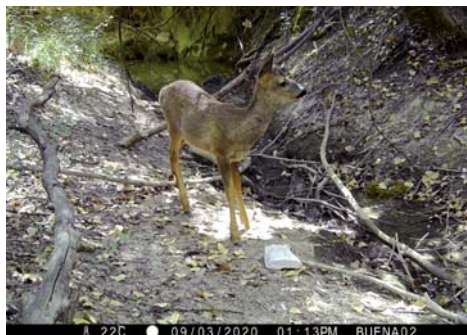


**Fig. 18.** Ciervo fotografiada mediante fototrampeo.

<i>Corzo</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
—	<i>Cervidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		3	1	3	1	0

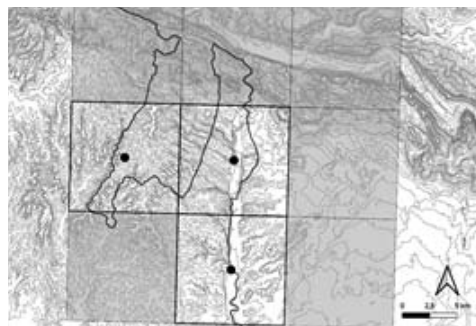


**Fig. 19.** Distribución del corzo en el área de estudio.



**Fig. 20.** Corzino fotografiado mediante fototrampeo.

<i>Gato montés</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
—	<i>Felidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		3	3	0	1	5



**Fig. 21.** Distribución del gato montés en el área de estudio.

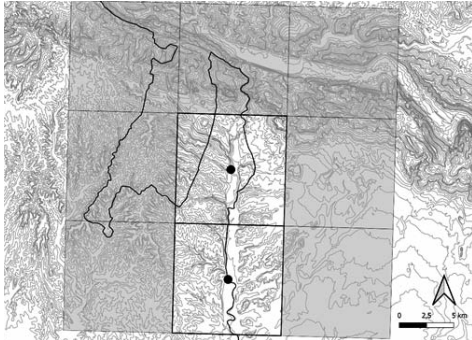


**Fig. 22.** Gato montés fotografiado mediante fototrampeo.



**Fig. 23.** Dos ejemplares de gato montés juntos.

<i>Gineta</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
—	<i>Viverridae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		5	0	5	0	0

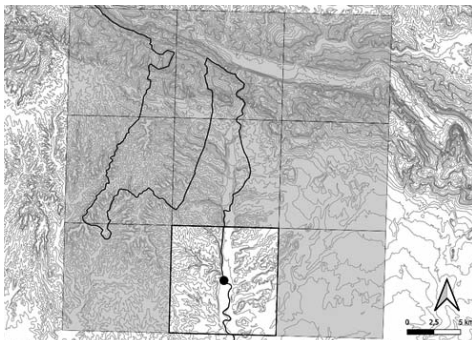


**Fig. 24.** Distribución de la gineta en el área de estudio.



**Fig. 25.** Gineta fotografiada mediante fototrampeo.

<i>Nutria paleártica</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
Loira	<i>Mustelidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		2	0	2	0	0



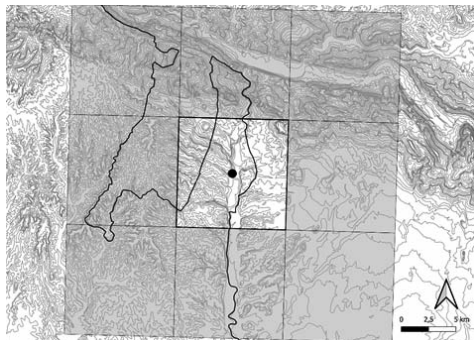
**Fig. 26.** Distribución de la nutria paleártica en el área de estudio.



**Fig. 27.** Nutria paleártica fotografiada mediante fototrampeo.



<i>Castor europeo</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
—	<i>Castoridae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		1	0	1	0	0

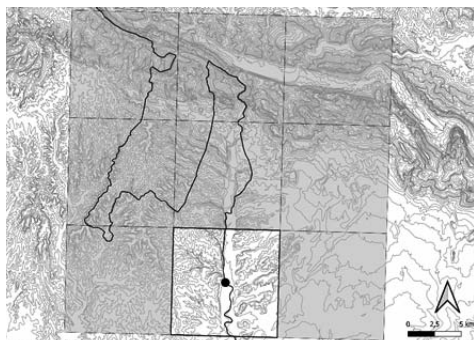


**Fig. 28.** Distribución del castor europeo en el área de estudio.



**Fig. 29.** Castor fotografiado mediante fototrampeo. (Foto: M.<sup>a</sup> Dolores Giménez)

<i>Ardilla roja</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
Esquiruelo	<i>Sciuridae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		1	0	1	0	0



**Fig. 30.** Distribución de la ardilla roja en el área de estudio.



**Fig. 31.** Ardilla roja fotografiada mediante fototrampeo.

<i>Mapache</i>						
<i>Nombre local</i>	<i>Familia</i>	<i>Ecosistema / vegetación</i>		<i>Altitud</i>		
—	<i>Procyonidae</i>	Bosque mixto y coníferas	Pasto y matorral	< 500	500-900	> 900
		2	0		2	



**Fig. 32.** Mapache en sierra del Sol.



**Fig. 33.** Otro mapache en la misma sierra. (Fotos: Sociedad de Cazadores Peña del Sol)

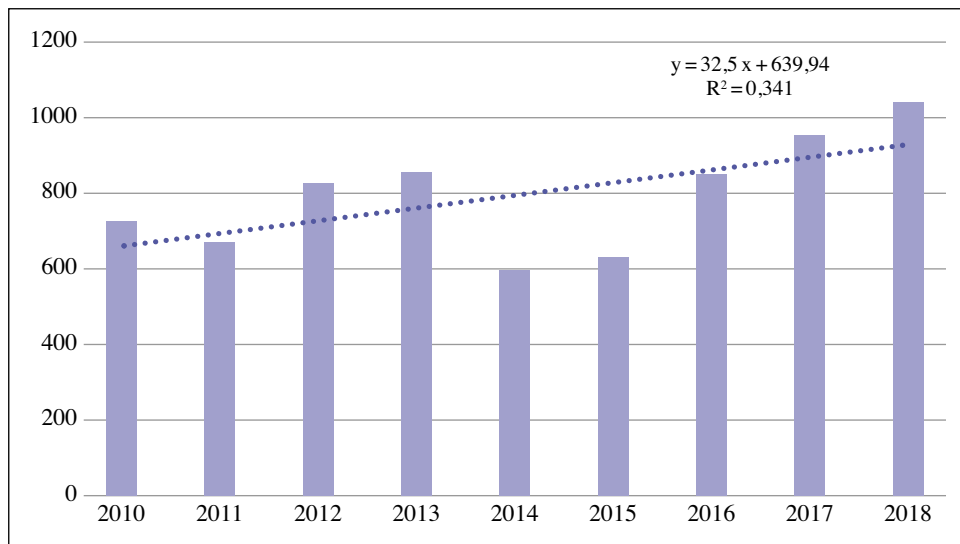
## Cotos de caza

El resultado de las declaraciones de los cotos de caza aparece en la tabla vi.

**Tabla vi.** Declaración de resultados cinegéticos en las temporadas 2010-2011 a 2018-2019.

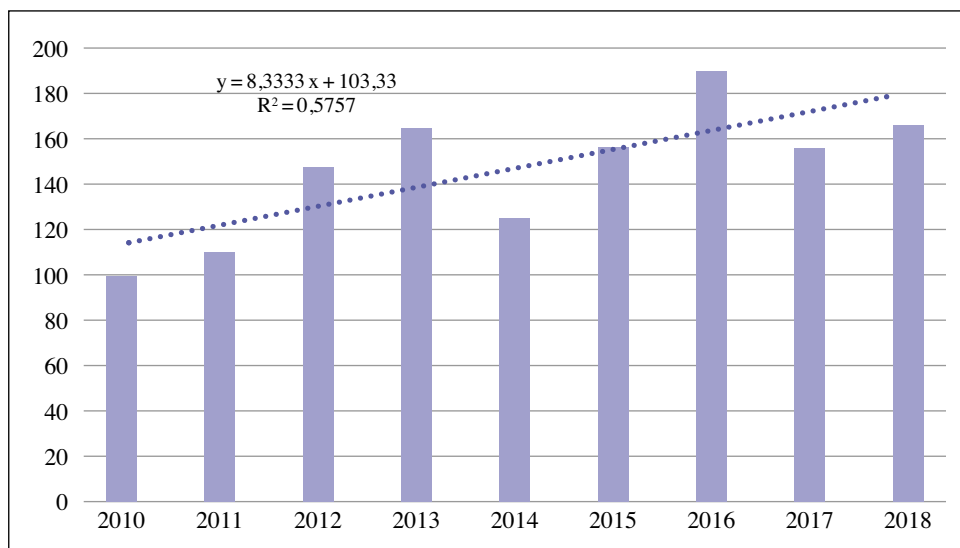
	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	Total
Jabalí	595	561	747	776	547	588	793	916	989	5125
Zorro	93	103	146	162	124	156	190	155	166	1295
Corzo	33	52	16	93	75	109	97	123	130	728
Ciervo	51	52	40	64	68	90	89	114	121	689
Conejo	347	184	272	466	120	204	259	171	187	2210
Liebres	111	87	117	130	65	61	55	46	52	724
Total	1230	1039	1338	1691	999	1208	1483	1525	1645	10 771

La especie que más se caza es el jabalí. Sus capturas se mantienen estables, con oscilaciones (fig. 34).

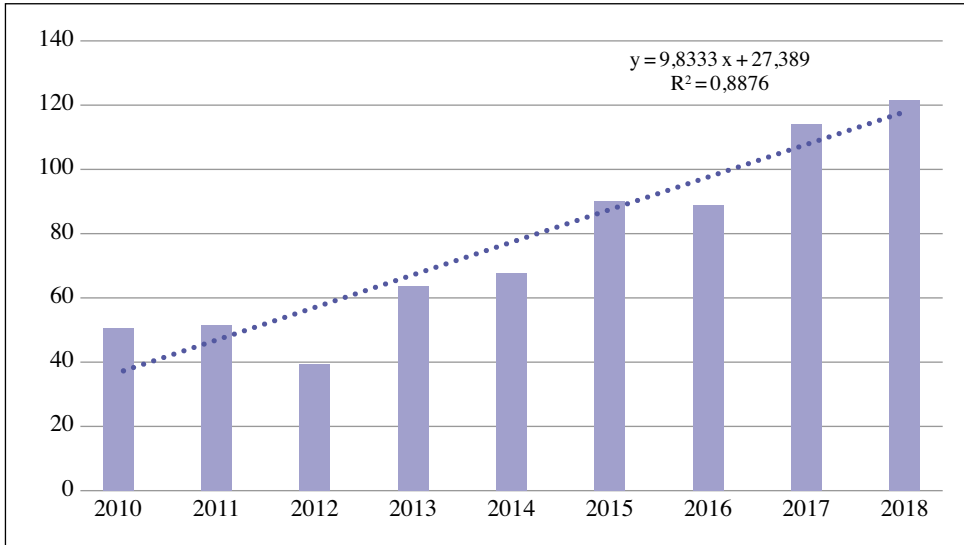


**Fig. 34.** Tendencia de las declaraciones de capturas de jabalí.

El zorro es la siguiente especie más abatida, con una tendencia creciente de capturas (fig. 35).

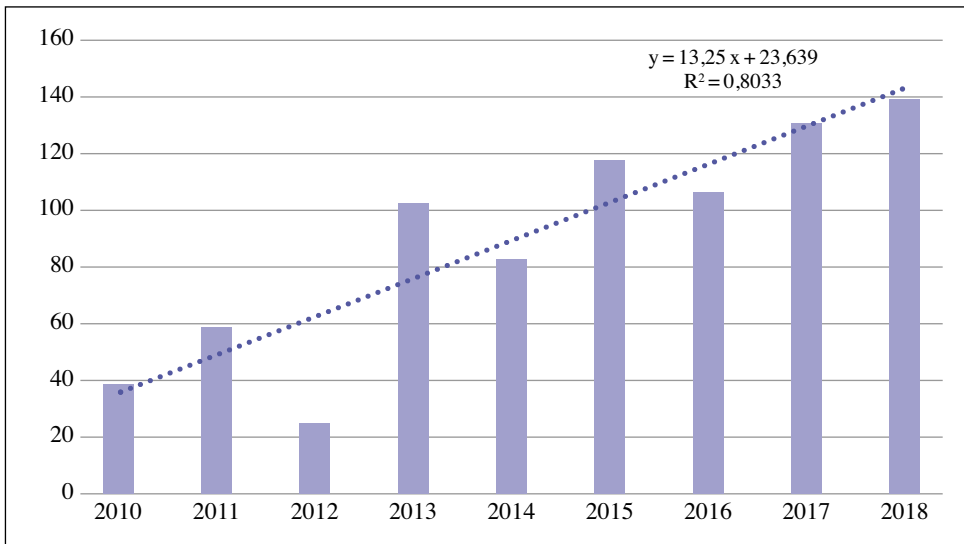


**Fig. 35.** Tendencia de las declaraciones de capturas de zorro.

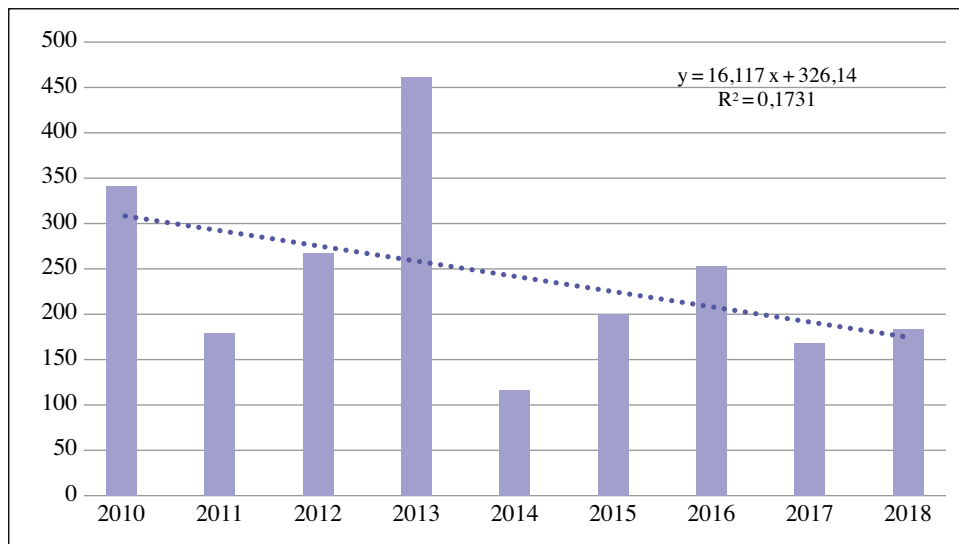


**Fig. 36.** Tendencia de las declaraciones de capturas de ciervo.

En cuanto al ciervo (fig. 36) y al corzo (fig. 37), se capturan números similares, y ambos muestran una tendencia positiva.



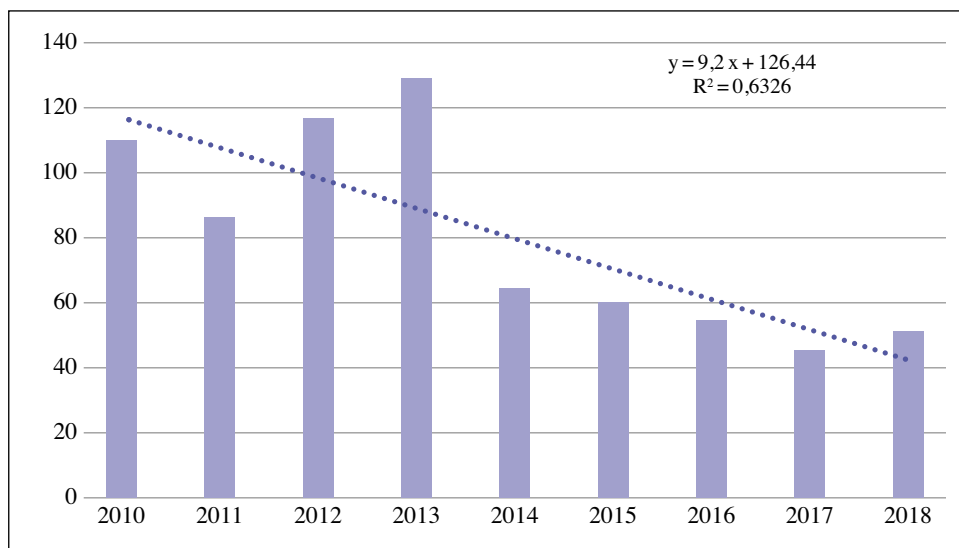
**Fig. 37.** Tendencia de las declaraciones de capturas de corzo.



**Fig. 38.** Tendencia de las declaraciones de captura de conejo.

En lo que a lagomorfos se refiere, la población de conejo no muestra una tendencia clara (fig. 38).

Por otro lado, la población de liebres tiene una tendencia negativa (fig. 39).



**Fig. 39.** Tendencia de las declaraciones de captura de liebre.

## Comparación de métodos

Según los resultados obtenidos mediante encuestas y testimonios en la zona hay veintiuna especies de meso- y macromamíferos, de las cuales doce (57 %) han sido confirmadas mediante fototrampeo.

## Catalogación de las especies

Para terminar de valorar la relevancia de la riqueza de meso- y macromamíferos, se ha determinado el estado de conservación de las especies presentes o extintas en el siglo xx. Todas ellas son especies autóctonas menos la marmota alpina (tabla VII) y el mapache.

A nivel internacional diecisiete se encuentran catalogadas como de Preocupación Menor (Least Concern, LC), una En Peligro Crítico (Critically Endangered, CE), el lince ibérico; la nutria paleártica, Casi Amenazada (Nearly Threatened, NT), y el conejo europeo aparece como Vulnerable (VU) (UICN, 2021). En los anexos del listado CITES (2021). aparecen el zorro, el lince ibérico, la garduña, la nutria, el gato montés, el ciervo y el lobo. En los anexos del Convenio de Berna, relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa, se incluyen como especies de fauna estrictamente protegidas el lobo, el lince ibérico y el gato montés, y como especies de fauna protegidas a la garduña, el tejón, la comadreja, el ciervo, el corzo, la cabra montesa, el sarrio, el castor, la ardilla roja, la marmota y la liebre europea (Gobierno de España, 1989). En España tan solo el lince ibérico está catalogado como En Peligro de Extinción, y en 2020 se incluyó el castor europeo en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESRPE) en la categoría Vulnerable. El lobo está incluido en el LESRPE desde 2021. En Aragón aparecen como especies de interés especial el erizo, la garduña, el tejón, la gineta y la marmota alpina y como especie sensible a la alteración de su hábitat la nutria. El mapache figura en el *Catálogo español de especies exóticas invasoras*.

## DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos se puede afirmar que la comunidad de meso- y macromamíferos en la Galliguera es rica y comparable a otras del

**Tabla VII.** Catalogación de los meso- y macromamíferos presentes o extintos en el siglo xx en la Galliguera.

<i>Especie</i>	<i>Régimen de protección</i>			<i>CITES</i>	<i>Convenio de Berna</i>	<i>Especie cinegética</i>	<i>Autóctono / Exótico</i>
	<i>UICN</i>	<i>Nacional</i>	<i>Autonómico</i>				
Erizo europeo	LC	–	IE	–	–	No	Autóctono
Ardilla roja	LC	–	–	–	III	No	Autóctona
Marmota alpina	LC	–	IE	–	III	No	Introducida
Castor europeo	LC	VU	–	–	III	No	Autóctono
Liebre ibérica	LC	–	–	–	–	Sí	Autóctona
Liebre europea	LC	–	–	–	III	Sí	Autóctona
Conejo	VU	–	–	–	–	Sí	Autóctona
Tejón	LC	–	IE	–	III	No	Autóctono
Comadreja	LC	–	–	–	III	No	Autóctona
Garduña	LC	–	IE	III	III	No	Autóctona
Nutria paleártica	LC	–	SAH	I	II	No	Autóctona
Gineta	LC	–	IE	–	III	No	Autóctona
Zorro	LC	–	–	III	–	Sí	Autóctono
Gato montés	LC	–	–	II	II	No	Autóctono
Lobo	LC	LESRPE	–	II	II	No	Autóctono
Lince ibérico	CR	EN	–	I	II	No	Autóctono
Cabra montés	VU	–	–	.	III	Sí	Autóctona
Sarrio	LC	–	–	–	III	Sí	Autóctono
Corzo	LC	–	–	–	III	Sí	Autóctono
Ciervo	LC	–	–	I, II, III	III	Sí	Autóctono
Jabalí	LC	–	–	–	–	Sí	Autóctono

Pirineo y de la península ibérica, ya que la mayoría de las especies aparecen en inventarios de otras zonas pirenaicas como la Sierra de Guara (Herrero y cols., 2006), el Parque Natural del Señorío de Bértiz (Herrero y cols., 2002) o el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Villagrasa, 2019).

Las metodologías utilizadas han sido adecuadas, ya que la combinación de búsqueda bibliográfica, encuestas, recogida de testimonios y fototrampeo han permitido conocer la presencia y la potencialidad de especies de meso- y macromamíferos y elaborar recursos cartográficos de su distribución en el área de estudio.

Por un lado, las imágenes obtenidas con cámaras confirman las declaraciones de las encuestas, mientras que estas añaden información a cada especie como sus hábitos, interacciones con otras especies, la variación de su distribución y la abundancia o el tiempo que llevan presente en la zona. Por otro lado, las encuestas también nos permiten conocer la percepción humana sobre las distintas especies, lo cual es de gran importancia de cara a la gestión y la conservación tanto de las especies ya presentes en la zona como de aquellas que debido a procesos de dispersión podrían llegar y, por lo tanto, con las cuales convivir. Además, estas herramientas son de bajo coste, lo que permitiría continuar con el estudio en el tiempo para la detección de especies ausentes actualmente.

Las encuestas a la población local, aunque pueden estar sesgadas debido a las circunstancias y las características de cada persona y a la localización de la mayoría de los avistamientos (corrales, carreteras...), han sido útiles a la hora de elaborar el listado de especies presentes. Estos datos, al haber sido obtenidos a raíz de la observación por personas ligadas al área de estudio, han permitido ubicar en el tiempo la aparición de algunas especies como el ciervo o el corzo, así como conocer la percepción de la comunidad de mamíferos que les rodea, nuevamente condicionada por el tipo de relación de cada encuestado con la fauna.

En este sentido, los APN y las personas cuyo trabajo se centra en la naturaleza tienen un elevado conocimiento de los mamíferos en general, mientras que los cazadores por su relación con el campo, aunque hayan avistado diversas especies, en ocasiones no saben identificarlas y su conocimiento se centra en las especies cinegéticas, y desconocen los mamíferos acuáticos. Las personas aficionadas a la naturaleza y a la observación de fauna tienen también un conocimiento general, presentando especial atención a los rastros.

El erizo europeo es una especie de costumbres solitarias, que se encuentra ampliamente distribuido en península ibérica. Se trata de una especie forestal con afinidad por el ecotono arbustivo entre el bosque y las zonas abiertas de escasa cobertura (Nores, 2007). Por lo tanto, debido a las características del área de estudio y al avistamiento por parte de algunos locales, el erizo se encuentra presente en la zona. Se trata de una especie de la que no existe mucha información, sin embargo, se pueden dar procesos de disminución



poblacional debido a factores como la pérdida de hábitat (García y cols., 2009), por lo que el estudio de sus poblaciones, en general, y en la Galliguera supondría una buena herramienta para su conservación.

Entre los carnívoros, el zorro es una especie generalista y con una gran plasticidad ecológica, encontrándose en todo tipo de hábitats tanto naturales como urbanos y suburbanos (López-Martin, 2017). Atendiendo a las declaraciones de capturas muestra tendencia creciente.

El tejón es una especie muy abundante y conocida entre la gente por sus rastros (huellas, letrinas y tejoneras) y por los daños que produce en los huertos. También es conocido debido a su carácter agresivo y territorial, habiendo llegado a atacar a los perros de alguno de los cazadores encuestados. La garduña está presente en casi toda la España peninsular, ocupando una gran diversidad de hábitats, desde zonas de estepa, bosque mediterráneo adhesionado y bosque caducifolio o de coníferas (Reig, 2007), por lo que no es de extrañar el hecho de que haya sido el mamífero que más se ha detectado mediante fototrampeo y de que esté presente en los tres hábitats estudiados. La abundancia y la ubicuidad de garduña y tejón coincide con su elevada incidencia en atropellos en Aragón (Vidal Vallés y Pérez Collazos, 2016).

Cabe destacar la presencia del gato montés en los tres ambientes estudiados, lo que sumado a que ha sido avistado por la mayoría de los encuestados, podría ser abundante en la zona, en especial en la ribera del río. Es una especie de hábitos solitarios, siendo solo durante el celo cuando machos y hembras se juntan unos pocos días (García-Perea, 2007) durante el celo, que tiene lugar entre finales de diciembre y primeros de agosto (Nowell y Jackson, 1996). Este dato es interesante, ya que durante la primera jornada de fototrampeo (llevada a cabo la segunda quincena de agosto) se fotografiaron juntos dos ejemplares de gato montés en Sierra Mayor (fig. 23). Tiene preferencia por hábitats heterogéneos con zonas abiertas y masas forestales (Lozano, 2017) pudiendo encontrarse también en sotos fluviales (García-Perea, 2007), tal y como se ha podido comprobar en este artículo. La hibridación del gato montés con el doméstico es un proceso que parece producirse cada vez con más frecuencia y que afecta a su conservación en otros países de Europa (Pierpaoli y cols., 2003; Kilshaw y cols., 2016). Según estudios realizados en la península ibérica, el mayor grado de

pureza del gato montés se encuentra en su mitad norte (Oliveira y cols., 2008; Prieta, 2020), por lo que, además, el estudio de la población de gato montés en la Galliguera podría tener una gran importancia para su conservación. Por otro lado, la observación de las camadas de gatos domésticos, por ejemplo, en Biscarrués, indican cruces entre gatos domésticos y monteses.

La gineta, a pesar de sus hábitos generalistas (Calzada, 2007) ha sido detectada mediante fototrampeo y observación de letrinas solamente en la ribera, lo que podría indicar una mayor abundancia en este medio con respecto al resto de medios forestales. Da la impresión de que siente curiosidad por las cámaras.

La marta es un mamífero de hábitos nocturnos cuya distribución en España se limita a la franja montañosa formada por la cordillera Cantábrica y sus estribaciones en Galicia y los Pirineos (López-Martín, 2017) y Prepirineo (Barja, 2017). La zona de estudio se encuentra en el límite sur de su distribución (Couto y cols., 2006) y su presencia no ha podido ser confirmada, aunque ha aparecido en un fototrampeo en el cercano embalse de La Peña (P. Acevedo, comentario personal) y hay citas de haberse cazado en Bernués hacia 1960. Otra cita oral sobre trampeo señala su presencia en Santa Eulalia hacia 1950, por lo que podría estar presente, probablemente de forma esporádica, en la zona y aparecer en un futuro.

El turón es una especie muy escasa en la península ibérica (Virgós y cols., 2007) de la que existe muy poca información y que parece encontrarse en declive en toda Europa (Croose y cols., 2018). Sin embargo, es conocido por los locales, aunque también confundido con otros mustélidos quizás con hurones asilvestrados.

Por tanto, los mesocarnívoros terrestres parecen estar en auge. La excepción es la comadreja, que actualmente se considera en regresión previsiblemente debido a las alteraciones climáticas (Palazón, 2017), además de que su abundancia está directamente ligada a topillos y pequeños roedores, lo que puede causar ciclos plurianuales según la abundancia de presas (Mougeot y cols., 2019). Se trata de una especie que vive en una gran diversidad de hábitats, siempre y cuando este le proporcione alimento y cobertura vegetal como refugio (Palazón, 2017). No se conoce con exactitud su

distribución en el territorio español debido a las dificultades que presenta su muestreo (Gisbert y Santos-Reis, 2007).

En relación con los mesocarnívoros semiacuáticos, la nutria paleártica experimentó una gran regresión a partir de los años cincuenta del siglo XX que la llevó a desaparecer en gran parte de la península ibérica (Delibes, 1990; Ruiz-Olmo, 2017). En el Gállego hubo importantes vertidos tóxicos en Sabiñánigo tanto de la papelera Celulosas del Pirineo como de Inquinoso (lindano). Hoy se observa un gran incremento en la distribución de la especie en toda España y en Huesca en particular (López-Martín y Jiménez, 2004-2006; Jiménez y cols., 2007; Ruiz-Olmo y Clavero, 2008). La recuperación también se observa en el Gállego, tal vez favorecida por la presencia de una de sus principales presas, el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) (Ruiz-Olmo y Clavero, 2008).

No se han detectado visones ni existen citas de visón americano ni europeo. Ambos se encuentran en expansión en zonas cercanas como el Jalón (Gómez y cols., 2011).

El castor europeo ha aparecido recientemente, fruto de su expansión natural a partir de una reintroducción ilegal próxima al río Aragón (Ceña y cols. 2004) y se encuentra en pleno proceso expansivo en el Gállego (Sanz, 2020; Lera y cols., 2021). Su ecología está completamente ligada al medio acuático y a sus riberas por lo que juega un papel muy importante en su hábitat como generador y modificador de nichos ecológicos (Echegaray y cols., 2020), por lo que fomentaría la biodiversidad y la riqueza del bosque de ribera de la zona.

La marmota alpina, introducida desde el Pirineo francés, es un roedor propio de ambientes supraforestales por encima de los 1200 metros. Su presencia en el área de estudio, en Sarsamarcuello, es una probable dispersión, ya que el hábitat ocupado (bosque y matorral) no es el adecuado para su instauración (Barrio y cols., 2012).

La ardilla roja es una especie forestal de mediano tamaño muy abundante en la zona según los encuestados, aunque solo ha sido detectada mediante fototrampeo en la ribera y la abundancia de piñas raídas. En Aragón existen dos subespecies, *Sciurus vulgaris alpinus* en los Pirineos (de pelaje negruzco) y *Sciurus vulgaris rufus* (de pelaje rojizo) en el valle del

Ebro (Purroy, 2007), aunque estas difieren únicamente en su fenotipo. Atendiendo a una de las encuestas podrían ambas estar presentes.

La presencia de mapache, publicitada en enero de 2022, ha sido una sorpresa. Por el momento, solo se conoce su presencia.

Entre los lagomorfos, el conejo actualmente es escaso en la Galliguera, donde fue muy abundante hasta la mixomatosis. Se considera que su ausencia puede deberse a la falta de un hábitat apropiado para él por la desaparición de mosaicos mixtos, por la matorralización y a que prefieren zonas con suelos arenosos y blandos. Los locales no los consideran una plaga, a diferencia de en otras zonas de Aragón que se ven afectadas por la superpoblación de conejos y en las cuales se establecen medidas extraordinarias para su control (Gobierno de Aragón, 2020). En cuanto a las liebres, en el Prepirineo, la europea se encuentra en su límite meridional de presencia y la ibérica en su límite septentrional (Ballesteros, 2003). Ambas están presentes en la zona y son bien conocidas por la población local.

La presencia de ungulados y especies cinegéticas en la Galliguera es también importante, destacando el jabalí, muy abundante, ocupando la totalidad de cuadrículas UTM 10 × 10 kilómetros en Aragón, y que supone el eje de la caza en la zona. Para los encuestados esta especie llega a considerarse una plaga que aumenta con los años, dato que se confirma con la tendencia creciente de las declaraciones de captura. En relación con el género *Sus*, existe una cita de cerdo vietnamita (*Sus scrofa domesticus*), considerada especie exótica invasora. Su origen es probablemente producto de escapes o abandonos, ya que ha sido una mascota habitual en toda Europa y en España, y se han observado numerosos casos de cerdos vietnamitas en libertad distribuidos por todo el país con indicios de reproducción y cruces con jabalíes o cerdos asilvestrados (Delibes-Mateos y Delibes, 2013).

La presencia del ciervo en la zona es debida a la reintroducción llevada a cabo en los años sesenta del siglo xx en los montes de Agüero, Santa Eulalia y Luna (Osuna y cols., 2006-2008) y su posterior expansión. Al igual que el resto de ungulados silvestres de Aragón, muestra tendencia al incremento en la línea de lo señalado por Marco (1989). Tal es el caso del corzo, que apareció en la zona hace unos veinte años y que desde 2011-2015 ya ocupaba la totalidad de Aragón (Ferrerres y cols., 2011; Marco y

cols., 2011; Hernández, 2018). Ambos cérvidos muestran tendencia positiva en capturas y abundancia en la zona (Berges, 2019).

Gamo (*Dama dama*) y muflón (*Ovis orientalis musimon*), conocidos por los encuestados, no parecen tener población en la Galliguera y poseen una población exigua en el conjunto del Prepirineo y en el valle medio del Ebro fruto de escapes de cercados cinegéticos, desde al menos los años noventa del siglo xx (Hernández y cols., 2017). En el caso del gamo ha sido avistado algún ejemplar procedente de algún coto cercado de la zona de Gurrea de Gállego.

La presencia puntual de sarrío desde los años noventa del siglo xx puede considerarse un resultado de la recuperación de sus poblaciones en el conjunto del Pirineo (Herrero y cols., 2004). Dadas las limitaciones climáticas que afectan a la distribución de esta especie y la restringen normalmente por encima de los 1200 metros en el Pirineo, no parece que la zona vaya a poder albergar una población estable.

Sin embargo, la predominancia forestal de la zona sí es adecuada para la cabra montesa (Lucas y cols., 2016), que ha hecho su reciente aparición en la sierra de Loarre, fruto del escape de ejemplares desde el coto cercado de Bastarás, en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara a partir de los años ochenta del siglo xx (Herrero y cols., 2013). El avistamiento de un pequeño grupo en La Paúl, al sur de Gurrea de Gállego hace pensar que cabras procedentes originalmente de la serranía ibérica han cruzado el Ebro en las proximidades de Zaragoza. Por otro lado, las condiciones actuales de abandono rural, recuperación forestal y gran diversidad de meso- y macromamíferos, hace suponer que la zona alberga condiciones adecuadas para el asentamiento del lobo en los próximos años (Blanco, 2017; González-Díaz y cols., 2020). Lobos hubo en la Galliguera hasta 1920 y se exterminaron mediante veneno.

Los testimonios reiterados de lince ibérico hasta los años ochenta del siglo xx en la misma zona, parecen indicar que la especie estuvo presente. El cambio de paisaje, de mosaico a bosque continuo, y la escasez de conejo, su principal presa (Calzada y cols., 2007; Alfaya, 2020), sugieren que, tal vez, la zona no ofrezca hoy condiciones de hábitat adecuadas para la existencia de una población en la actualidad.

En resumen, desde los años setenta del siglo XX el área de estudio ha visto como aumentaban las especies de meso- y macromamíferos en un proceso de recuperación que continúa hasta la actualidad.

## **Conclusiones**

Las principales conclusiones con respecto a los meso- y macromamíferos de la Galliguera son las siguientes:

- En la actualidad existen veintidós especies presentes.
- La mayor riqueza de especies se da en la ribera.
- En los últimos diez años han hecho su aparición cuatro nuevas especies: sarrio, cabra montesa, castor europeo y mapache.
- El número de ungulados silvestres ha aumentado desde los años sesenta del siglo XX, pasando de uno a seis.
- Los ungulados silvestres muestran una tendencia al incremento, distributivo y numérico, fruto de expansiones naturales, reintroducciones y escapes.
- Los mesocarnívoros terrestres tienden a ir en aumento.
- Los mesocarnívoros acuáticos se encuentran ausentes o muy escasos, a excepción de la nutria.
- No se ha constatado la presencia de marta ni de turón.
- Las encuestas y el fototrampeo se han revelado como técnicas adecuadas y complementarias para conocer la composición de la comunidad de meso- y macromamíferos.
- Existe un buen conocimiento de estas especies por parte de la población local.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Diputación Provincial de Huesca por financiar el proyecto “Observación de mamíferos en la Galliguera como base para actividades de turismo de naturaleza”, Premio de Investigación Félix de Azara 2019. A Antonio

Artero, de la Sociedad de cazadores Peña del Sol, por mostrarnos el monte de Sarsamarcuello y ayudar en la colocación de las cámaras. A los APN que invirtieron su tiempo y se coordinaron para poder responder a las encuestas. A los cazadores de Agüero, Santa Eulalia y Ayerbe, por sus conocimientos. A M.<sup>a</sup> Dolores Giménez por aportar sus cámaras para el trabajo de campo y enseñarnos el sendero botánico de Biscarrués.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbaba, B., y Z. Ayaş (2012). Camera trap study on inventory and daily activity patterns of large mammals in a mixed forest in north-western Turkey. *Mammalia*, 76: 43-48.
- Alfaya, P. (2020). *Evaluación de la idoneidad de hábitat, composición de la dieta y estructura del paisaje en una población aislada de lince ibérico (Lynx pardinus Temminck, 1827) en el centro peninsular*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 106 pp.
- Anguita, J. C., J. R. Labrador, J. D. Campos, J. Casas Anguita, J. Repullo Labrador y J. Dondo Campos (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención primaria*, 31 (8): 527-538.
- Ballesteros, F. (2003). Liebre de piornal, *Lepus castroviejoi* (Palacios, 1976). *Galemys*, 15 (1): 3-13.
- Barja, I. (2017). Marta – *Martes martes*. En A. Salvador e I. Barja (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid <<http://www.vertebradosibericos.org/>>.
- Barrio, I. C., J. Herrero, C. G. Bueno, B. C. López, A. Aldeazábal, A. Campos-Arceiz y R. García-González (2012). The successful introduction of the alpine marmot *Marmota marmota* in the Pyrenees, Iberian Peninsula, Western Europe. *Mammal Review*, 43: 142-155.
- Berges, P. (2019). *Estima poblacional y evolución de ciervo y corzo en Agüero, Prepirineo aragonés 2008-19*. Trabajo de fin de grado. Universidad de Zaragoza. Huesca.
- Blanco, J. C. (2017). Lobo – *Canis lupus*. En A. Salvador e I. Barja (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Botello, F., G. Monroy, P. Illoldi-Rangel, I. Trujillo-Bolio y V. Sánchez-Cordero (2007). Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78: 207-2010.
- Calzada, J. (2007). *Genetta genetta* (Linnaeus, 1758). En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 330-332. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Calzada, J., J. Nicolás-Guzmán y A. Rodríguez (2007). *Lynx pardinus* (Temminck, 1827). En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos*

- de España*: 345-347. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Ceña, J. C., I. Alfaro, A. Ceña, U. Itoitz, G. Berasategui e I. Bidegain (2004). Castor europeo en Navarra y La Rioja. *Galemys*, 16 (2): 91-98.
- Chávez, C., A. de la Torre, H. Bárcenas, R. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos (2013). *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre*. Alianza WWF-Telcel. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- CITES (2021). *Lista de las especies de la CITES (2013)*. PNUMA. WCMC.
- Climate-Data (2021). *Clima de Santa Eulalia de Gállego*. Recuperado de <<https://n9.cl/55mme>>.
- Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (CINZ) (2000). *Código internacional de nomenclatura zoológica*. Sociedad de Amigos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. 156 pp.
- Couto, S., J. Herrero, A. Senosiain, C. Prada y A. García-Serrano (2006). Nuevos datos sobre la presencia de marta, *Martes martes* (Linnaeus, 1758) en el Prepirineo aragonés y navarro. *Galemys*, 18: 1-2.
- Croose, E., J. W. Duckworth, S. Ruetter, D. V. Skumatov, V. Kolesnikov y V. Saveljev (2018). A review of the status of the Western polecat *Mustela putorius*: a neglected and declining species? *Mammalia*, 82, 6: 550-564.
- Cueva, X., y M. Peck (2010). Macro- y mesomamíferos de la Reserva Comunitaria Santa Lucía, Pichincha-Ecuador. *Boletín Técnico 9, Serie Zoológica*, 6: 98-110.
- Delibes, M. (1990). *La nutria (Lutra lutra) en España*. ICONA. Madrid. 198 pp.
- Delibes, M., y J. Palomo (2007). *Los mamíferos de España. Atlas de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Delibes-Mateos, M., y A. Delibes (2013). Pets becoming established in the wild: free-living Vietnamese potbel-ied pigs in Spain. *Animal Biodiversity and Conservation*, 36.2: 209-215.
- Díaz-Pulido, A., y E. Payán (2012). *Manual de fototrampeo. Una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. Bogotá. 32 pp.
- Echegaray, J., C. Pérez de Obanos y E. Artika (2020). *FAQ / Preguntas frecuentes sobre el castor europeo (Castor fiber)*. *Manual de divulgación y guía de tratamiento informático*. 55 pp.
- Ferreres, J., M. A. Escudero, E. Ferrer y J. Marco (2011). Gestión del corzo en Zaragoza: de conservación a control poblacional. *Pirineos. Revista de Ecología de Montaña*, 166: 69-86.
- García, S., X. Puig y A. Periz (2009). Actividad y uso del hábitat por parte del erizo europeo (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758) en el Parque Natural de la Serralada de Marina (Barcelona, Cataluña). *Galemys*, 21: 13-23.



- García-González, R. (2005). Los mamíferos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. *Naturaleza Aragonesa*, 14: 37-45.
- García-González, R., y J. Herrero (2007). *Rupicapra pyrenaica* Bonaparte, 1845. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos de España*: 362-365. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- García-Perea, R. (2007). Gato montés *Felis silvestris* Schreber, 1777. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 333-338. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Gisbert, J., y M. Santos-Reis (2007). *Mustela nivalis* Linnaeus, 1766. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Gobierno de Aragón (2020). Anexo II: Términos municipales con sobrepoblación de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en los que se establecen medidas extraordinarias para su control poblacional. *Boletín Oficial de Aragón*, 131, de 3 de julio de 2020.
- Gobierno de España (1989). Real Decreto 1095/1989, de 8 de septiembre, por el que se declaran las especies objeto de caza y pesca y se establecen normas para su protección. *Boletín Oficial del Estado*, 2018, de 12 de septiembre de 1989.
- Gómez, A., A. Oreca, M. Podra, B. Sanz y S. Palazón (2011). Expansión del visón europeo *Mustela lutreola* (Linnaeus, 1761) hacia el este de su área de distribución en España: primeros datos en Aragón. *Galemys*, 23: 37-45.
- González Arruego, P. (2018). *Curso de formación ambiental para guías de aguas bravas en el río Gállego*. Trabajo de fin de grado. Universidad de Zaragoza. Huesca.
- González, J., J. Herrero, C. Prada y J. Marco (2013). Changes in wild ungulate populations in Aragon, Spain between 2001 and 2010. *Galemys*, 25: 51-57.
- González-Díaz, B., J. Ruiz-Fernández, C. García-Hernández y J. A. González-Díaz (2020). La presencia del lobo ibérico (*Canis lupus signatus*) en ambientes humanizados de la Montaña Central Asturiana. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 86 <<https://doi.org/10.21138/bage.2920>>.
- Hernández, R. (2018). *Distribución de los ungulados silvestres y asilvestrados en Aragón durante el quinquenio 2011-2015 y su evolución desde mediados del siglo XIX*. Trabajo de fin de grado. Universidad de Zaragoza. Huesca.
- Hernández, E. L., J. F. Moreira-Ramírez, N. Meyer, K. Sánchez-Pinzón y R. Reyna-Hurtado (2017). Descubriendo lo que no se puede ver. *Ecofronteras*, 21 (61): 26-29.
- Herrero, J., A. Aldezabal, I. Garin y A. García-Serrano (2002). Los macro- y mesomamíferos como indicadores ecológicos del estado de conservación del Parque Natural del Señorío de Bertiz. *Ecosistemas*, 11 (2).
- Herrero, J., E. Escudero, D. Fernández de Luco y R. García-González (2004). *El sarrío pirenaico* *Rupicapra p. pyrenaica*: *biología, patología y gestión*. *Actas de las Primeras Jornadas sobre el Sarrío Pirenaico*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón y de la Fundación para el Estudio y Defensa de la Naturaleza y la Caza. Serie Investigación, 46. Zaragoza.

- Herrero, J., C. Prada, A. García-Serrano y O. Fernández-Arberas (2006). *Mamíferos de Guara*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Difusión, 14. Zaragoza.
- Herrero, J., O. Fernández Arberas, C. Prada, A. García-Serrano y R. García-González (2013). An escaped herd of Iberian wild goat (*Capra pyrenaica*, Schinz 1938, Bovidae) begins the re-colonization of the Pyrenees. *Mammalia*, 77 (4): 403-407.
- Jiménez, J., J. Ruiz Olmo, J. P. López Martín y M. Delibes (2007). ¿Por qué se está recuperando la nutria en España? En J. M. López Martín y J. Jiménez Pérez (eds.), *La nutria en España: veinte años de seguimiento de un mamífero amenazado*: 273-304. SECEM. Málaga. 493 pp.
- Jones, K., y K. Safi (2011). Ecology and evolution of mammalian biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B Bio Sci.*, 12: 2541-2461.
- Kilshaw, K., R. A. Montgomery, R. D. Campbell, D. A. Hetherington, P. J. Johnson, C. Andrew, A. C. Kitchener, D. W. Macdonald y J. J. Millspaugh (2016). Mapping the spatial configuration of hybridization risk for an endangered population of the European wildcat (*Felis silvestris*) in Scotland. *Mammal Research*, 61: 1-11.
- León, J., y J. A. Cuchí (2019). *Guía del Sendero Botánico de la Galliguera*. Lecinera. Erés. 216 pp.
- Lera J., J. León, M. D. Giménez, R. Vidaller y J. A. Cuchí (2021). Nota sobre la reciente colonización del castor europeo en el cauce medio del río Gállego. *Lucas Mallada*, 24 [en prensa].
- Longino, J., y R. K. Colwell (1997). Biodiversity assessment using structured inventory: Capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological Applications*, 7 (4): 1263-1277.
- López, M., y J. Jiménez (2004-2006). *La nutria en España. Veinte años de seguimiento de un mamífero amenazado*. SECEM. Málaga.
- López-Martín, J. M. (2017). Zorro – *Vulpes vulpes*. En A. Salvador e I. Barja (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Lozano, J. (2017). Gato montés – *Felis silvestris*. En A. Salvador e I. Barja (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Lucas, P. M., J. Herrero, O. Fernández-Arberas, C. Prada, A. García-Serrano, H. Saiz y C. Alados (2016). Modelling the habitat of a wild ungulate in a semi-arid mediterranean environment in southwestern Europe: small cliffs are key predictors of the presence of Iberian wild goat. *Journal of Arid Environments*, 129: 56-63.
- Marco, J. (1989). *Biología, manejo poblacional y cinegético del ciervo*. DGA. Zaragoza. 32 pp.
- Marco, J., J. Herrero, M. A. Escudero, O. Fernández-Arberas, J. Ferreres, A. García-Serrano, A. Giménez-Anaya, J. L. Labarta, L. Monrabal y C. Prada (2011). Veinte años de

- seguimiento poblacional de ungulados silvestres de Aragón. *Pirineos-Revista de Ecología de Montaña*, 166:135-153.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) (2017). *Lista patrón de los mamíferos terrestres de España*. SECEM. Málaga.
- Ministerio de Medio Ambiente de Perú (MINAM) (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiación del Patrimonio Natural. Lima.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España (2020). *Catálogo Español de especies exóticas invasoras. Sus scrofa var. Domestica raza vietnamita*. Memoria técnica.
- Mougeot, F., X. Lambin, R. Rodríguez Pastor, J. Romairone y J. J. Luque-Larena (2019). Respuesta numérica de la comadreja a cambios de abundancia de topillo campesino y otras presas en zonas agrícolas del noroeste de España. En *Actas XIV Congreso SECEM*.
- Nores, C. (2007). *Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 80-82. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Nowell, K., y P. Jackson (1996). *The Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan*. International Union for Nature Conservation/Cat Specialist Group. Gland. Suiza.
- Oliveira, R., R. Godinho, E. Randi, N. Ferrand y P. C. Alves (2008). Molecular analysis of hybridisation between wild and domestic cats (*Felis silvestris*) in Portugal: Implications for conservation. *Conservation Genetics*, 9 (1): 1-11.
- Ollero, A., M. Sánchez, J. Marín, M. Fernández, D. Ballarín, D. Mora, R. Montorio, S. Beguería y M. Zúñiga (2004). *Caracterización hidromorfológica del río Gállego. Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*. Universidad de Zaragoza. IFC. Zaragoza.
- Osuna, D., C. Prada, J. Herrero y J. Marco (2006-2008). Distribución de los ungulados silvestres en Aragón (2001-2005) determinada a partir de encuestas. *Lucas Mallada*, 13: 193-215.
- Owen, R. D. (2000). La importancia de los inventarios cuantitativos en la conservación de la fauna silvestre. En *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica*: 15-28. Fundación Moisés Bertoni. Asunción. Paraguay.
- Palazón, S. (2017). Comadreja – *Mustela nivalis*. En A. Salvador e I. Barja (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Palomo, L. J., J. Gisbert y J. C. Blanco (2007). *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid. 588 pp.
- Pierpaoli, M., S. Birò, M. Herrmann, K. Hupe, M. Fernandes, B. Ragni, L. Szemethy y E. Randi (2003). Genetic distinction of wildcat (*Felis silvestris*) populations in Europe, and hybridization with domestic cats in Hungary. *Molecular Ecology*, 12: 2585-2598.

- Prieta, J. (2020). Gato montés. Hibridación con gato doméstico en Europa. Recuperado de <<https://n9.cl/x2ukp>>.
- Purroy, J. P. (2007). *Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco. (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 378-380. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Quero, V. (2020). Uso de cebos en fototrampeo, ¿qué debemos de tener en cuenta? *Geo innova*. Recuperado de <<https://n9.cl/xyymvp>>.
- Reig, S. (2007). *Martes foina* Erxleben, 1777. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 305-307. Dirección General de Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Rodríguez, A., y M. Delibes (1990). *El lince ibérico en España. Distribución y problemas de conservación*. ICONA. Madrid. 116 pp.
- Ruiz-Olmo, J. (2007). *Lutra lutra* Nutria. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 312-314. Dirección General de Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.
- Ruiz-Olmo, J. (2017). Nutria – *Lutra lutra*. En A. Salvador e I. Barja (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Ruiz-Olmo, J., y M. Clavero (2008). Los cangrejos en la ecología y recuperación de la nutria en la península ibérica. En J. M. López-Martín y J. Jiménez (eds.), *La nutria en España. Veinte años de seguimiento de un mamífero amenazado*: 369-396. SECEM. Málaga.
- Sanz, B. (2020). El castor europeo en el municipio de Zaragoza. Incidencia en los sotos ribereños del Ebro / The European beaver in the municipality of Zaragoza. Incidence in the riverside groves of the Ebro river. *Galemys*, 32: 72-76.
- Tirira, D. (1998). *Técnicas de campo para el estudio de mamíferos silvestres. Biología, sistemática y conservación de los mamíferos del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. Publicación Especial, 1: 93-125.
- UICN (2013). *Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN / SSC Action Plans for the Conservation of Biological Diversity. Gland.
- Vidal Vallés, D., y E. Pérez Collazos (2016). Incidencia de atropellos de mamíferos silvestres no cinegéticos en la red viaria de la Comunidad Autónoma de Aragón (2012-2014). *Lucas Mallada*, 18: 47-66.
- Vidaller, R. (2013-2014). O lesico d'a fauna en aragonés: apuntes taxonomicos. *Luenga & fablas*, 17-18: 97-116.
- Villagrasa, E. (2019). *Mamíferos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*. Diputación Provincial de Huesca. PRAMES. Huesca. 267 pp.
- Virgós, E., S. Cabezas-Díaz y J. Lozano (2007). *Mustela putorius* Linnaeus, 1758. En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 297-298. Dirección General para la Biodiversidad. SECEM-SECEMU. Madrid.

LUCAS MALLADA, 24 (2022)

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## RED-EARED SLIDER: A THREAT TO INDIGENOUS FRESHWATER TURTLES IN AN IBERIAN CONTINENTAL WETLAND

Carlos Montull<sup>1</sup> | Joaquín Guerrero-Campo<sup>2</sup>  
Francisco Sebastián<sup>2</sup> | Juan Herrero<sup>1</sup>

**RESUMEN** *El galápagos de Florida: una amenaza para los galápagos autóctonos en un humedal continental del noreste ibérico.* Analizamos los cambios en la estructura y la dinámica de las poblaciones entre 2004 y 2015 de dos galápagos autóctonos, el galápagos leproso (*Mauremys leprosa*) y el galápagos europeo (*Emys orbicularis*), que conviven con la especie exótica invasora *Trachemys scripta elegans* en la Reserva Natural Dirigida de Los Sotos y Galachos del Ebro, un humedal continental del noreste ibérico. Se extrajeron 206 galápagos de Florida. Sin embargo, a pesar del esfuerzo de extracción, sus capturas se mantuvieron constantes en el tiempo. El galápagos de Florida se reproduce en la naturaleza y prevalecen las hembras de gran tamaño, que podrían provenir en parte de cautividad. Las capturas de galápagos leproso fueron aumentando: su estimación poblacional pasó de 36 a 90 ejemplares, manteniendo una proporción equilibrada de sexos y un predominio de ejemplares grandes. La estimación de galápagos europeo se mantuvo en el tiempo (28 ejemplares). La proporción de ejemplares pequeños (juveniles) fue baja (8,8 % y 10,4 % respectivamente) en los galápagos autóctonos y mucho mayor (24,1 %) en el galápagos de Florida, probablemente debido a su

---

<sup>1</sup> Technical School. Department of Agrarian and Environmental Sciences. University of Zaragoza. E-22071 Huesca (Spain). [carlosmontullcerceda@gmail.com](mailto:carlosmontullcerceda@gmail.com), [herreroj@unizar.es](mailto:herreroj@unizar.es)

<sup>2</sup> Department of Agriculture, Livestock and Environment. Government of Aragon. Paseo María Agustín, 36. E-50071 Zaragoza (Spain). [jguerrero@aragon.es](mailto:jguerrero@aragon.es), [fsebastian@aragon.es](mailto:fsebastian@aragon.es)

mayor tasa de reproducción. El seguimiento de las tres especies y la extracción de la especie exótica deben continuar para garantizar la viabilidad de los galápagos autóctonos y se deben desarrollar campañas de educación ambiental para evitar la liberación de nuevos galápagos exóticos en la naturaleza.

**PALABRAS CLAVE** *Trachemys scripta*. *Emys orbicularis*. *Mauremys leprosa*. Competición. Especies invasivas. Reserva Natural Dirigida de Los Sotos y Galachos del Ebro. Noreste ibérico (España).

**ABSTRACT** We analysed (2004-2015) the changes in population structure and dynamics of two native freshwater turtles —the Mediterranean pond turtle (*Mauremys leprosa* Schweigger, 1812) and the European pond turtle (*Emys orbicularis* L., 1758)— and the invasive American red-eared slider *Trachemys scripta* which co-exist in the Ebro Sotos and Galachos Managed Natural Reserve, a continental wetland in NE Iberia. Two hundred and six red-eared sliders were removed. In spite of removal efforts, captures still do not decrease overtime. The Florida red-eared slider breeds in the wild and large females prevail, some of which may come from captivity. Captures of Mediterranean pond turtle were increasing overtime, its population estimate grew from 36 to 90, maintaining a balanced sex ratio and a predominance of large specimens. The estimated number of European pond turtle was maintained overtime (28 specimens). The proportion of small native freshwater turtles (juveniles) was low (8.8% and 10.4% respectively) while there was more than twice as many red-eared sliders (24.1%), probably due to their higher reproduction rate. The monitoring of the three species and the removal of the red-eared slider must proceed to ensure the viability of native freshwater pond turtles, and environmental education campaigns should be developed to prevent the release of new red-eared sliders in the wild.

**KEYWORDS** *Trachemys scripta*. *Emys orbicularis*. *Mauremys leprosa*. Competition. Invasive species. Ebro Sotos and Galachos Managed Natural Reserve. Northeast of Iberian Peninsula (Spain).

## INTRODUCTION

The American red-eared slider *Trachemys scripta* Schoepff, 1792 is considered one of the most harmful exotic species for native fauna out of the worst 100 invasive species (Lowe *et al.*, 2000). It is also one of the most commonly traded pet reptiles in Spain (Pérez-Santigosa *et al.*, 2008), and the one that has occupied most territory (Martínez-Silvestre *et al.*, 2015a). Originally from Southeast United States of America and Northeast Mexico, it was exported worldwide as a pet (Arvy and Servan, 1996; Barquero,

2001). Whether when they have escaped or they have been released, they have adapted well in many areas, generating well-documented impacts (Chen and Lue, 1998; Cady and Joly, 2004; Patiño-Martínez and Marco, 2005; Pearson *et al.*, 2015). In the Iberian Peninsula, its main impact is its competitive superiority and the displacement of the native freshwater turtles, the Mediterranean pond turtle *Mauremys leprosa* Schweigger, 1812 (Vulnerable; Bertolero and Busack, 2017) and the European pond turtle *Emys orbicularis* Linnaeus, 1758 (Near Threatened; Van Dijk and Sindaco, 2004). These have suffered a considerable decline, due to the red-eared slider's competitive advantage (Cady and Joly, 2004; Polo-Cavia *et al.*, 2014), and other reasons such as habitat loss and expansion of exotic invasive predatory fishes (Ayres, 2015; Díaz-Paniagua *et al.*, 2015).

The red-eared slider has a larger size, an earlier sexual maturity, a longer daily and annual activity, longer laying periods, a larger fecundity, a more diversified diet and, only with respect to the European pond turtle, a larger tolerance to contamination and human presence (Andreu *et al.*, 2003; Polo-Cavia *et al.*, 2014; Cady and Joly, 2004; Patiño-Martínez and Marco, 2005; Marco *et al.*, 2003; Pleguezuelos, 2002). Native freshwater turtles avoid areas with red-eared slider chemical secretions (Polo-Cavia *et al.*, 2009; 2014). Red-eared sliders are more aggressive and dominant, they compete for food and basking places (Polo-Cavia *et al.*, 2011; 2014) and occupy the best habitats (Franch i Quintana *et al.*, 2007). This competition for basking places negatively affects native freshwater turtle's survival (Pérez-Santigosa *et al.*, 2006, 2011).

These three above mentioned turtles have an adaptable diet to the available food resources. The red-eared slider has a wider trophic range and a more opportunistic diet, depending on the most abundant resource (Pérez-Santigosa *et al.*, 2011). This could be a key aspect for the colonization of scarce resource habitats or abundant red-eared slider populations in comparison to natives (Pérez-Santigosa *et al.*, 2011).

The red-eared slider also has morphologic and thermoregulatory advantages, with a more spherical shape than the Mediterranean pond turtle, which means a lesser surface-volume ratio and a higher thermal inertia, which facilitates heat retention (Polo-Cavia *et al.*, 2014). It is more active in low temperature water compared to natives so it can start its reproductive cycle

earlier. Also, the spherical shell reduces successful predations and is more effective when self-righting (Polo-Cavia *et al.*, 2014). Its escape response also gives it some advantages. Therefore, red-eared sliders are more competitive than natives, in terms of reproduction, food, thermal regulation and morphology. Another important effect could also be seen in parasite and illness transmission. Lethargy and lack of movement appears in European pond turtle with trematode *Spirorchis elegans* infestation of the vascular system (Iglesias *et al.*, 2015), an originally American parasite, which is common in its main host, the red-eared slider. This suggests a transmission to native species, with its negative consequences. Additionally, the opposite effect observed in intestinal infections due to native parasites (*Serpinema*), transmitted to the exotic turtles, has been described (Martínez-Silvestre *et al.*, 2015b). Other parasites have been documented in the Mediterranean pond turtle (Meyer *et al.*, 2015).

The aim of this work is to describe the abundance, size, adult sex ratio and trend of the two native and the invasive freshwater turtles living in sympatry in an Iberian continental wetland for eleven years, where the invasive species is being removed from the wild.

## MATERIAL Y METHODS

### Study area

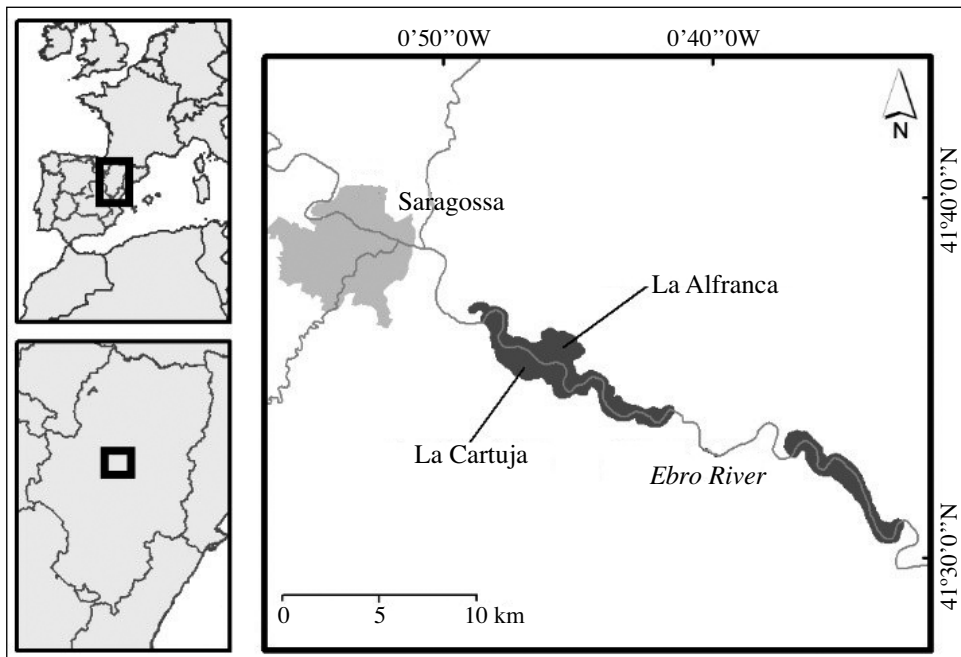
The study area was the relict riverine habitat of the Ebro Sotos and Galachos Managed Natural Reserve, a protected area along the River Ebro near Saragossa, in the centre of Aragon, Spain, of 1,537 hectares, of which 40 % is riverine habitat (fig. 1). Near the Ebro River there are some *galachos*, which are small lagoons originated when the river abandoned old meanders to take a straighter line, the last ones were formed around 1960. The climate is sub-arid, with an average annual precipitation of 302 millimetres, most of which falls in May-June and October-November. Between 1994 and 2011, annual minimum and maximum temperatures were  $-9^{\circ}\text{C}$  and  $43.1^{\circ}\text{C}$ , respectively. In 2017, the median (minimum-maximum) annual water temperature was  $15.5^{\circ}\text{C}$  ( $5.3$ - $26.8^{\circ}\text{C}$ ) and conductivity  $20^{\circ}\text{C}$  was  $1,671\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ( $372$ - $2,479\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Reed *Phragmites australis*, tamarisk *Tamarix africana*, poplar *Populus* spp., willow *Salix* spp., and ash *Fraxinus angustifolia* are predominant in the small, isolated, riverine habitats (Rivas and



Baselga, 2005). Also, the area is a Special Protection Area for Birds (SPA) under the European Union legislation, due to the presence of sedentary, migrant, and breeding birds such as the black-crowned night-heron *Nycticorax nycticorax* (Rivas and Baselga, 2005). In addition, it is part of two European Special Conservation Areas (SCA). SPA and SCA belong to the European Natura 2000 network.

Main fish species are the introduced carp *Cyprinus carpio* and Wels catfish *Silurus glanis*. Medium size mammals are: red fox (*Vulpes vulpes*), stone marten (*Martes foina*), genet (*Genetta genetta*) (all terrestrial), Eurasian otter *Lutra lutra* and European beaver (*Castor fiber*), both aquatic (Rivas and Baselga, 2005).

Sampling was undertaken in two small lagoons formed by abandoned meanders, on each side of the Ebro river, La Alfranca (5 ha, 780 m length) and La Cartuja (3.2 ha, 980 m length), separated by 2 kilometres, which are connected during floods (fig. 1).



**Fig. 1.** Study area (right) and its position in Spain (left up) and in Aragon region (left down), the Ebro Sotos and Galachos Natural Reserve in dark grey with its two lagoons.

## Methodology

We trapped continuously from April to August in 2004, 2005, 2006 and 2015, using 1 metre long floating nets baited with European pilchard *Sardina pilchardus*. Nets were checked two or three times per week. We weighed all captured turtles, and measured and marked native's shells in the field with lateral incisions following Holland (1991) code. Natives were released and red-eared sliders removed.

In 2004, 2005 and 2006 we used ten large nets, always in the same spots. In 2015 it was only possible to access six points, due to the impact of the location of heron breeding colonies, so we only used six large nets. In 2015, in part of the period we used six small nets (60 cm), close to the large ones, in order to obtain a capture effort more similar to previous years, by achieving a similar number of nets per day. To compare capture frequency, we only analysed data from a common annual trapping period from April 30 to August 7. Capture vs .non-capture was calculated with a Pearson  $X^2$  test comparing the number of active nets multiplied by the number of days in which they were checked vs. the number of events in which different natives were captured. The comparison of capture frequency between years was used to estimate if population could increase or decrease.

The size of Native population was estimated using capture-recapture Lincoln-Petersen method (Seber, 1982). In 2005, 2006 and 2015 we undertook population estimations. Population could not be estimated in 2004 due to inconsistency in recapture data. To apply this method, we have considered April 30 to May 31 as the capture period and June 8 to August 7 as the recapture period. Both periods were established to make a roughly similar number of captures and recaptures. Other trappings were undertaken in 2010, 2011 and 2012, with the aim of removing red-eared sliders, using nets and basking traps, that we called unequal trapping effort. The trapping period and number and type of traps varied each year, so results from 2010, 2011 and 2012 years are not comparable to the other sampling.

## Data treatment of the similar sampling effort

To determine population structure, we measured the straight carapace length (cm) with a gauge and we considered three length classes (small,

**Table 1.** Size classes per turtle species (straight carapace length) (Keller, 1997; Outerbridge, 2008).

<i>Size classes</i>	<i>Mediterranean pond turtle</i>	<i>European pond turtle</i>	<i>Red-eared slider</i>
Small (mainly juveniles)	0-8.9 centimetres	0-10.9 centimetres	0-9.9 centimetres
Medium	9-16.9 centimetres	11-14.9 centimetres	10-17.9 centimetres
Large adults	> 17 centimetres	> 15 centimetres	> 18 centimetres

medium and large). The small class corresponds mainly with juveniles (table 1). Sex ratio was only calculated for medium and large specimens, as it is difficult to assign to small ones.

The relation between variables was analysed through non-parametrical tests due to the lack of normality (U of Mann-Whitney, Kruskal-Wallis and Pearson X<sup>2</sup>). We used IBM SPSS v. 19 statistical package.

**Table II.** Number of different turtle species caught (excluding recaptures) in the two lagoons separately.

<i>La Alfranca</i>				
	<i>Mediterranean pond turtle</i>	<i>European pond turtle</i>	<i>Red-eared slider</i>	<i>Total</i>
2004	20	27	1	48
2005	15	20	1	36
2006	17	13	4	34
2010	2	15	3	20
2011	4	9	0	13
2012	1	4	12	17
2015	11	18	0	29
<i>La Cartuja</i>				
2004	15	9	34	58
2005	19	4	17	40
2006	16	4	23	43
2010	14	2	4	20
2011	14	3	33	50
2012	14	4	42	60
2015	38	2	30	70

## RESULTS

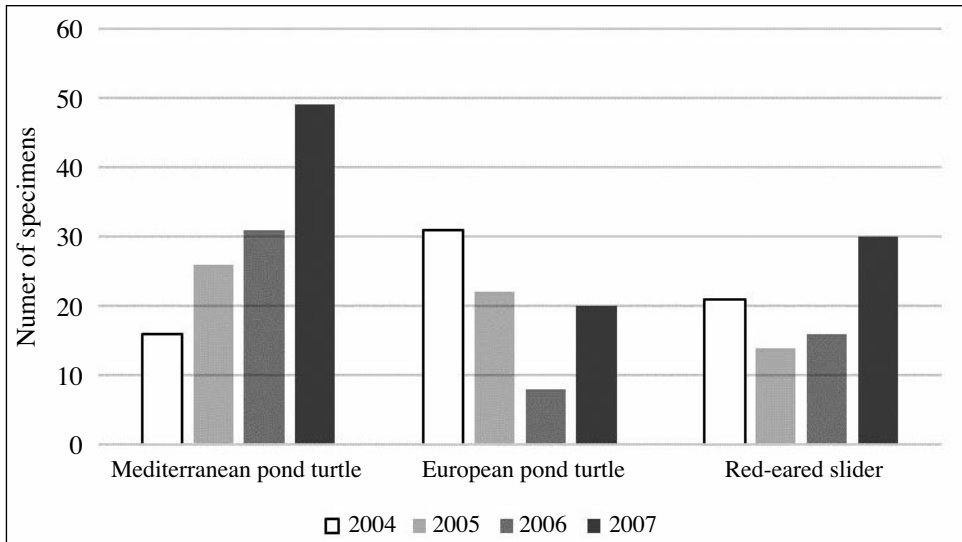
### Overall sampling

The number of different species captured is presented in table II. We captured 204 red-eared sliders between 2004 and 2015 using both methodologies, the equal and the unequal trapping effort. Captures of the European pond turtle are concentrated in La Alfranca lagoon, where red-eared slider is scarce. In La Cartuja lagoon, red-eared slider is abundant and European pond turtles scarce. The level of occupation of Mediterranean pond turtles is similar in both lagoons.

Due to the marking and recapture of all autochthonous specimens, we found that nine marked Mediterranean pond turtles and one European pond turtle moved from one lagoon to the other in both directions between 2004 and 2006. For this reason, both lagoons were considered as part of one single population.

### Equal trapping effort

Mediterranean pond turtle capture frequency increased between 2004 and 2015 ( $X^2 = 23.384, p = 0.000, d. f. = 1$ ), while red-eared slider trend was



**Fig. 2.** Number of different freshwater turtle specimens captured between April 30 and August 7 in 2004, 2005, 2006 and 2015.

**Table III.** Population estimation of Mediterranean and European pond turtles. M, marked turtles during capture period; n, marked turtles during recapture period; R, recaptured turtles; N, estimated number of turtles; SD, standard deviation.

Year	Species	M	n	R	N	N (without bias)	SD
2005	Mediterranean pond turtle	16	14	6	37.3	36.4	11.5
2006	Mediterranean pond turtle	13	12	8	19.5	20.2	4
2015	Mediterranean pond turtle	21	36	8	94.5	90.4	29.5
2005	European pond turtle	12	14	6	28.0	27.9	8.6
2006	European pond turtle	3	2	0			
2015	European pond turtle	5	18	3	30	28.5	15.8

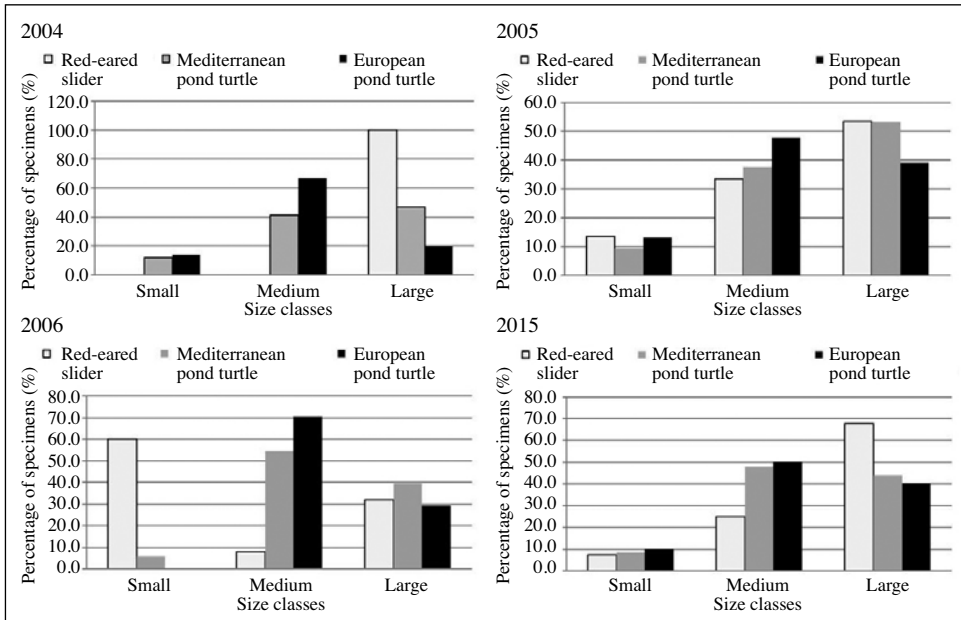
non-significant ( $X^2 = 2.847$ ,  $p = 0.092$ , d. f. = 1) as well as European pond turtle ( $X^2 = 1.675$ ,  $p = 0.196$ , d. f. = 1). However, European pond turtle capture frequency decreased between 2004 and 2006 ( $X^2 = 10.609$ ,  $p = 0.001$ , d. f. = 1, fig. 2).

Autochthonous pond turtle population estimation showed similar trends to those of capture frequencies. Mediterranean pond turtle population estimation moved from 36 (2005), 20 (2006) to 90 (2015) whereas European pond turtle population was 28, both in 2005 and 2015 (table III).

### Size structure

In the overview of the entire period of monitoring, small specimens (mainly juveniles) were more scarce in natives (8.8 % in Mediterranean pond turtle, 10.4 % in European pond turtle) than in the red-eared sliders (24.1 %), being more abundant in the red-eared slider compared with the Mediterranean pond turtle (Pearson test,  $N = 226$ ,  $X^2 = 9.777$ ,  $p = 0.002$ , d. f. = 1) or compared with the European pond turtle (Pearson test,  $N = 175$ ,  $X^2 = 5.827$ ,  $p = 0.016$ , d. f. = 1), with no differences between natives (Pearson test,  $N = 243$ ,  $X^2 = 0.168$ ,  $p = 0.682$ , d. f. = 1) (fig. 3).

In 2004 no red-eared slider smaller than 18 centimetres was captured. In the following years small specimens were found, particularly in 2006. In 2015 many large adults and some small red-eared sliders specimens were captured. Almost all European pond turtles were medium (mainly adults), even if there were also large ones, mainly in 2005 and 2015. Small (mainly



**Fig. 3.** Population structure of the captured freshwater turtles. White, red-eared slider; grey, Mediterranean pond turtle; black, European pond turtle.

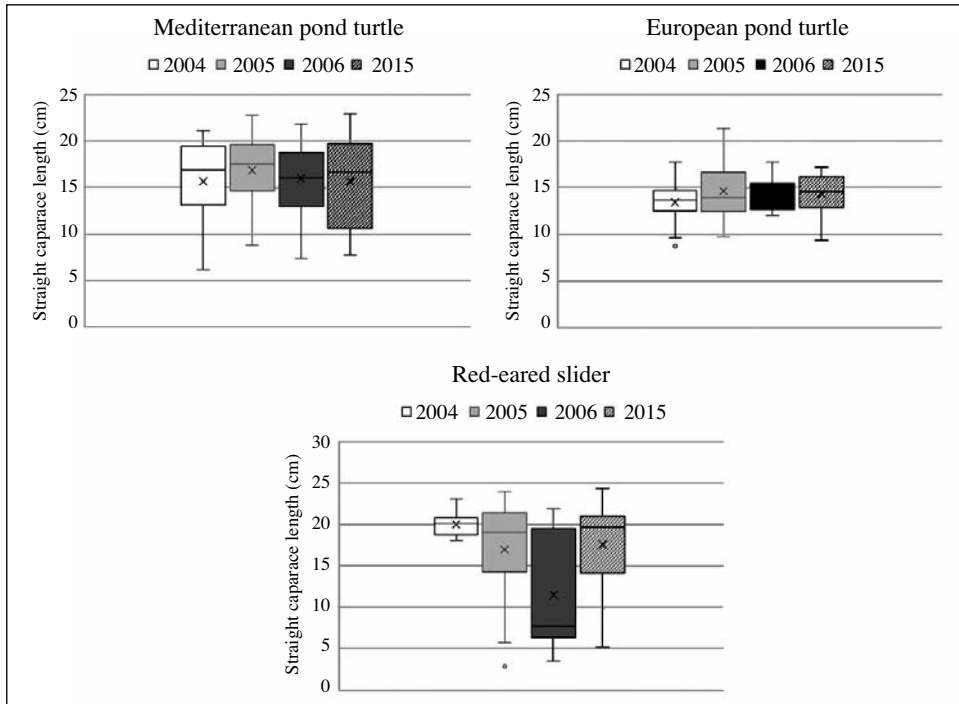
juveniles) European pond turtles are scarce, absent in 2006. The majority of Mediterranean pond turtles were medium and large (fig. 3).

## Biometry

Annual median shell size is stable in natives (European pond turtle, 14.0 centimetres, Kruskal-Wallis's test,  $N = 96$ ;  $H = 2,317$ ;  $p = 0.509$ ; Mediterranean pond turtle, 15.9 centimetres,  $N = 148$ ;  $H = 1.312$ ;  $p = 0.726$ ) and decreases in the red-eared slider between 2004 and 2006 (16.0 centimetres, Kruskal-Wallis's test,  $n = 79$ ;  $H = 13.670$ ;  $p = 0.003$ ) (fig. 4).

## Sex ratio

The sex proportion is balanced in Mediterranean pond turtle (50.4 % males), less balanced in European pond turtle (59.8 % males) and unbalanced in the red-eared slider (8.1 % males) (fig. 5). Mediterranean pond turtles

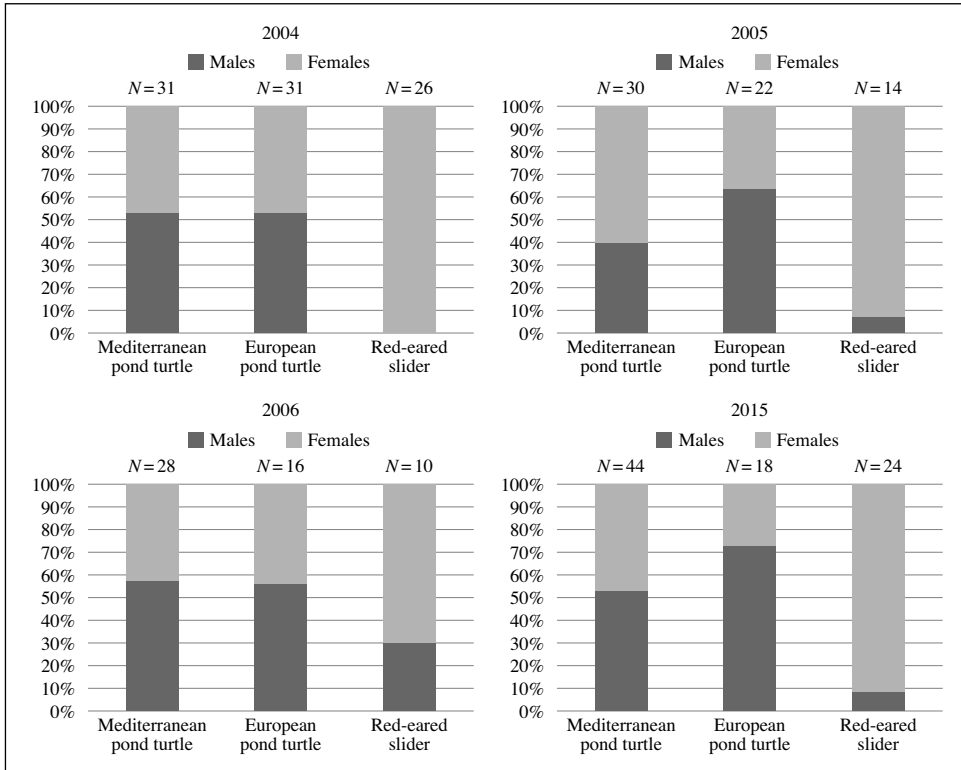


**Fig. 4.** Straight carapace length (centimetres) of Mediterranean pond turtle ( $N = 148$ ), European pond turtles ( $N = 96$ ) and red-eared slider ( $N = 79$ ) captured. Whiskers express minimum and maximum values; box shows first (Q1) and third (Q3) quartiles; median (Q2) is the middle value in the box; x is the average.

showed a balanced sex ratio in all years. European pond turtles also showed non-significant differences in sex ratio, even in 2015 with 72.2 % males ( $N = 18$ ;  $X^2 = 3,556$ ,  $p = 0.059$ , d. f. = 1). However, the red-eared slider had a higher proportion of females in 2005 and 2015, ( $N = 14$ ;  $X^2 = 10,286$ ,  $p = 0.001$ , d. f. = 1; and  $N = 24$ ;  $X^2 = 16.667$ ,  $p < 0.001$ , d. f. = 1). In 2004 all red-eared sliders were females.

## DISCUSSION

Turtle populations have a high adult longevity and survival with a moderate juvenile contribution (Wilbur and Morin, 1988; Congdon and Gibbons, 1983; Frazer *et al.*, 1990). Nevertheless, these three freshwater



**Fig. 5.** Sex-ratio of medium and large (mainly adult) freshwater turtles.

turtles show different population characteristics in terms of abundance, size, sex ratio and trend.

The red-eared slider capture frequency is roughly stable over eleven years in our studied lagoons, in spite of removal efforts. In other areas, with a milder climate, the red-eared slider population size increased (Sancho and Lacomba, 2016) despite removals. The population could be even larger as sliders are trapped less effectively than natives (Pérez-Santigosa, 2007). The skewed sex ratio towards females happens in other introduced populations (Cadi *et al.*, 2004; Franch i Quintana *et al.*, 2007; Pérez-Santigosa *et al.*, 2006; Pérez-Santigosa, 2007), due to incubation in breeding centres before skewed trade (Bull *et al.*, 1982; Franch i Quintana *et al.*, 2007). The presence of juveniles, especially in the last years of the study, demonstrates reproduction in the wild in our study area, similar to what has been



recorded in Spain (Martínez-Silvestre *et al.*, 1997; De Roa and Roig, 1998; Alarcos-Izquierdo *et al.*, 2010; Valdeón *et al.*, 2010). Size distribution and sex ratio revealed the arrival of new trade red-eared sliders, mainly big females, as the main growth factor rather than *in situ* reproduction (Maceda-Veiga *et al.*, 2019; Martínez-Silvestre *et al.*, 2015a). A global skewed sex ratio towards females and the relevance of large red-eared sliders, could be caused by continuous releases in the lagoons or, more likely, its arrival from the Ebro River, originated by releases from captivity, rather than *in situ* reproduction (Maceda-Veiga *et al.*, 2019; Martínez-Silvestre *et al.*, 2015a). Anyhow, the high growth rate of red-eared slider could imply that some of the large specimens were born in this region. The number of small red-eared slider specimens is double that of natives, which demonstrates higher reproductive rate than natives, due to competitive advantages of the exotic species (Cady and Joly, 2004; Franch i Quintana *et al.*, 2007; Martínez Silvestre *et al.*, 2015a; Polo-Cavia *et al.*, 2014). Native turtles have a different situation. Both species originally live in sympatry, and negative interactions have not been confirmed in the wild (Keller, 1997).

Average size does not change throughout the years (Franch i Quintana *et al.*, 2007; Keller *et al.*, 1998; Valdeón, 2007), showing age stability. The Mediterranean pond turtle has a balanced sex ratio and a predominance of large sizes, similarly to other Iberian areas (Alarcos *et al.*, 2009; Keller, 1997; Díaz-Paniagua *et al.*, 2015). European pond turtles have predominantly average sizes and a high proportion of medium and large specimens (Alarcos *et al.*, 2008; Ayres, 2015; Sancho and Lacomba, 2001). Keller (1997) argues that when the European pond turtle reaches sexual maturity its size increases slowly, which could explain the abundance of this size. This does not happen with the Mediterranean pond turtle with its continued growth, particularly females (Keller, 1997). Small specimens are scarce but might be underestimated as they can escape from the nets (Pérez-Santigosa *et al.*, 2006). However, they surely are heavily predated by herons and introduced fishes (Valdeón, 2007).

Competition with the red-eared slider could show a higher sensitivity of European pond turtle, that has been experimentally demonstrated in terms of survival and basking (Cadi and Joly, 2003; 2004). Even though, the red-eared slider also competes with the Mediterranean pond turtle (Polo-Cavia

*et al.*, 2011; 2014), displacing it to the worst habitats as they have higher reproductive potential, competing for basking places and food. Additionally, the Mediterranean pond turtle avoids the red-eared slider's chemical secretions (Franch i Quintana *et al.*, 2007; Polo-Cavia *et al.*, 2009; 2014). The higher sensitivity of the European pond turtle towards the red-eared slider could be the reason for its decrease and the stability of the Mediterranean pond turtle when living together in other studied southern Iberian lagoons (Pérez-Santigosa *et al.*, 2006). This could explain the differences between the two lagoons studied in this paper: high red-eared slider density matches with low European pond turtle density. Furthermore, the extraction of red-eared slider in our study area could have favoured the increase of the Mediterranean pond turtle. The ability of the Mediterranean pond turtle to compete and survive in the same habitat as the red-eared slider has already been observed (Martínez-Silvestre *et al.*, 2012).

Other factors negatively affecting the European pond turtle could be eggs, juvenile and adult predation by invasive fishes (Osorio and Alarcos, 2019; Valdeón, 2007) and mammals (Ayres, 2015); weight loss and high mortality (Cadi and Joly, 2003); diseases (Hidalgo-Vila *et al.*, 2009; Iglesias *et al.*, 2015) or longer hibernation periods (Pérez-Santigosa *et al.*, 2013). The Mediterranean pond turtle better tolerates water eutrophication (Keller *et al.*, 1995) and has a more diverse diet, which is an advantage compared with the European pond turtle and considering the competition with the red-eared slider (Keller and Busack, 2001).

The predominance of adult males among European pond turtles, which has already been observed (Keller, 1997; Alarcos *et al.*, 2008; Ayres and Cordero, 2004), could be due to a more important predation of adult females during egg laying (Alarcos *et al.*, 2008).

Overall, the red-eared slider seems to be a worth considering conservation problem for native freshwater turtles in the Ebro Sotos and Galachos Natural Reserve. Temperatures increase due to climate change could worsen this (Hansen *et al.*, 2006; New *et al.*, 2011). We recommend proceeding with the red-eared slider removal and carrying out environmental education campaigns to avoid releases in the wild, which is one of the main reasons for the expansion of the red-eared slider population.

## CONCLUSIONS

- In spite of the considerable trapping effort (206 extractions), captures of red-eared sliders did not decrease nor increased during the study period. Reproduction occurs and large females predominate, which could come from captivity.
- On the contrary, captures of Mediterranean pond turtle increased, as well as its population size from 36 to 90. It had a balanced sex ratio and a predominance of large individuals.
- European pond turtle population size estimation was similar between 2005 and 2015 (28), with predominance of large individuals.
- Juveniles proportion was low in native freshwater turtles (8.8 % in the European pond turtle and 10.4 % in the Mediterranean pond turtle), and large in the red-eared slider (24.1 %), the later probably due to its higher reproductive rate.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the rangers of the Government of Aragon (especially Ignacio Marín, Jesús Urbón, Ramón Regal and Ricardo Serrano) as well as the volunteers (Pedro Lambán, Daniel Herranz and Javier Garaachea) for their participation in the fieldwork. The Government of Aragon partially sustained the field work.

## REFERENCES

- Alarcos, G., M. E. Ortiz-Santaliestra, M. J. Fernández-Benítez, M. Lizana and J. Madrigal (2008). Preliminary data on the structure of freshwater turtle populations (*Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa*) in a stream in the Natural Park of Los Arribes del Duero (Zamora, Spain). *Revista Española de Herpetología*, 22: 33-44.
- Alarcos, G., J. Madrigal, M. E. Ortiz-Santaliestra, M. J. Fernández-Benítez, M. F. Flechoso del Cueto and M. Lizana (2009). Caracterización de una población de *Mauremys leprosa* en un arroyo temporal en la provincia de Salamanca, al noroeste de la Península Ibérica. *Revista Española de Herpetología*, 23: 129-140.
- Alarcos-Izquierdo, G., F. Flechoso del Cueto, A. Rodríguez-Pereira and M. Lizana (2010). Distribution records of non-native terrapins in Castilla and León region (Central Spain). *Aquatic Invasions*, 5: 303-308.

- Andreu, A. C., J. Hidalgo-Vila, N. Pérez-Santigosa, A. Tarragó, C. Díaz-Paniagua and A. Marco (2003). Invasores e invadidos: diferencias en tasas de crecimiento y estrategias reproductivas. In *Contribuciones al conocimiento de las especies exóticas invasoras*: 139-141. Grupo Especies Invasoras, GEI. Serie Técnica, 1. León.
- Arvy, C., and J. Servan (1996). Imminent competition between *Trachemys scripta* and *Emys loweorbicularis* in France. In *International Symposium on Biology, Conservation, Ecology and Systematics of Emys orbicularis*: 33-40. Dresden.
- Ayres, C. (2015). Galápago europeo – *Emys orbicularis*. In A. Salvador and A. Marco (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles* <<http://www.vertebradosibericos.org/>>. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Ayres, C., and A. Cordero (2004). The incidence of asymmetries and accessory plates in *Emys orbicularis* from NW Spain. *Biologia*, 59/ Suppl. 14: 85-88.
- Barquero, J. A. (2001). El control del comercio y las especies potencialmente invasoras: situación actual de la tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*) en España. Universidad Internacional de Andalucía. Sede Antonio Machado. Sevilla.
- Bertolero, A., and S. D. Busack (2017). *Mauremys leprosa* (Schoepff in Schweigger 1812) – mediterranean pond turtle, spanish terrapin, mediterranean stripe-necked terrapin. In A. G. J. Rhodin, J. B. Iverson, P. P. van Dijk, K. A. Buhlmann, P. C. H. Pritchard and R. A. Mittermeier (eds.), *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs*, 5 (10): 102.1-19 <<https://doi.org/10.3854/crm.5.102.leprosa.v1.2017>; <http://iucn-tftsg.org/cbftt>>.
- Bull, J. J., R. C. Vogt and C. J. McCoy (1982). Sex determining temperatures in turtles: a geographic comparison. *Evolution*, 36 (2): 326-332.
- Cadi, A., V. Delmas, A.-C. Prévot-Julliard, P. Joly and M. Girondot (2004). Successful reproduction of the introduced slider turtle (*Trachemys scripta elegans*) in the South of France. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14: 237-246.
- Cadi, A., and P. Joly (2003). Competition for basking places between the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis galloitalica*) and the introduced red-eared turtle (*Trachemys scripta elegans*). *Canadian Journal of Zoology*, 81: 1392-1398.
- Cadi, A., and P. Joly (2004). Impact of the introduction of the red-eared slider *Trachemys scripta elegans* on survival rates of the European pond turtle *Emys orbicularis*. *Biodiversity and Conservation*, 13 (13): 2511-2518.
- Congdon, J. D., and J. W. Gibbons (1983). Relationships of reproductive characteristics to body size in *Pseudemys scripta*. *Herpetologica*, 39: 147-151.
- Chen, T. H., and D. J. Lue. (1998). Ecological notes on feral populations of *Trachemys scripta elegans* in Northern Taiwan. *Chelonian Conservation and Biology*, 3 (1): 87-90.
- De Roa, E., and J. M Roig (1998). Puesta en hábitat natural de la tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*) en España. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 9: 48-50.

- Díaz-Paniagua, C., A. C. Andreu and C. Keller (2015). Galápago leproso – *Mauremys leprosa*. In A. Salvador and A. Marco (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles* <<http://www.vertebradosibericos.org/>>. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Franch i Quintana, M., G. A. Llorente Cabrera and A. Montori Faura (2007). Primeros datos sobre la biología de *Trachemys scripta elegans* en sintopía con *Mauremys leprosa* en el delta de Llobregat. In GEIB Grupo Especialista en Invasiones Biológicas (ed.), *Invasiones biológicas: un factor del cambio global. EEI 2006 actualización de conocimientos*: 14-26. 2.º Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras EEI 2006.
- Frazer, N. B., J. W. Gibbons and J. L. Greene (1990). Life tables of a slider turtle population. In J. W. Gibbons (ed.), *Life History and Ecology of the Slider Turtle*: 183-200. Smithsonian Institution Press: Washington D. C.
- Hansen, J., S. Makiko, R. Ruedy, K. W. Lo, D. Lea and M. Medina-Elizade (2006). *Global temperature change*. National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies, Columbia University Earth Institute, and Sigma Space Partners, Inc., 2880 Broadway, New York, NY 10025; and Department of Earth Science, University of California, Santa Barbara, CA 93106. 103 (39): 14288-14293. Retrieved from <[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606291103](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606291103)>.
- Hidalgo-Vila, J., C. Díaz-Paniagua, A. Ribas, M. Florencio, N. Pérez-Santigosa and J. C. Casanova (2009). Helminth communities of the exotic introduced turtle, *Trachemys scripta elegans* in southwestern Spain: Transmission from native turtles. *Research in Veterinary Science*, 86: 463-465.
- Holland, D. C. (1991). *A synopsis of the ecology and current status of the western pond turtle (Clemmys marmorata) in 1991*. Report to USDI Fish and Wildlife Service. National Ecology Research Center. San Simeon, California.
- Iglesias, R., J. M. García-Estévez, C. Ayres, A. Acuña and A. Cordero-Rivera (2015). First reported outbreak of severe spirorchiidiasis in *Emys orbicularis*, probably resulting from a parasite spillover event. *Diseases of Aquatic Organisms*, 113 (1): 75-80 <<https://doi.org/10.3354/dao02812>>.
- Keller, C. (1997). *Ecología de poblaciones de Mauremys leprosa y Emys orbicularis en el Parque Nacional de Doñana*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Facultad de Biología. Sevilla.
- Keller, C., and S. D. Busack (2001). *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) – Maurische Bachschildkröte. In U. Fritz (ed.), *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 3/III A. Schildkröten (Testudines) I (Bataguri- dae, Testudinidae, Emydidae)*: 57-88. Wiebelsheim, Germany, AULA-Verlag GmbH.
- Keller, C., C. Díaz-Paniagua, A. Andreu and M. A. Bravo (1995). Distribution pattern of freshwater turtles in the Doñana National Park (SW Spain). In International Congress of Chelonian Conservation. France – Gonfaron – Tortoise Village – 6<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> of July 1995. Proceedings: 192-195.
- Keller, C., A. C. Andreu and C. Ramo (1998). Aspects of the population structure of *Emys orbicularis hispanica* from southwestern Spain. *Mertensiella*, 10: 147-158.

- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas and M. de Poorter (2000). *100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A selection from the Global Invasive Species Database*. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN): 12. First published as special lift-out in *Aliens* 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004.
- Maceda-Veiga, A., J. Escribano-Alacid, A. Martínez-Silvestre, I. Verdaguer and R. MacNally (2019). What's next? The release of exotic pets continues virtually unabated 7 years after enforcement of new legislation for managing invasive species. *Biological Invasions*, 21: 2933-2947 <<https://doi.org/10.1007/s10530-019-02023-8>>.
- Marco, A., J. Hidalgo-Vila, N. Pérez-Santigosa, C. Díaz-Paniagua and A. C. Andréu (2003). Potencial invasor de galápagos exóticos comercializados e impacto sobre ecosistemas mediterráneos. In I Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras. León: 76-78.
- Martínez-Silvestre, A., C. Flecha, C. and J. Massana (2012). Observaciones de interacciones entre *Trachemys scripta elegans* y *Mauremys leprosa* en el pantano del Foix (Barcelona). *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 23: 106-109.
- Martínez-Silvestre, A., J. Hidalgo-Vila, N. Pérez-Santigosa and C. Díaz-Paniagua (2015a). Galápagos de Florida – *Trachemys scripta*. In A. Salvador and A. Marco (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid <<http://www.vertebradosibericos.org/>>.
- Martínez-Silvestre, A., D. Guinea, D. Ferrer and N. Pantchev (2015b). Parasitic enteritis associated with the camallanid nematode *Serpinema microcephalus* in wild invasive turtles (*Trachemys*, *Pseudemys*, *Graptemys*, and *Ocadia*) in Spain. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*, 25: 48-52.
- Martínez-Silvestre, A., J. Soler, R. Solé, X. González and X. Sampere (1997). Nota sobre la reproducción en condiciones naturales de la tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*) en Masquefa (Cataluña, España). *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 7: 40-42.
- Meyer, O. L., L. du Preez, E. Bonneau, L. Héritier, M. Franch, A. Valdeón and O. Verneau (2015). Parasite host-switching from the invasive american red-eared slider, *Trachemys scripta elegans*, to the native mediterranean pond turtle, *Mauremys leprosa*, in natural environments. *Aquatic Invasions*, 10 (1): 79-91 <<https://doi.org/10.3391/ai.2015.10.1.08>>.
- New, M., D. Liverman, H. Schroeder and K. Anderson (2011). Four degrees and beyond: the potential for a global temperature increase of four degrees and its implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369: 6-19. Retrieved <<https://doi:10.1098/rsta.2010.0303>>.
- Osorio, C., and G. Alarcos. (2019). El lucio (*Esox lucius*), otro factor negativo para las poblaciones del galápagos europeo (*Emys orbicularis*). *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 30 (1): 73-75.

- Outerbridge, M. (2008). Ecological notes on Feral Populations of *Trachemys scripta elegans* in Bermuda. *Chelonian Conservation and Biology*, 7 (2): 256.
- Patiño-Martínez, J., and A. Marco (2005). Potencial invasor de los galápagos exóticos en el País Vasco. *Munibe*, 56: 97-112.
- Pearson, S. H., H. W. Avery and J. R. Spotila (2015). Juvenile invasive red-eared slider turtles negatively impact the growth of native turtles: Implications for global freshwater turtle populations. *Biological Conservation*, 186: 115-121 <<https://doi.org/10.1016/j.bioc.2015.07.010>>.
- Pérez-Santigosa, N., C. Díaz-Paniagua, J. Hidalgo-Vila, A. Marco, A. Andreu and A. Porthault (2006). Características de dos poblaciones reproductoras del galápagos de Florida, *Trachemys scripta elegans*, en el suroeste de España. *Revista Española de Herpetología*, 20: 5-16.
- Pérez-Santigosa, N., C. Díaz-Paniagua and J. Hidalgo-Vila (2008). The reproductive ecology of exotic *Trachemys scripta elegans* in an invaded area of southern Europe. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18: 1302-1310 <<https://doi.org/10.1002/ajce>>.
- Pérez-Santigosa, N. (2007). Ecología del galápagos exótico, *Trachemys scripta elegans*, en la península ibérica. Efectos sobre las poblaciones de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis*. PhD Thesis. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Pérez-Santigosa, N., M. Florencio, J. Hidalgo-Vila and C. Díaz-Paniagua (2011). Does the exotic invader turtle, *Trachemys scripta elegans*, compete for food with coexisting native turtles? *Amphibia-Reptilia*, 32: 167-175.
- Pérez-Santigosa, N., J. Hidalgo-Vila and C. Díaz-Paniagua (2013). Comparing activity patterns and aquatic home range areas among exotic and native turtles in southern Spain. *Chelonian Conservation and Biology*, 12 (2): 313-319 <<https://doi.org/10.2744/CCB-1028.1>>.
- Pleguezuelos, J. M. (2002). Las especies introducidas de anfibios y reptiles. In J. M. Pleguezuelos, R. Márquez and M. Lizana (eds.), *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*: 501-532. Dirección General de la Conservación de la Naturaleza. Asociación Herpetológica Española. Madrid.
- Polo-Cavia, N., P. López and J. Martín (2009). Interspecific differences in chemosensory responses of freshwater turtles: consequences for competition between native and invasive species. *Biological Invasions*, 11: 431-440.
- Polo-Cavia, N., P. López and J. Martín (2011). Aggressive interactions during feeding between native and invasive freshwater turtles. *Biological Invasions*, 13: 1387-1396.
- Polo-Cavia, N., P. López and J. Martín (2014). Interference competition between native Iberian turtles and the exotic *Trachemys scripta*. *Basic and Applied Herpetology*, 28: 5-20 <<https://doi.org/10.11160/bah.13014>>.
- Rivas, J. L., and M. Baselga (2005). *Ecoguía de la Reserva Natural de los Galachos de La Alfranca de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro*. Consejo de Protección de la Naturaleza. Gobierno de Aragón. Zaragoza.

- Sancho, V., and T. Lacomba (2001). Datos preliminares sobre el galápagu europeo (*Emys orbicularis*) en el Marjal dels Moros (Sagunt, Valencia). *Dugastella*, 2: 29-35.
- Sancho, V., and J. I. Lacomba (2016). Expansion of *Trachemys scripta* in the Valencian Community (Eastern Spain). In *Proceedings of the International Symposium on Freshwater Turtle Conservation*, 1: 41-49. Vila Nova de Gaia. Portugal.
- Seber, G. A. F. (1982). *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. Macmillan. New York.
- Valdeón, A. (2007). Datos biométricos preliminares de dos poblaciones de galápagu europeo (*Emys orbicularis*) en el sur de Navarra. *Munibe*, 25: 158-163.
- Valdeón, A., A. Crespo-Díaz, A. Egaña-Callejo and A. Gosá (2010). Update of the pond slider (*Trachemys scripta*) (Schoepff, 1792) records in Navarre (Northern Spain), and presentation of the Aranzadi turtle trap for its population control. *Aquatic Invasions*, 5: 297-302.
- Van Dijk, P. P., and R. Sindaco (2004). *Emys orbicularis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2004*: e.T7717A12843950. Downloaded on 09 April 2020.
- Wilbur, H. M., and P. J. Morin (1988). Life history evolution in turtles. In C. Gans and R. B. Huey (eds.), *Biology of Reptilia*, vol. 16. *Ecology B: Defense and Life History*: 387-439. Alan R. Liss. New York.



**LUCAS MALLADA, 24 (2022)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **EL PATRIMONIO HÍDRICO DE LA CIUDAD DE HUESCA COMO BASE PARA SU INFRAESTRUCTURA VERDE**

Sergio Azpíroz Martín<sup>1</sup> | Giovanna Bartoleschi<sup>2</sup>

**RESUMEN** El presente artículo es un estudio, hecho desde la perspectiva del paisajismo y del urbanismo, sobre el patrimonio hídrico de la ciudad de Huesca, visto no solo desde su valor histórico y ecológico, sino también desde su potencial capacidad para vincular el núcleo urbano con su paisaje inmediato. Se concibe la ciudad como materia de proyecto y, en este sentido, se busca corregir la tendencia introspectiva del modelo de ciudad que ha surgido a partir del desarrollismo. Para ello se proponen una serie de medidas con las cuales el paisaje pueda introducirse en la ciudad a través de la red hídrica, dando forma a una ciudad diversa, permeable y extrovertida.

**PALABRAS CLAVE** Paisaje. Infraestructura verde. Resiliencia. Herencia hidráulica. Huesca.

**ABSTRACT** This work is a study carried out from the perspective of landscaping and urban planning, on the water heritage of the city of Huesca seen not only from its historical and ecological value, but also from its potential capacity to link the urban nucleus with its immediate landscape. The city is considered as a project material and, for that matter, it seeks to correct the introspective city model trend that has emerged from developmentalism. To this end, the study presents a series of measures, that would allow to introduce the landscape into the city through the water network, giving shape to a diverse, permeable, and extroverted city.

---

<sup>1</sup> Arquitecto, MBArch en proyectos. [sergioazpiroz@gmail.com](mailto:sergioazpiroz@gmail.com)

<sup>2</sup> Arquitecta y paisajista. [giovannabartoleschi@gmail.com](mailto:giovannabartoleschi@gmail.com)

**KEYWORDS** Landscape. Green infrastructure. Resilience. Hydraulic heritage. Huesca (Spain).

## INTRODUCCIÓN

La conciencia y la cultura sobre nuestro paisaje son la mejor forma para preservarlo. (Franch, 2016)

Huesca se ubica en la transición entre las sierras prepirenaicas y la depresión del Ebro. Su paisaje, que se asienta sobre terrenos sedimentarios en el Somontano occidental, es el resultado de la combinación de las dinámicas naturales y de la acción antrópica, en un contexto hidrogeológico y climático caracterizados por la escasez de agua (fig. 1). La presencia de dos pequeños ríos, La Isuela y el Flumen, y una pendiente descendiente y constante del terreno han permitido, desde una época muy temprana, la antropización del territorio y su transformación en un área agrícola. La etapa de crecimiento agrario y poblacional data de la época islámica, de finales del siglo IX; durante este periodo se definió la estructura básica del regadío oscense, la cual ha permanecido sin demasiadas alteraciones a lo largo de los siglos debido a la precisión y a la rigidez que exigen estos tipos de sistemas hídricos (Laliena, coord., 1994).

El paisaje oscense es fruto de la organización secular del trabajo agrícola, el cual ha modelado un territorio de especial interés antrópico y ecológico, que ha ido evolucionando con las transformaciones sociales, las necesidades de los individuos y la economía. El crecimiento centrípeto y compacto de la ciudad de Huesca ha mantenido el carácter esencialmente rural de sus alrededores, preservando en buena medida los valores característicos de su paisaje. Sin embargo, el modelo de desarrollo de la ciudad de las últimas décadas ha provocado una paulatina desvinculación entre los habitantes y su entorno inmediato, a la vez que se ha implementado un urbanismo vinculado a la densificación y hecho a la medida del coche (fig. 2).

El presente artículo, que se redacta desde la perspectiva de la ordenación urbana y el paisajismo, tiene los objetivos de, en primer lugar, analizar la red hídrica de Huesca para seguidamente reflexionar sobre cómo esta red puede ser la base desde la que implementar conectores biológicos entre la ciudad y el campo que sean capaces de difuminar los límites de la ciudad



**Fig. 1.** Contexto morfológico del secano oscense: el término de L'Alfalz y, al fondo, la sierra. (5-11-2018)

y dejen penetrar el paisaje dentro del núcleo urbano. En este sentido, se parte de la suposición de que la red hídrica tiene, en suma, la potencialidad para constituir la base sobre la que definir una infraestructura verde.

Por otro lado, y aunque a veces resulte invisible, es preciso hacer hincapié en el valor patrimonial de esta red; por esta razón, se ha puesto especial cuidado a la hora de transcribir el paisaje lingüístico propio de Huesca, de usar tanto la toponimia tradicional como también rescatar la medieval, que se recoge de las obras de Iranzo (2004) y de Montaner y Laplana (2016). Dentro de la toponimia menor se han priorizado las formas tradicionales, como son *La Isuela*, *L'Alguardia*, *L'Alcoraz*, *Forau...*, que, si bien aún son de uso popular, aparecen recogidas por algunos escritores locales como Enrique Capella (Lasaosa, 2006) o Federico Balaguer. Además, se han querido dejar transcritas en letra cursiva las denominaciones antiguas que, preferentemente, aparecen en lengua aragonesa, una terminología que se



**Fig. 2.** El desarrollo urbano de Huesca, desvinculado de la trama de la acequia Almería y del tejido periurbano de la huerta. (Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca, Fondo Arturo Lacasa)

repite en la documentación medieval y que puede ayudar a la hora de fijar la toponimia en la lengua propia del Alto Aragón. Para acabar, se entiende que la infraestructura verde podría ser un lugar desde donde hacer pedagogía y visibilizar los nombres de los lugares, la vegetación y la fauna.

## OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

En general, se puede tener un impacto positivo en el centro de la ciudad, pero si se quiere tener un gran impacto, se debe salir hacia su borde diná-

mico, donde las soluciones son realmente importantes para la naturaleza y las personas. (Forman, 2015)

Con el objeto de comprender el paisaje de Huesca, este artículo parte del análisis del patrimonio hídrico para, a través de una perspectiva histórica, entender cómo esta red ha estructurado el territorio circundante de la ciudad; de otro lado, se exponen aquellas intervenciones que ha sufrido la red durante la segunda mitad del siglo XX y de cómo estas han afectado a las dinámicas del paisaje. A modo de cierre, se presenta una parte propositiva, que explora la posibilidad de recoser el tejido urbano de Huesca con su entorno, utilizando la red de ríos, barrancos y acequias, a modo de conectores ecológicos.

El presente artículo parte de la hipótesis de que la puesta en valor del patrimonio hídrico puede ser la base para el desarrollo de la infraestructura verde de la ciudad; en este sentido, el trabajo se ha redactado desde una óptica propositiva y proyectual, tomando la ciudad y su red hídrica como materia de proyecto. De esta manera, se han explorado las potenciales ventajas de renaturalizar el sistema hídrico, de hacerlo visible dentro de la ciudad, de tramar una red de espacios públicos autorregulables, conectados tanto entre sí mismos como también con la red de parques de la ciudad. Para visibilizar este cambio de paradigma, es necesario retrotraernos a la imagen de los antiguos espacios públicos de la ciudad (figs. 3 y 4). De alguna manera, estas imágenes nos hablan de espacios autorregulables, de la relación simbiótica que existía entre el espacio público y las actividades primarias y, también, de la imagen de la ciudad metabólica, aquella que es autosustentable por sí misma.

La infraestructura verde puede definirse, en términos generales, como una red estratégicamente planificada de zonas naturales y seminaturales de alta calidad con otros elementos medioambientales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad tanto de los asentamientos rurales como urbanos. (Comisión Europea, 2014)

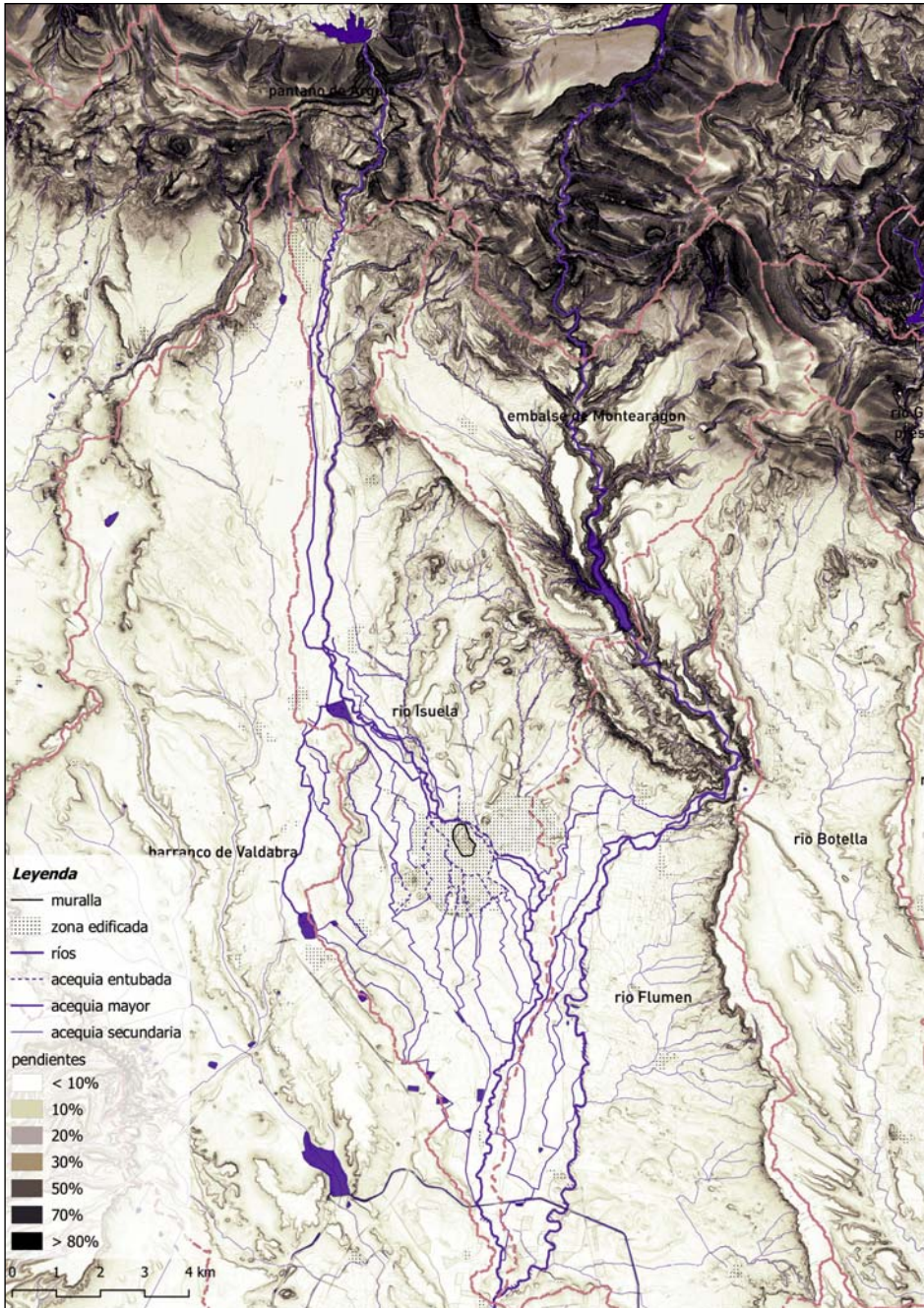
Por otra parte, este texto se acompaña de una serie de planos de elaboración propia; para ello se han utilizado las bases de datos digitales disponibles en las plataformas: IDE Aragón, Instituto Geográfico de Aragón o la Confederación Hidrográfica del Ebro. También se han georreferenciado



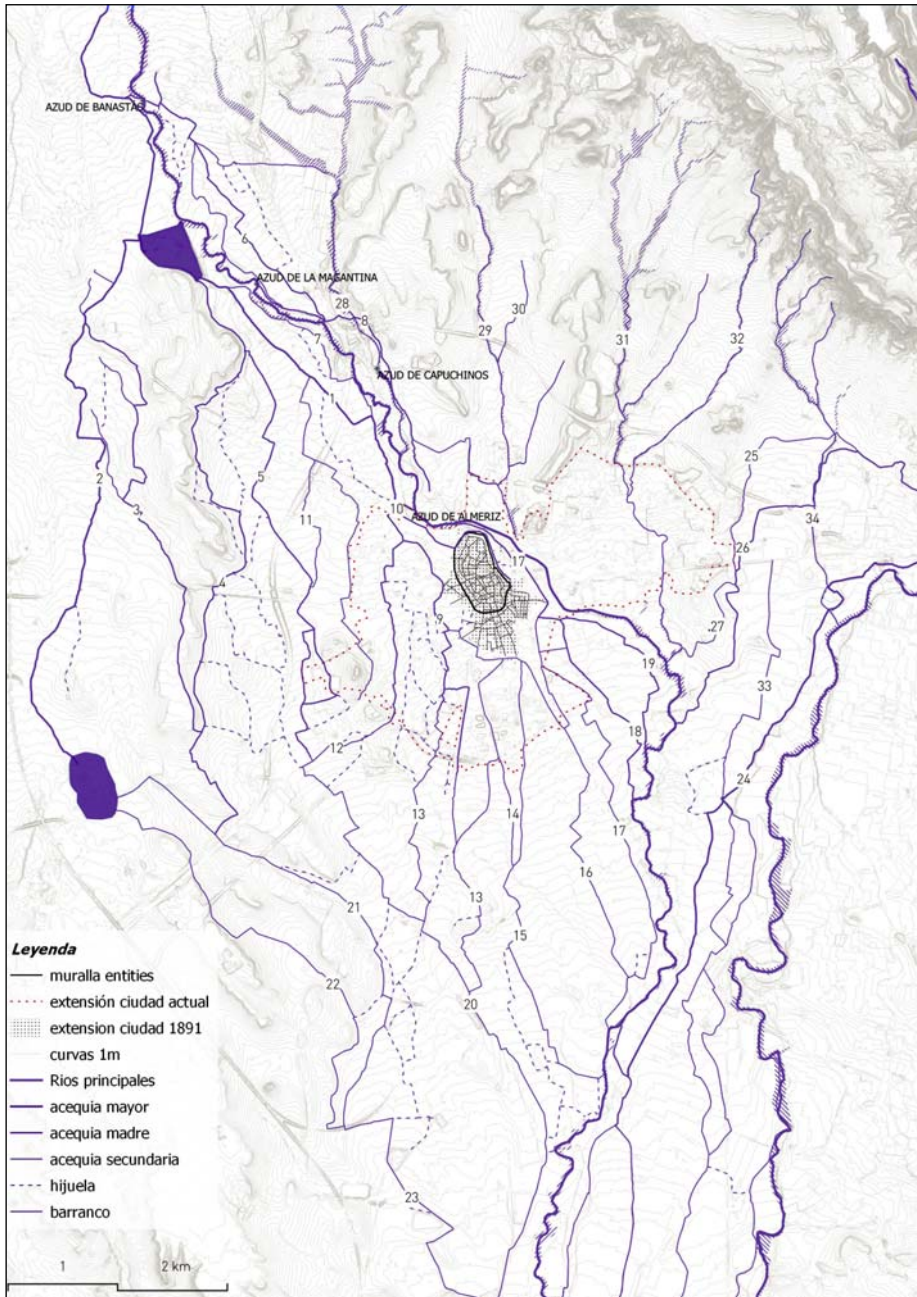
**Fig. 3.** Cabañera a su paso por Huesca, un conector ecológico vinculado a las actividades tradicionales. *Retorno de las cabañas*. Huesca, 1913-1936. (Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca, Fondo Ricardo Compairé)



**Fig. 4.** Vegetación de ribera y espacios públicos autorregulables. *La Alameda, monumento a Sancho Ramírez*. Huesca, fecha desconocida. (Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca, Fondo Rodolfo Albasini)

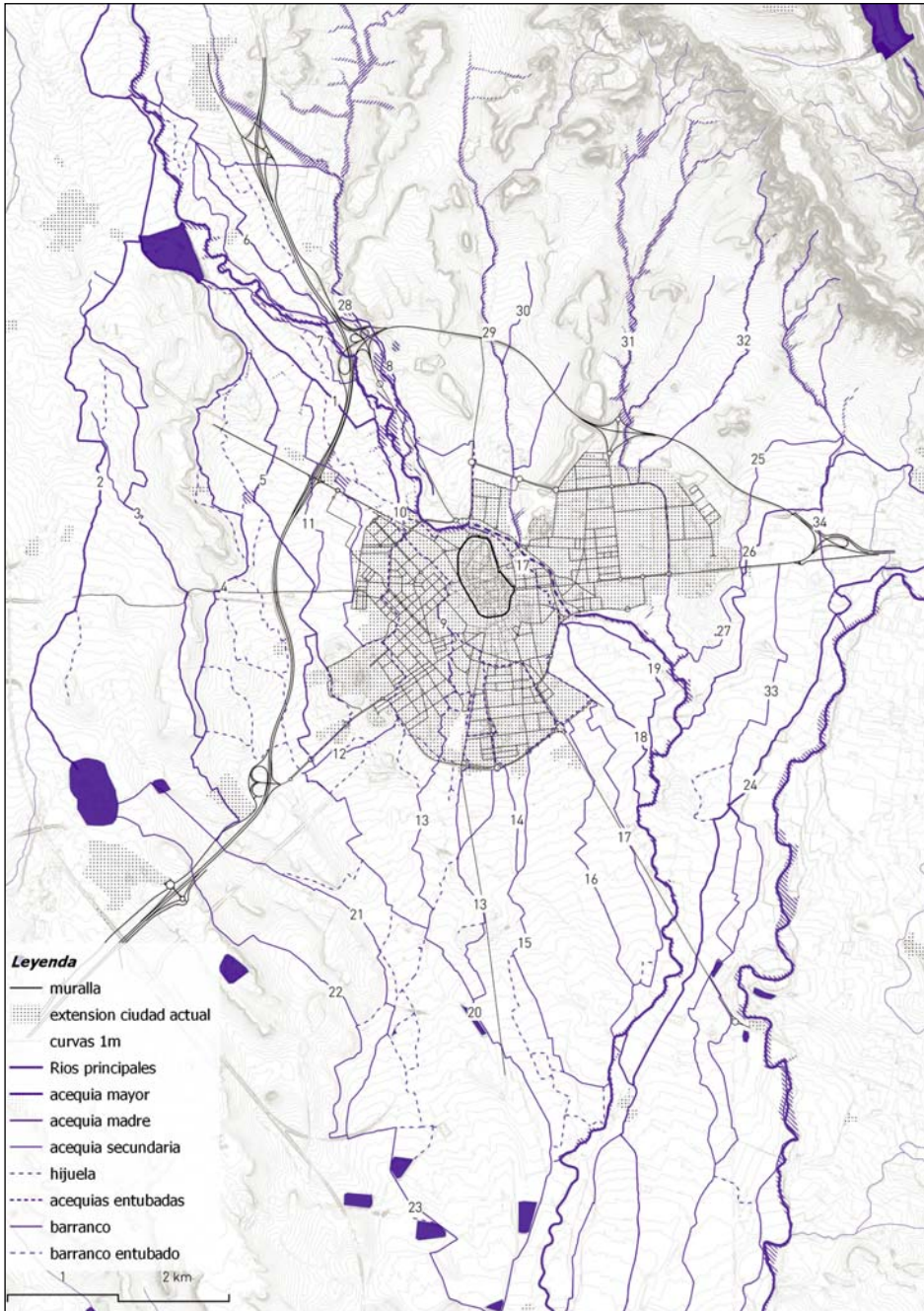


**Fig. 5.** Relieves, red hídrica y cuencas hidrográficas.



**Fig. 6.** La red hídrica: ríos, acequias y barrancos, antes de la expansión urbana de la segunda mitad del siglo XX.





**Fig. 7.** La red hídrica: ríos, acequias y barrancos en la actualidad.

algunos planos, concedidos por el Área de Urbanismo del Ayuntamiento de Huesca, como el *Plano histórico de Casañal* de 1891, el *Plan General de Ordenación Urbana* o el *Plano de acequias a su paso por la ciudad*. Por otro lado, un material que ha resultado imprescindible para este trabajo han sido los planos de los términos de riego elaborados por la Comunidad de Regantes del Pantano de Arguis en 1922, que han sido georreferenciados y redibujados. Para finalizar, en las conclusiones, se presentan una serie de planos sintéticos que condensan las propuestas estratégicas para la valorización y la interconexión del sistema hídrico.

### Listado de acequias y barrancos

- |  |   |
|--|---|
| 1. Acequia Mayor o de Cortés             | 18. Acequia de La Mejorada              |
| 2. Acequia Nueva o de Loreto             | 19. Acequia Negra                       |
| 3. Acequia de Miquera                    | 20. Acequia Honda                       |
| 4. Acequia del Brazo Alto de L'Algüerdia | 21. Acequia del Reguero                 |
| 5. Acequia del Brazo Bajo de L'Algüerdia | 22. Acequia de Valmediana               |
| 6. Acequia de Coliñenigue                | 23. Acequia de Estiche o de Las Peñetas |
| 7. Acequia de Cajicar                    | 24. Acequia de La Ribera                |
| 8. Acequia de La Magantina               | 25. Acequia Alta                        |
| 9. Acequia de Lunes y Martes             | 26. Acequia de Cierzos Bajos            |
| 10. Acequia de Forau                     | 27. Acequia de Cierzos Altos            |
| 11. Acequia de Mascarán                  | 28. Barranco de Manjarrés               |
| 12. Acequia de Almengoy                  | 29. Barranco del Diablo                 |
| 13. Acequia de Cuadrillos                | 30. Barranco del Reguerillo             |
| 14. Hijueta de los Tres Juntarrones      | 31. Barranco de L'Alfóndiga             |
| 15. Acequia de Alcaramiel                | 32. Barranco de Monzú                   |
| 16. Acequia del Matadero                 | 33. Barranco de L'Almunia               |
| 17. Acequia de Almériz                   | 34. Barranco de Quicena                 |

## RED HÍDRICA Y REGADÍO EN HUESCA

Un espacio hidráulico es un artefacto de límites fijos y muy poco flexibles. (Barceló, 1989)

Huesca es una ciudad con una fuerte tradición agrícola, marcada por la presencia de dos ríos de escaso caudal, La Isuela y el Flumen. De ellos toman sus aguas, principalmente de La Isuela y de manera secundaria del Flumen, una red de acequias que recosen la Plana y que generan una malla de gran continuidad (fig. 5). Esta red configura un paisaje de secano con teselas de huertas adosadas a los asentamientos campesinos, cuyo funcionamiento, fisionomía y organización, han sido profusamente descritos por Mur (1919), Laliena (coord.) (1994), Cuchí (2005) y por Cuchí y Garcés (2008a y b).

### Configuración de las zonas de regadío

El acceso al agua ha sido un factor de gran importancia en las sociedades agrarias ubicadas en medios semiáridos; por lo tanto, su gestión y distribución ha sido un factor de gran importancia en el desarrollo de la ciudad (figs. 6 y 7). Fruto de este esfuerzo en gestionar y optimizar un bien tan escaso, ha dado como resultado una red hídrica de acequias que ha tejido un paisaje antropizado tras siglos de trabajo agrícola (fig. 8). Estas formas de trabajo han moldeado el paisaje y han impuesto unas condiciones específicas en la ordenación del territorio.

La red hidráulica, pese a que aparenta ser un sistema rudimentario, *de facto* alberga una gran complejidad, ya que su diseño está supeditado tanto a factores geomorfológicos, hidrológicos y agronómicos, como a aquellos criterios de optimización, aprovechamiento y redistribución del acceso al agua a la comunidad de regantes. En este sentido, las tierras irrigadas exigen de unas estrictas normas de funcionamiento, que pasan por un acuerdo del conjunto de los regantes. Por consiguiente, estos sistemas requieren de un alto grado de consenso para distribuir el agua que, en sí, es un bien escaso que ha de beneficiar a todos. En suma, para entender cómo se ha configurado el paisaje del entorno de Huesca, es preciso comprender la delicada estructura y el funcionamiento de la sociedad que le ha dado forma.



**Fig. 8.** Paisaje antropizado típico de la huerta oscense.  
*Afuera de Huesca*. Huesca, 1920-1937.

(Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca, Fondo Ildefonso San Agustín)

## **Evolución del sistema hídrico de La Isuela**

El desarrollo agrario de Huesca data de un periodo anterior al siglo XII. La estructura esencial es de la época de expansión islámica, de finales del siglo IX. La captación del agua de Huesca tiene lugar, desde su origen, en las cercanías de Nueno, en un azud que desvía las aguas provenientes de la Foz d'Arguis (Cuchí y Garcés, 2008). Es en este punto donde parte la acequia principal del sistema hídrico oscense, la acequia Mayor. De ella toman el agua las poblaciones al norte de Huesca (Arascués, Banastás y Chimi-llas) y, posteriormente, su recorrido se dirige hacia la ciudad.

Con la llegada del siglo XVI, se abre un ciclo de crecimiento económico, que deja tras de sí las crisis de la época bajomedieval; durante este siglo se produce una renovación y mejora de la infraestructura hidráulica de la ciudad. La necesidad de incrementar la producción de cereales para hacer frente al crecimiento demográfico y garantizar la subsistencia de un mayor

número de personas, fue el principal motivo que impulsó a emprender cierto tipo de obras, muchas de ellas aún hoy en día en funcionamiento. Cabe mencionar la construcción de las albercas de Loreto y Cortés, que distan entre sí pocos años y que se construyen entre los siglos XV y XVI. La ejecución de estas albercas responde a la decisión de convertir en regadío las heredades, como medio para conseguir estabilidad económica y no depender así de los rigores del clima. De esta manera, se pretendía asegurar el agua durante los meses de abril y mayo, época decisiva en el desarrollo del ciclo vegetativo del cereal.

Más adelante, en el siglo XVII, se desarrollarían una serie de intervenciones destinadas a captar y aumentar el caudal de La Isuela. Entre estas obras destacan las ejecutadas en las fuentes de la Barza (cabecera del Garona) y de Bonés (que desvía agua de la cabecera del Flumen). Ambas fuentes se ubican cerca de Arguis, en el tramo alto del río La Isuela. Por otro lado, este siglo daría lugar a la obra cumbre del regadío oscense, el pantano de Arguis. Pieza clave del entramado hídrico, puesto que es la pieza que almacena el agua y desde donde se reparte a todos los puntos del sistema.

### **Funcionamiento histórico del regadío**

Durante la Edad Media quien asumió el control de las aguas y de los mecanismos de su distribución fue el *concello*. Como contrapartida, se encontraban los regantes, antiguamente llamados *herederos*, que se organizaban en torno al *término*, es decir, la unidad territorial comprendida por una acequia y sus ramales o *hijuelas*.

Las figuras encargadas de regular el riego eran los *regadores* o *çavacequias*, que tenían como función vigilar la acequia Mayor en todo su recorrido. Por último, quienes ejecutaban las multas o *penyoras* eran los conocidos como *capdeguaytas*, que ejercían de alguaciles de la época. Desde el siglo XIII existen *jurados*, entre los que cabe destacar el *jurado quarto*, que era la autoridad encargada de mondar, reparar y hacer los azudes, acequias, contracequias, brazales, fuentes, puentes y caminos.

Los regantes de cada término estaban organizados en *comunidades* de regantes. A su vez, los *procuradores* representaban a todos los *herederos* del término y eran las personas encargadas de llevar las cuentas de la comunidad,

y presentarlas ante el *jurado quarto*. En el siglo xv los *capitales* de los términos constituían el fundamento de la organización social del regadío durante la Edad Media. El *concello* apoyaba y financiaba las infraestructuras necesarias para mejorar e incrementar el riego, sin embargo, el agua no era gratuita, ya que el precio de las infraestructuras hídricas necesarias exigían de un aporte previo de capital y unas inversiones importantes para asegurar su mantenimiento, es por ello por lo que se hacía necesario organizarse colectivamente.

El agua, al ser un bien escaso que debía repartirse entre toda la ciudad, se regulaba de manera estricta. El sistema de reparto del agua se conoce como riego por *boquera* y consiste en un estricto orden, basado en la proximidad al curso del agua. La distribución del agua se regulaba por medio de las *ordinaciones*, que eran el marco legal y estatutario que regía toda la huerta. En ellas se estableció el riego por boquera de abril a mayo para “panes y habas”, y de marzo a octubre cada término dispondría de un día a la semana, para dirigir el agua desde el partidero de Arascués.

### **El sistema hídrico de La Isuela**

La comunidad de riegos de Huesca forma el mayor sistema de riegos de La Isuela con en torno a 2000 hectáreas cultivables en la actualidad (Cuchí y Garcés, 2008). Está compuesta por los términos de Forau, Domingo, Lunes y Martes, Coliñenigue, L'Algüerdia, L'Alcoraz, la Rejeta (hoy desaparecida) y Almériz. El sistema se inicia en el área septentrional de la ciudad, por donde discurre la acequia Mayor, que riega en primer lugar el extenso término de Coliñenigue (*Conilyench*), situado entre los meandros de La Isuela y la ermita de Jara (*Exara*) y, posteriormente, irriga los campos ubicados en el norte de la ciudad, pertenecientes a los subsistemas de La Magantina y Culandreres (*Los Colandrars*), ambos en la margen izquierda de La Isuela. Los terrenos ubicados al poniente se rigen según tres sistemas: el primero de ellos es el término de L'Algüerdia (*L'Alhuerdia* o *Haratalcómez*), que está formado por tres grandes acequias que abarcan la mitad occidental y meridional del entorno rural oscense: los brazos Alto y Bajo de L'Algüerdia y el tercio de Mascarán o de la acequia Honda; el segundo sistema es el que deriva de la acequia Mayor que, en su llegada a la ciudad, se divide en tres acequias, que irrigan los términos de Lunes y

Martes (*L'Alquibla*), Domingo (*La Mesa*) y Forau (*El Palmo*) y, por último, el subsistema de Miquera, que aprovechaba el agua que brotaba de los ibones ubicados en las cercanías de la ermita de Cillas y la conducía a través de la acequia homónima. Al sur de Huesca se encuentra el término de Lunes y Martes (*L'Alquibla*). Para finalizar, al oriente de la ciudad se ubica el término de Almériz, que se nutre con las aguas que se captan en el azud de San Miguel y que regaba las huertas ubicadas entre la muralla y el río, hoy desaparecidas, y las tierras del entorno de la ermita de Salas.

Una de las peculiaridades del sistema hídrico de La Isuela es que está regulado por la alberca de Cortés, la alberca de Loreto y el pantano de Arguis que almacenan y recogen la escasa agua del sistema. La alberca de Cortés, o *alberca Mayor*, es la más antigua de todas y se construyó en el año 1501, diseñada por Guillem Bertín; se llena con las aguas de La Isuela que, desviadas en el azud de Nueno, son conducidas a través de la acequia Mayor. La alberca de Loreto, o *alberca de Loreto*, se estima que se construye, o bien a finales del siglo xv, o bien durante el siglo xvi; se llena con las aguas de La Isuela, que se extraen de la alberca de Cortés y que se conducen a través de la acequia Nueva, además, también se alimenta de varios ibones que surgen en el término de Miquera. Finalmente, la última obra cumbre en la regulación de las aguas de La Isuela fue el pantano de Arguis, obra de Francisco Antonio de Artiga, que data de las *Ordinaciones* de 1680 y que, pocos años más tarde, en 1703, se darían por finalizadas.

## **Términos de la Comunidad de Arguis**

### *Forau (El Palmo)*

Antiguamente conocido como *El Palmo*, este término a día de hoy se encuentra prácticamente desaparecido por el crecimiento urbano de la ciudad. Contaba con una superficie de 219 fanegas (Mur, 1919), todas ellas de huerta. Forau abarcaba las tierras que se situaban del tercio de la Cruz de Palmo hasta la carretera de Jaca. El nombre de esta partida viene de *O Forau* (en aragonés, ‘agujero’), que era la forma como se definía al partididor de la Cruz de Palmo, punto desde donde se conducían las aguas. Este término toma el agua por horas, y tiene acceso del domingo al miércoles, ambos días incluidos.

### Domingo (*La Mesa*)

Conocido popularmente como *Domingueros*, su nombre deriva del día de la semana que le corresponde regar, aunque durante la Baja Edad Media, a este término se lo conoció como *La Mesa*. Tenía una superficie de 412 fanegas de huerta (Mur, 1919), pero, en la actualidad, esta partida se ha visto muy mermada por el crecimiento urbano, aun con todo, todavía persiste una pequeña parte de tierras cultivables, junto al tercio de la Cruz de Palmo, entre los caminos de Cortés y el viejo de Cillas.

### Lunes y Martes (*L'Alquibla*)

Esta partida tenía una superficie de 953 fanegas de huerta y 7527 fanegas de campos (Mur, 1919) y es una de las que más se han visto afectadas



**Fig. 9.** La proximidad del nivel freático permitía la aparición de numerosas fuentes en la ciudad. *Fuente del Ibón*. Huesca, fecha desconocida. (Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca, Fondo Rodolfo Albasini)



por la urbanización. El ensanche de Huesca se ha levantado en estos terrenos, haciendo desaparecer los mejores, más fértiles y productivos terrenos de la huerta. El nombre de esta partida viene, al igual que otras partidas, de los días de la semana que usa las aguas del pantano de Arguis para el riego. En la Baja Edad Media se la conocía como *L'Alquibla*, que en árabe significa 'mediodía', al ser el conjunto de terrenos ubicados al sur de la ciudad, bajo la puerta homónima de la muralla. Su acequia madre, que parte del partidor de *O Forau*, era conocida antiguamente como la acequia *Mediana* y, actualmente, como Lunes y Martes, acequia que atraviesa el interior de la ciudad, donde se va ramificando hasta dividirse en las acequias de Almengoy, también conocido como Almagay (*L'Alcoraz*), Cuadrillos (*Quadriellos*), Alcaramiel y del Matadero.

En este término es donde se ubicaban las dos fuentes más importantes de la ciudad, la fuente del Ángel y la del Ibón (fig. 9). Ambas servían, a parte del uso de boca, para incrementar el caudal de riego. Por otro lado, cerca de ellas se encontraba la fuente de L'Angascara, hoy también desaparecida, en su lugar se levanta un polígono industrial a la izquierda de la carretera Zaragoza. Por último, en esta partida se ubicó el paseo de la Estación y su famoso Banco Azul, otro de los espacios públicos más destacados de principios de siglo xx.

### Coliñenigue (*Conilyench*)

Esta partida no ha sido todavía víctima de la expansión urbana, al ser una de las partidas más alejadas del núcleo urbano. Tiene una superficie de 1108 fanegas de huertas y también 1185 fanegas de campos (Mur, 1919). Durante la Edad Media aparece registrado con formas como *Conilyench*, *Conillyenegih*, *Conillenech*, *Conillench*, *Conillene*, *Conillenes*, *Conillench*, *Conilleno*. Probablemente, el origen de su nombre hiciese referencia a la presencia de *conillos* ('conejos' en aragonés) en la zona.

Coliñenigue se riega con agua de la acequia Mayor, que toma en el Ventanico de la Caseta de Banastás, por otro lado, también recoge agua en el azud homónimo sobre La Isuela, a la altura de Banastás, desde donde parte la acequia de Coliñenigue, por la margen izquierda del río. Por último, también se nutre del agua de los ibones de Yéqueda. Si bien en esta partida

no se encontraban huertas de primera al estar algo lejos de la ciudad, según Daniel Calasanz, era la zona más verde, sana y limpia de Huesca. Tiene un peculiar sistema de riego, pues le corresponde según el Catastrillo, la cuarta parte de una muela durante cinco días cada semana de suelta, y un tercio de la *sogada*, cuando se cierra el pantano de Arguis los viernes y sábados.

### L'Algüerdia (*L'Alhuerdia o Haratalcómez*)

Aunque en menor medida, también se conoce popularmente como *L'Alguardia*. Según Daniel Calasanz tiene una extensión de 1614 fanegas de huerta y 4827 de campo (Mur, 1919). El río de La Isuela hace de límite superior del término, hasta llegar al partididor de Mascarán, punto donde el término desciende hacia el sur hasta llegar a la antigua carretera a Zaragoza. Este término se documenta desde el siglo XII como *Haratalcómez*, que toma su nombre del arrabal de extramuros situado al noroeste de la ciudad; tiempo después, en la Baja Edad Media, el término pasa a ser conocido como *L'Alhuerdia*.

Este término toma las aguas en las Pasaderas de Cortés, de donde parte el Brazo Alto; más adelante, en el tercio de Jesús del Monte, se le segrega la acequia del Brazo Bajo. En este punto, se divide el agua en dos brazos iguales que transportan la misma cantidad de agua y que son las principales acequias de este término. Además de ambos brazales, de la acequia Mayor sangran varias hijuelas que irrigan a este término. La primera de ellas nace en el tercio de Cajicar, a esta le sigue el tercio de Mascarán y, por último, el tercio de Macerabi o del Cerrado.

### L'Alcoraz

Son el conjunto de tierras situadas a la izquierda y derecha de la carretera a Zaragoza. Tiene una superficie de 3162 fanegas de campo (Mur, 1919). En este término todos los campos son de secano y se riegan con las aguas sobrantes de L'Algüerdia, principalmente de la acequia Mascarán, o acequia Honda. Por último, esta partida también recogía las aguas sobrantes de la desaparecida fuente de L'Angascara.

Por otro lado, la acequia Nueva de Loreto alimenta a partir de enero el subsistema de Loreto, regando los términos de L'Alcoraz, El Reguero, Las

Peñetas, Valmediana, Cuarte, Pebredo y Estiche. La parte de L'Alcoraz que riega con la alberca de Loreto recibe por boquera los lunes y martes, y las tierras de Estiche se riegan con las aguas sobrantes o escurriduras cuando le llegan.

### La Reja

También denominado *La Rejeta*, es una partida que ya no existe, que estaba dentro del núcleo urbano de Huesca. Regaba por turno durante varios días a través de una hijuela de la acequia de Lunes y Martes.

### Almériz

Casi la mitad de la huerta oscense radicó en Almériz, debido a que esta partida disfrutaba de mayor regularidad y de más abundancia de agua. Almériz riega los miércoles y toma el agua directamente de La Isuela, en el azud que se encuentra bajo el puente de San Miguel. De este punto parte la acequia homónima, la cual tiene dos ramales, la acequia Negra y la de La Mejorada, que antiguamente evacuaban las aguas de la ciudad. El camino de la Granja hace de límite con la partida de Lunes y Martes.

### Otros riegos

#### La Magantina y Culandrades (*Los Colandrars*)

Ambas forman una comunidad de riego a partir de dos términos situados en la margen izquierda de La Isuela, situados en ambos lados de la carretera de Arguis y de Apiés. Ambos sistemas regaban en torno a 100 hectáreas (Calasanz, 1987) y aquí se encontraban algunas de las mejores huertas de la ciudad. La Magantina recoge las aguas de La Isuela, aguas abajo del azud de Cajicar. Mediante una presa, cruza el barranco de Santa Lucía canalizado, a la altura de Jara (*Exara*), y antiguamente desaguaba en La Alameda (*L'Alamera*), debajo del puente de San Miguel, mientras que otro brazo lo hacía en el puente de Tabla. Las tierras cultivables de La Magantina son de gran calidad, y están entre las más fértiles de la ciudad. Según Daniel Calasanz, antiguamente estaba toda parcelada por fajas plantadas de frutales, parras, y vivía gran cantidad de familias. Actualmente, parte de esta

comunidad de riego ha desaparecido y en su lugar se ha levantado el polígono industrial que tiene el mismo nombre.

Culandrades, que durante la Baja Edad Media se documenta como *Los Colandrars*, se nutre de otra toma ubicada en el barranco de Santa Lucía, también conocido como *barranco de Manjarrés*. La fuente de la Salud, lugar donde nacía la acequia madre de Culandrades, antiguamente era conocida por ser un lugar de recreo y de esparcimiento de la ciudad. Según narra Daniel Calasanz, era un “regalo de la naturaleza”, famoso por sus árboles frondosos, que proporcionaban sombra y césped en el suelo. Culandrades es también conocida como *Capuchinos*, ya que su origen parte de la concesión que el *concello* de la ciudad hizo a esta orden para explotar las aguas de dicha fuente.

### Cajicar

Es una pequeña comunidad de riego que se organiza de manera independiente a la Comunidad de Arguis. Se ubica dentro del término de L'Algüerdia, concretamente del Brazo Bajo. Cuenta con alrededor de 500 fanegas de tierra de gran calidad (Mur, 1919), en una franja de tierra ubicada entre el camino a Cortés y La Isuela determinada por la presencia de numerosas comunidades de *caxicos* ('robles' en aragonés) que dan nombre al término, el cual abarca los terrenos situados entre el molino de Cortés hasta la huerta de Morana. Se nutre a través de un peculiar sistema de abastecimiento de agua, que ha podido resultar controvertido en relación con otros términos y que incluso se conocen pleitos por este motivo. Cajicar, al formar parte de L'Algüerdia, recibe los jueves la quinta parte del agua de la acequia madre, pero además recoge sus propias aguas del río, unos cientos de metros más arriba de donde azuta el término de La Magantina.

### Miquera

Es un término que se ubica a unos 3 kilómetros al oeste de la ciudad y tiene una superficie de 945 fanegas según Luis Mur Ventura (Mur, 1919). Se organiza en dos zonas, alta y baja, a partir de dos conjuntos de ibones de donde capta el agua. Los ibones de Miquera comienzan a brotar en el santuario de Nuestra Señora de Cillas. Es una zona de frondosa

vegetación, marcada por la presencia de agua en el subsuelo a escasa profundidad. Finalmente, a estos ibones se les unen varios más, hasta formar la acequia de Miquera, de la cual riegan además de Huesca, los lugares de Huerrios, Banariés y Cuarte, y cuyas aguas sobrantes desaguan en la alberca de Loreto.

### Chirín

Esta finca tiene una superficie de 120 fanegas y en ella se ubicaban antiguamente las balsas de Chirín. Era un lugar famoso por sus frondosos sotos de la ribera de La Isuela. Originalmente esta finca se regaba con el agua sobrante que Quicena daba a los Cierzos Altos, mediante una canal que cruzaba el barranco de L'Alfántega. Al ser un caudal insuficiente, se idearon dos balsas para retener las aguas que se azutaban en La Isuela bajo el puente de la carretera a Barbastro; estas balsas, en su momento, dieron excelente resultado.

### Sistema hídrico del río Flumen

El sistema hídrico del río Flumen, a diferencia del de La Isuela, tradicionalmente se ha regado con agua viva, es decir, no cuenta con un sistema de balsas como las de Cortés o Loreto. Esto hace que sea un sistema diferente, además, a diferencia de La Isuela, incluye más localidades a las que regar. Desde el siglo XIII la captación de agua tiene lugar en el azud de Montearagón (*Montaragón*), que deriva el agua hacia la acequia de La Ribera, uno de los riegos más antiguos de la ciudad. Con sus aguas, que circulan alrededor de Quicena y desciende hacia la ermita de Salas hasta acabar en La Isuela, sirve de riego a varios lugares de los alrededores de Huesca y se suministraba agua que movía varios molinos.

Flumen es más importante que La Isuela y riega una extensión de más de 14 266 fanegas de tierra (Mur, 1919), repartidas entre Quicena, con 236 hectáreas; Huesca, en sus seis partidas de Cierzos Bajos, Barbarbol, San Galindo, L'Almunia, Florén y Tormos con la Granja, 448 hectáreas; Pompenillo, 220, y Molinos, 115. Aparte de Huesca, también riega los municipios de Quicena, Tierz, Pompenillo y Molinos. La partida más importante es la de L'Almunia, seguida de Cierzos Altos, Bajos y la Piedra.

## LA VEGETACIÓN Y LA FAUNA DE LAS ZONAS HÚMEDAS

Ya no podremos escuchar al clarear el Alba el canto de los jilgueros, ruiseñores, cardelinas, pajarales, lucanos, golondrinas... Muchas especies se pierden, desaparecen, ya no encuentran en las ciudades lugares apropiados para anidar. [...] Las gentes de las ciudades ya no pueden percibir el olor a tierra mojada. [...] El aroma de tremoncillo, la ontina, el espliego, la madre-selva... (Calasanz, 1987)

Dentro de la vegetación del entorno de Huesca (Sanz, 2009), destacan los bosques de galería o de ribera, llamados también *sotos*, que son las comunidades de vegetación que aparecen en la orilla de los ríos y cursos de agua. Se desarrollan en suelos aluviales, cuyo nivel freático es alto, de manera que incluso se pueden inundar durante las crecidas de los ríos. Estas avenidas arrastran sedimentos, pero también fertilizan el suelo. En consecuencia, muchas de estas especies tienen un carácter colonizador, que les permite aflorar y crecer de una manera estacional y temporal.

Los sotos forman bandas de poca amplitud en ambos márgenes de los ríos, siempre y cuando el hombre no los haya alterado totalmente. Se trata de bosques azonales, que no dependen de la climatología general sino de las circunstancias ligadas al ambiente fluvial. En ellos crecen distintos tipos de comunidades vegetales, que se desarrollan en función de la presencia de mayor o menor humedad. En el estrato arbóreo encontramos, en orden de menor a mayor tolerancia al suelo húmedo, *Ulmus minor* (*ormo* u *olmo*), *Populus alba* (*alvar* o *álamo*) y *Populus nigra* (*chopo*), *Fraxinus angustifolia* (*frasno* o *fresno*), diversos tipos de sauces como *Salix alba*, *Salix triandra*, *Salix purpurea*, *Salix elaeagnos* (*salce* o *sauce*). La vegetación forestal de ribera, además, está integrada por sotobosque de arbustos, lianas y diversas plantas herbáceas: *Rubus ulmifolius* (*morera* o *zarzamora*), *Rubus caesius*, *Cornus sanguinea* (*sanguñera* o *sanguíño*), *Crataegus monogyna* (*arto* o *espino blanco*), *Hedera helix* subsp. *hélix* (*lindrera* o *hiedra*), *Humulus lupulus* (*lúpulo*), *Saponaria officinalis*... Es muy frecuente encontrar, asociada a la vegetación de ribera, comunidades de robles, en concreto *Quercus faginea* (*cajico*), o sus formas híbridógenas como *Quercus cerrioides* o *Quercus subpyrenaica* (fig.10). Esto se debe a que los cursos fluviales, además, permiten la penetración de vegetación de pisos climáticos superiores dentro del dominio del carrascal. Por

último, asociadas a cursos de agua y a una buena iluminación, proliferan comunidades de *Phragmites australis* (cañapita o carrizo) y de *Typha* sp. (tatora) (fig. 11). Entre las especies herbáceas también citar *Juncus* sp. (chunco o junco) y *Equisetum* sp. (cola de caballo). A modo de apunte complementario, se recogen los nombres de las especies tanto en aragonés como en castellano, ya que, en esta zona, todavía se conserva el uso popular de la nomenclatura tradicional.



**Fig. 10.** Cabaña de piedra seca y *cajicos* en el término de Cajicar, en las inmediaciones del camino de Cortés (16-7-2018 y 1-12-2019).

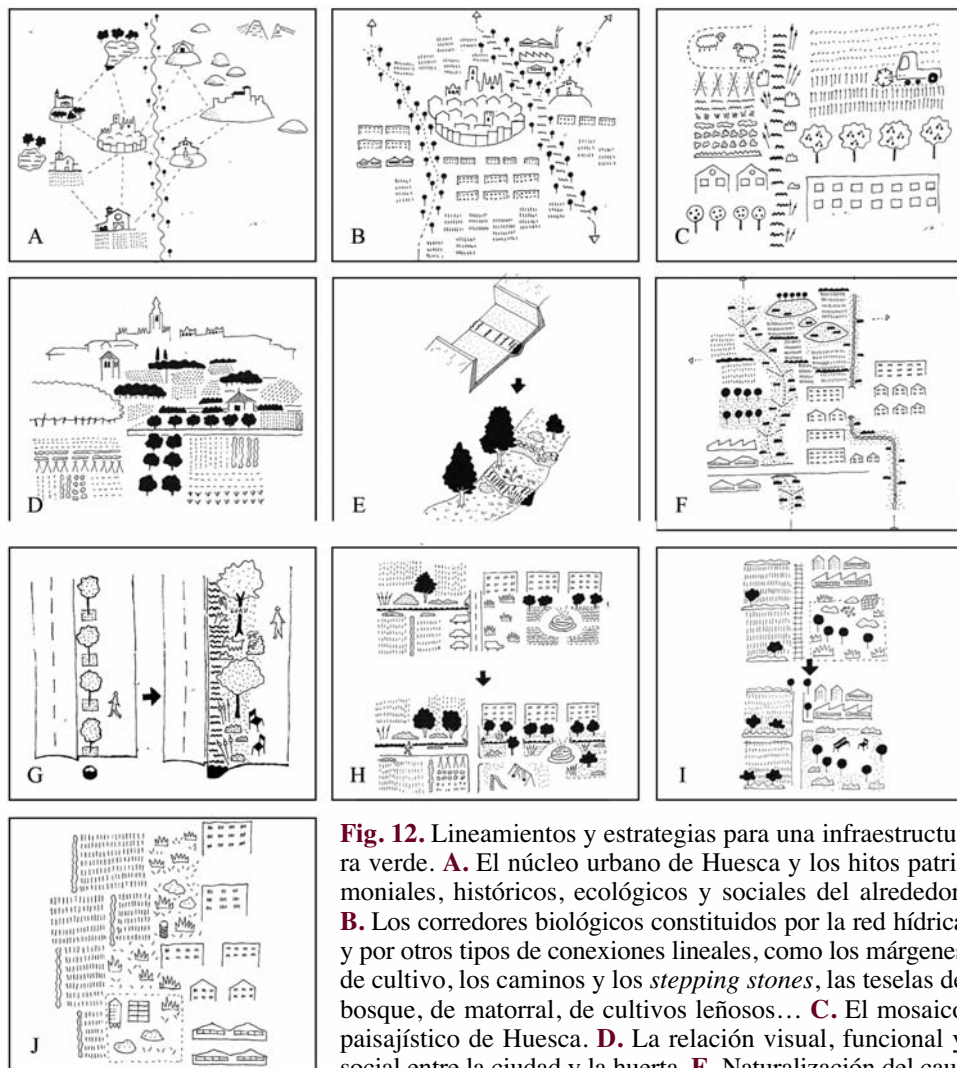
En cuanto a la fauna (Castán, 2006), las zonas húmedas proporcionan refugio a muchas especies de aves. Hay un primer grupo vinculado a los ambientes de sotos y zarzas: el pájaro moscón (*Remiz pendulinus*) o “peduquero”; la curruca mosquitera (*Sylvia borin*); el ruiseñor bastardo (*Cettia cetti*) y el común (*Luscinia megarhynchos*); el zarcero común (*Hippolais polyglotta*); la curruca zarcera (*Sylvia communis*)... También hay aves que nidifican en los carrizales, como el somormujo lavanco (*Podiceps cristatus*) y el zampullín común (*Tachybaptus ruficollis*), y otras acuáticas como la gallineta común o “polla de agua” (*Gallinula chloropus*) y el rascón europeo (*Rallus aquaticus*). Por otro lado, muchas aves migratorias se refugian durante la invernada en aguas abiertas y extensas, con una buena cobertura de vegetación sumergida de la que alimentarse. Es el caso de la focha común (*Fulica atra*), el porrón europeo (*Aythya ferina*), el pato Colorado (*Netta rufina*), el porrón moñudo (*Aythya fuligula*), la cerceta común (*Anas crecca*) y el ánsar común (*Anser anser*).



**Fig. 11.** *Phragmites australis* y *Typha* sp. en la acequia Nueva o de Loreto, en las inmediaciones de la alberca (8-9-2018).

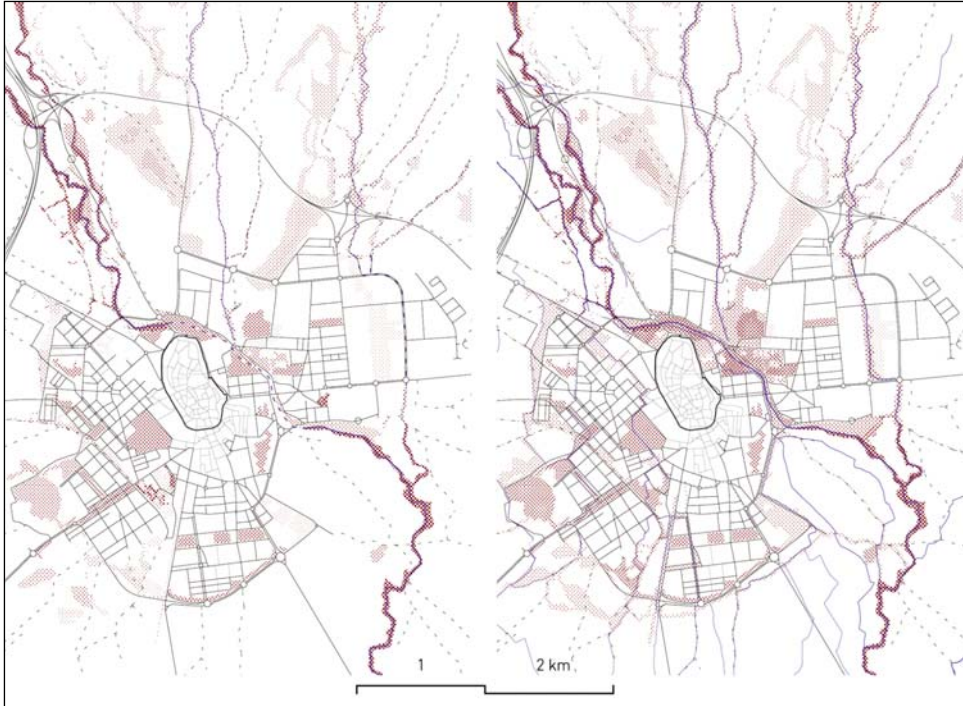


## LINEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS PARA UNA INFRAESTRUCTURA VERDE



**Fig. 12.** Lineamientos y estrategias para una infraestructura verde. **A.** El núcleo urbano de Huesca y los hitos patrimoniales, históricos, ecológicos y sociales del alrededor. **B.** Los corredores biológicos constituidos por la red hídrica y por otros tipos de conexiones lineales, como los márgenes de cultivo, los caminos y los *stepping stones*, las teselas de bosque, de matorral, de cultivos leñosos... **C.** El mosaico paisajístico de Huesca. **D.** La relación visual, funcional y social entre la ciudad y la huerta. **E.** Naturalización del cauce hídrico de La Isuela. **F.** Barrancos como ejes vertebradores de los espacios abiertos de la margen izquierda de La Isuela, que articulan la ciudad en la periferia norte. **G.** Revelar las acequias en su ámbito urbano como recurso para crear espacios públicos autorregulables. **H.** Implementar el intercambio y la conectividad del paisaje rural y el sistema de parques urbanos. Fomentar su inclusión, en un único sistema verde interconectado. **I.** Sucesión ecológica en las áreas de abandono cómo espacio de oportunidad y conectividad. **J.** Ecotono ciudad-campo, zona de intercambios ecológicos y sociales.

## Propuesta urbana y periurbana



**Fig. 13.** A la izquierda, se muestra el estado actual de la ciudad. Un archipiélago de espacios aislados e inconexos. A la derecha, la propuesta de la estructura periurbana, consistente en conectar e implementar vinculaciones entre estos espacios.

Si hasta ahora se ha descrito la estructura y el funcionamiento de la red hídrica oscense, de aquí en adelante, se desgana el objetivo de este artículo: la enumeración de los puntos, desde los que entendemos, se podría implementar una estructura periurbana verde. Se parte de la hipótesis de que esta se ha de sustentar en torno a la red hídrica de acequias, ríos y barrancos que estructura el paisaje propio del entorno de Huesca.

En primer lugar, se presentan unas medidas generales, basadas en las fortalezas que ofrece el paisaje. Se trata de unos lineamientos a escala urbana que nos permiten dar una visión general de lo que consiste una estructura periurbana o, en una escala intermedia, lo que representa un parque periurbano. En segundo lugar, se propone segregar la intervención en cuatro ámbitos: por un lado, en tres grandes ámbitos de actuación, definidos

por el sistema hídrico y, por otro, un cuarto ámbito formado por los espacios del Tercer paisaje (Clément, 2007). En todos ellos se describen unas estrategias, a modo de catálogo de intervenciones que, nos pueden llevar a trazar una primera aproximación para la definición de dicha infraestructura.

### **Estrategias generales**

1. *Implementar las conexiones que vinculan la ciudad con el territorio que la rodea.* Conectar la ciudad con los hitos que hay a su alrededor (fig. 12, A). Hitos arquitectónicos como las distintas ermitas de Jara (*Exara*), Cillas (*Ciellas*), Loreto, San Jorge, Las Mártires, Salas y el castillo de Montearagón (*Montaragón*) o, por otro lado, con los elementos del paisaje más singulares como pueden ser las dos albercas, los diferentes miradores como Loma Verde, Cerro de San Jorge (*Pueyo de Sancho*), Las Mártires (*Puyal de Çimac* u *O Tozal d'as Forcas*), fuentes como Marcelo, del Pedregal, Jara, de la Salud, de la Teja o los bosques de ribera de los alrededores.

2. *Definir una serie de corredores que garanticen la continuidad biológica y que favorezcan las dinámicas de intercambio.* Buscar aquellos elementos que pueden constituir la base de un conector ecológico: ríos, barrancos, acequias, cabañeras o el trazado de la antigua vía del tren (fig. 12, B). Conectar los diferentes paisajes urbanos, mejora las funciones ecológicas de los distintos hábitats; los conectores son claves para preservar la biodiversidad, prevenir la fragmentación de los hábitats y para favorecer la migración y la dispersión de poblaciones de flora y fauna silvestres.

3. *Diversificar el mosaico paisajístico.* Buscar un equilibrio entre la matriz agraria y otros tipos de hábitats (fig. 12, C); preservar y potenciar los márgenes agrícolas, que tienen una importante función de control biológico y de la biodiversidad. Huertas, tierras de secano, frutales o terrenos de explotación agraria componen los márgenes y la periferia de la ciudad. Se trata de entender la ciudad como una ciudad productiva, en la que el paisaje es el resultado de su actividad, y hacer que la producción agrícola, y su paisaje, se integren en la trama urbana.

4. *Recuperar la vinculación de la ciudad con la huerta, desde una vertiente productiva y recreativa.* La huerta y los hortelanos han constituido las figuras principales dentro de la idiosincrasia de la ciudad (fig. 12, D). El modelo

de crecimiento sobre el que se ha desarrollado Huesca durante las últimas décadas, la ha alejado de su forma tradicional de producción y de su paisaje. Valorizar y reconstruir el paisaje tradicional de la ciudad en base a la huerta y la agricultura.

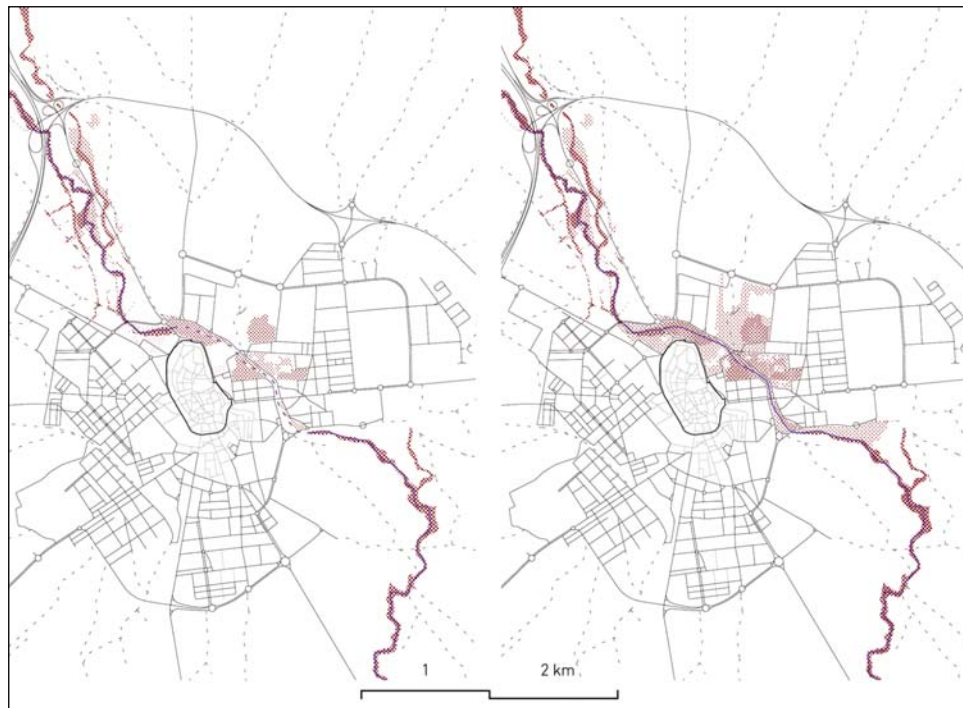
5. *Proponer una relación simbiótica de la infraestructura verde con las actividades agrícolas, ganaderas, lúdicas, deportivas o culturales.* El entorno próximo de la ciudad es el espacio donde se desarrollan las actividades agrícolas y ganaderas, pero también es un lugar de ocio y disfrute al aire libre, una zona de uso deportivo a escala peatonal o ciclable, un espacio donde promover la sensibilización y la educación ambiental.

6. *Desarrollar una red de economía ecológica de proximidad.* La infraestructura puede generar nuevas formas de economía verde, incentivar la producción y el comercio de productos de calidad y de proximidad. Además, la propia economía que se genere puede colaborar en la financiación, el mantenimiento y la expansión de la infraestructura.

7. *Estudiar modos de gestión de esta infraestructura, que se fundamenten en la no acción y en la reinterpretación de las condiciones cambiantes del medio.* Consiste en asumir las fortalezas del paisaje e implementar una serie de operaciones basadas en la no acción. Involucrar a las economías productivas (forestal, agrícola y ganadera) y definir una gestión integrada del paisaje: favorecer la biodiversidad en los campos para controlar las plagas, valorizar los márgenes de los cultivos, usar de la ganadería extensiva como método de prevención de incendios, implementar una explotación forestal sostenible que estabilice y aumente la productividad de los bosques, aprovechar los bioresiduos que genera la ganadería y la huerta para compostaje...

### **Ámbito fluvial de La Isuela**

El ámbito fluvial es el área que, por el tipo de vegetación y por su uso, se considera estrechamente vinculada con la presencia de aguas, tanto vivas como subálveas. Un río no es solamente una línea en un mapa, sino que es el lugar que recoge la lluvia y la humedad de su cuenca hidrográfica; es aquí donde se localizan las extensiones lineales de vegetación de ribera, que representan los hitos del paisaje autóctono de un territorio, que se asienta en un clima seco.



**Fig. 14.** Ámbito fluvial de La Isuela. A la izquierda, el estado actual donde se muestra la atomización del espacio público y la afección del tramo urbano del río (grafiado en línea discontinua). A la derecha, la propuesta para la definición de un parque periurbano que recosa los espacios verdes vinculados al río.

En estos lugares han ido apareciendo, además, pequeñas casas, casetas de aperos o pajares, que se funden con el paisaje de huertas, tajaderas, muros de tierra cruda, portones de madera, caminos de tierra y acequias. El tejido periurbano vinculado a la huerta representa, en cierta medida, la idiosincrasia de la ciudad que, en un origen, era eminentemente de hortelanos. En este tejido encontramos un patrimonio arquitectónico vinculado a la gestión de los recursos hídricos: fuentes, molinos y azudes, que han sido elementos fundamentales para la estructuración y el aprovechamiento del agua de La Isuela. Tristemente, la expansión urbana durante la segunda mitad del siglo XX ha roto la continuidad de este tejido, así como la continuidad paisajística y biológica de La Isuela. Desde el puente de las Miguelas hasta el barrio de Fosal de Moros, el lecho fluvial discurre recogido en un canal de hormigón; este tramo, conocido como *La Alameda* (*L'Alamera*),

antiguamente constituía el espacio público más importante de la ciudad; a su desaparición, hay que sumarle la de muchas fuentes que históricamente alimentaban la población de la ciudad y que representaban hitos en su vida cotidiana.

## **Estrategias**

8. *Restaurar y renaturalizar los cursos hídricos en la ciudad.* Renaturalizar el lecho del río La Isuela, que en su paso por el casco urbano se encuentra canalizado en un cajón de hormigón, e implementar, en su lugar, la vegetación autóctona como solución para la retención y la estabilización del terreno (fig. 12, E). Al mismo tiempo, conservar y potenciar las comunidades de ribera, ampliando su extensión en la medida de lo posible, creando zonas inundables y protegiendo las terrazas fluviales.

9. *Recalcar el carácter vertebrador del río.* Se puede considerar que la red de parques urbanos, los hábitats fluviales y la huerta pueden confluir en un único sistema, capaz de conectar la ciudad con el entorno rural más próximo. Una medida para enfatizar el rol articulador del río y, además, poner en valor a la huerta, puede ser la redacción de un Plan Especial de la Huerta de Huesca, que implique la delimitación de un parque agrario y ecológico donde convivan el uso público con el productivo.

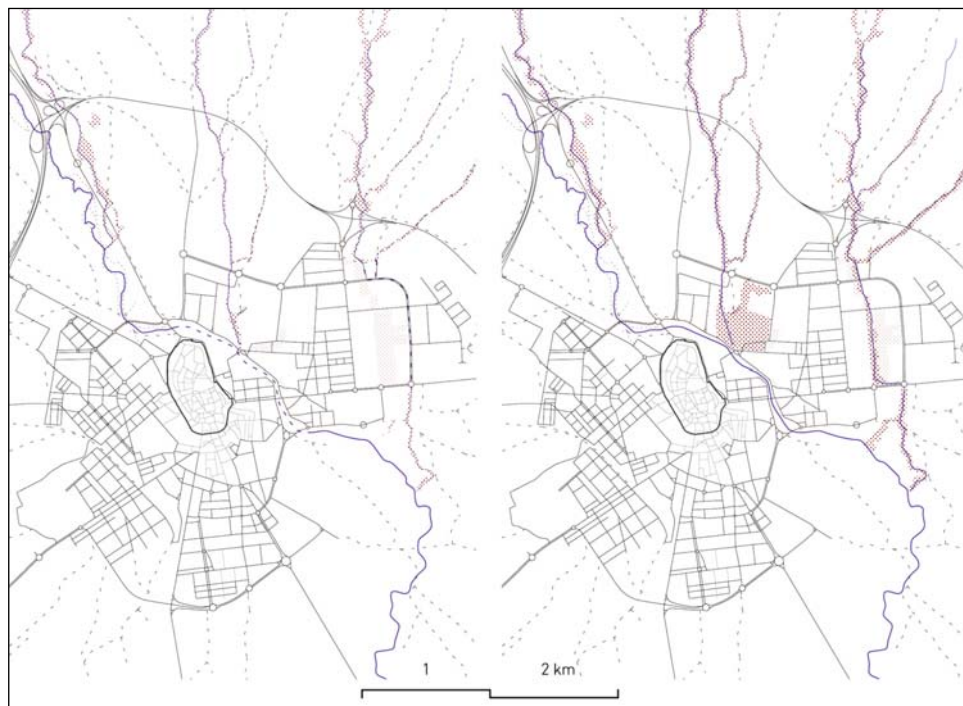
10. *Implementar una gestión eficiente del agua.* Pensar en un modelo de gestión del agua que esté en concordancia con los exiguos caudales hídricos: implementar balsas de laminación, donde se acumule el excedente de agua del río en las estaciones de lluvias; implementar el uso de sistemas urbanos de drenaje ostensible, que ayuden a acumular y filtrar el agua de la lluvia al nivel freático o, también, emplear especies endémicas, propias del clima, en detrimento de otras especies que consumen más recursos y mantenimiento.

11. *Definir el parque periurbano de La Isuela.* La canalización artificial del río supone una brecha que atraviesa la ciudad. En la actualidad, en torno al río se suceden numerosos parques, como el Parque de las Miguelas, el de La Isuela, el de la Universidad, el de los Mártires de la Libertad, el del pinar del Hospital Provincial y el del Encuentro. Pese a que todos ellos se encuentran, en mayor o menor medida, vinculados al río, la mayoría de

ellos se encuentran inconexos entre sí y todos ellos, sin excepción, dan la espalda al río. La renaturalización del cauce del río es una oportunidad para conectar el sistema de parques que rodean el río en un único sistema verde vinculado a La Isuela, al barranco del Diablo y a la acequia de Almería. Una suerte de parque periurbano que abarcaría desde el puente de Pedro Lafuente al puente de la ronda de Salas y que equivaldría a más de cinco veces la superficie del Parque Miguel Servet.

### Sector de los barrancos noreste

Los barrancos son los elementos vehiculares en la definición de la infraestructura verde de la zona norte: en Monzú, Secano y L'Alfalz. Estos cauces, que vienen de la corona de Apiés, son conectores ecológicos entre el río y



**Fig. 15.** Sector de los barrancos noreste. A la izquierda, el estado actual erosionado de sus cauces y sus tramos canalizados (representados en línea discontinua). A la derecha, la propuesta de renaturalización y ampliación de sus cauces a modo de conectores ecológicos.

las comunidades xerófilas de los relieves. Sin embargo, el crecimiento del área industrial de la ciudad interrumpe la continuidad de barrancos y su conexión biológica con La Isuela.

### **Estrategias**

12. *Reestablecer la continuidad física y biológica de los barrancos.* En la ciudad, desembocan los barrancos de Manjarrés, del Diablo, L'Alfóndiga y Monzú. Los tres últimos, en su tramo urbano, tienen sus cauces degradados y erosionados; en ese sentido sería preciso aumentar y renaturalizar la sección de sus cauces y aumentar, de este modo, la diversidad específica de estos espacios. De otro lado, sería importante considerar la conexión entre los barrancos y el río como una zona de oportunidad, donde se podrían crear zonas de alivio que infiltren el agua de lluvia, en caso de avenidas.

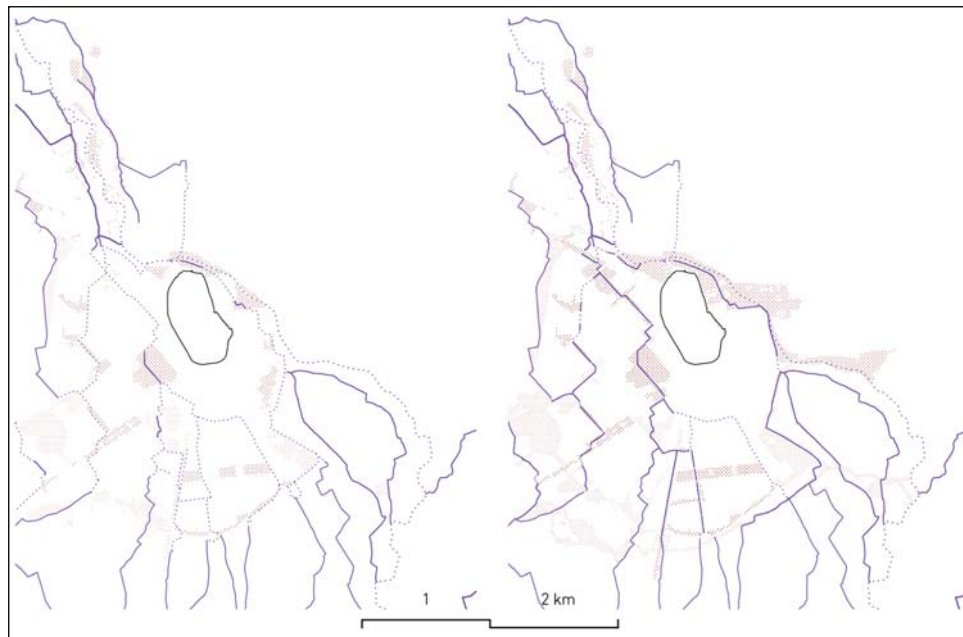
13. *Permitir la penetración de los barrancos a la ciudad.* Incorporar los espacios del Tercer paisaje presentes en las zonas industriales a la infraestructura verde, utilizando los barrancos para estructurar parques periféricos y dar continuidad a los caminos que suben del centro de la ciudad hacia la sierra (fig. 12, F).

### **Sector de la red de regadío**

La compleja red de acequias, que se extiende principalmente por la margen derecha de La Isuela, es la materia prima de la infraestructura verde de este sector, dado su valor histórico y ecológico. Las acequias naturalizadas son conectores biológicos de gran importancia entre los cursos fluviales y las albercas. La vegetación que crece a las orillas de las acequias da cobijo a múltiples especies de fauna, hecho que se refleja en el paisaje sonoro, ya que, al rumor del agua, se le suman cantos de aves, que tienen su hábitat entre el arbolado de ribera o en las comunidades herbáceas. A nivel climático, las brisas y la sombra que proporcionan los grandes árboles, hacen que la sensación térmica en las estaciones cálidas sea sensiblemente más baja.

Dentro de la ciudad la red hídrica todavía permanece activa, pero se encuentra oculta en el subsuelo, en lo que antiguamente eran los campos





**Fig. 16.** Sector de la red de regadío. A la izquierda, el estado actual, donde se muestran los tramos entubados de las acequias (en línea discontinua) y los tramos vistos (en línea continua), así como su escasa vinculación con la red de parques urbanos existente. A la derecha, la propuesta de renaturalización de las acequias dentro del ámbito urbano como sistema conectivo y su vinculación con los espacios naturalizados de la ciudad.

de la mejor huerta oscense. La visibilización y la renaturalización de las acequias en su tramo urbano podría constituir una vía de penetración del paisaje en la ciudad. A partir de sencillas intervenciones que se limiten a deshacer las huellas de urbanización allá donde sea preciso, se podría disponer de unos espacios verdes autorregulables, a la vez que se implementaría una red de conectores ecológicos entre el campo y los parques urbanos.

## Estrategias

14. *Visibilizar y renaturalizar los cauces de las acequias.* Una manera de restablecer la conectividad de la red hídrica, de introducir conectores ecológicos dentro de la ciudad y de generar espacios verdes que se autorregulan y que prácticamente no precisan mantenimiento (fig. 12, G). Por

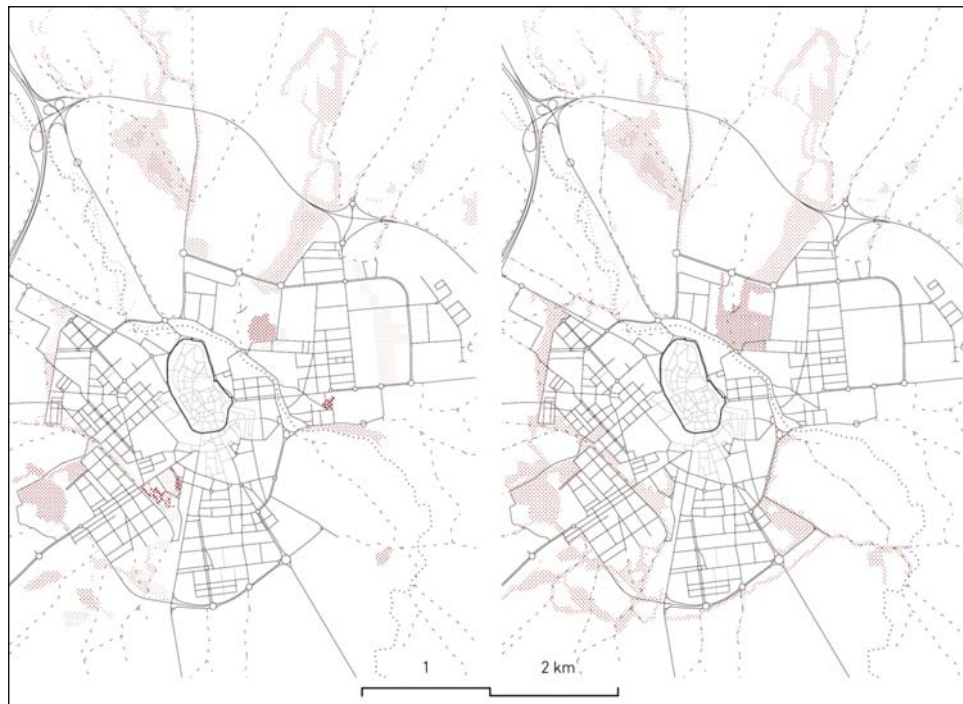
otro lado, es una manera de paliar el efecto de isla de calor, es decir, una manera de disipar el calor que se acumula en la ciudad en verano.

15. *Crear ejes verdes que conecten los parques urbanos con las áreas agrícolas.* En este sentido la acequia de Lunes y Martes (Mediana), y sus ramificaciones Cuadrillos (Quadriellos) o Alcaramiel, pueden tener un papel importante como elementos articuladores de un sistema de espacios verdes que unan el parque Miguel Servet con el entorno de la ciudad (fig. 12, H). A partir de pequeñas intervenciones, se podría desarrollar un eje verde que conectase los términos de Forau y Domingo con el Parque Miguel Servet, haciéndose valer de una serie de parques, plazas y pasajes peatonales, por donde transcurre la acequia de Lunes y Martes. A partir de la renaturalización de esta acequia, se podrían recoser el Parque Puerta del Pirineo, la plaza de Lérida, el pasaje Bonés, el complejo deportivo Ruiseñor, los pasajes de Golondrinas y Zabacequias, hasta llegar a la trama pacificada de Barrio Nuevo, desde donde la acequia llegaría al Parque Miguel Servet (Azpíroz y Bartoleschi, 2021).

16. *Proteger las comunidades vegetales que crecen a lo largo de las acequias, ampliarlas y conectarlas.* Es importante proteger no solo las comunidades de bosque de ribera y robledales, sino también a las comunidades vegetales que crecen a lo largo de las acequias. En este sentido, se debería dejar en el borde de la acequia una franja libre para el desarrollo de dichas comunidades (según la normativa del sindicato de regantes del pantano de Arguis, hay que dejar un mínimo de 60 centímetros de distancia entre el campo de cultivo y la acequia). De este modo, que la presencia de vegetación en los márgenes favorezca la regulación biológica y ayude a controlar plagas.

### **Ecotono ciudad-campo y Tercer paisaje**

El Tercer paisaje está formado por aquellos retales del paisaje que no son productivos; son espacios indecisos, desprovistos de función, márgenes, fragmentos o refugios de biodiversidad (Clément, 2007). Son elementos que, al no ser aptos para el cultivo, se encuentran en un estado intermedio en la sucesión ecológica, desarrollando una vegetación espontánea muy genuina.



**Fig. 17.** *Ecotono ciudad-campo y Tercer paisaje.* A la izquierda, se muestra el archipiélago actual de parques urbanos y periurbanos, así como el sistema de espacios de abandono, intersticio, cerros y espacios de vegetación espontánea que conforman el Tercer paisaje. A la derecha, se muestran las posibles conexiones de los mismos, y cómo esta unión puede implementar corredores ecológicos que conecte la ciudad con los espacios del Tercer paisaje y con su entorno inmediato.

El Tercer paisaje se desarrolla en las laderas de cerros y sasos, donde se localizan comunidades de pastizales y matorrales xerófilos; en la base de cultivos leñosos, como pueden ser las plantaciones de árboles frutales, en las márgenes de los cultivos, en las orillas de caminos, en las cabañeras, barrancos y acequias y, por último en el ecotono ciudad-campo, la llamada zona *buffer*, que es el lugar por excelencia del Tercer paisaje, espacio donde conviven ocupaciones informales y comunidades vegetales en distintos niveles de evolución hacia el estado climácico. Sin embargo, estos territorios de elevado potencial, muchas veces han quedado aislados los unos de los otros; por ello, se propone explorar estrategias para recoser y unir estos espacios, como una manera para mejorar las funciones ecológica de los hábitats.

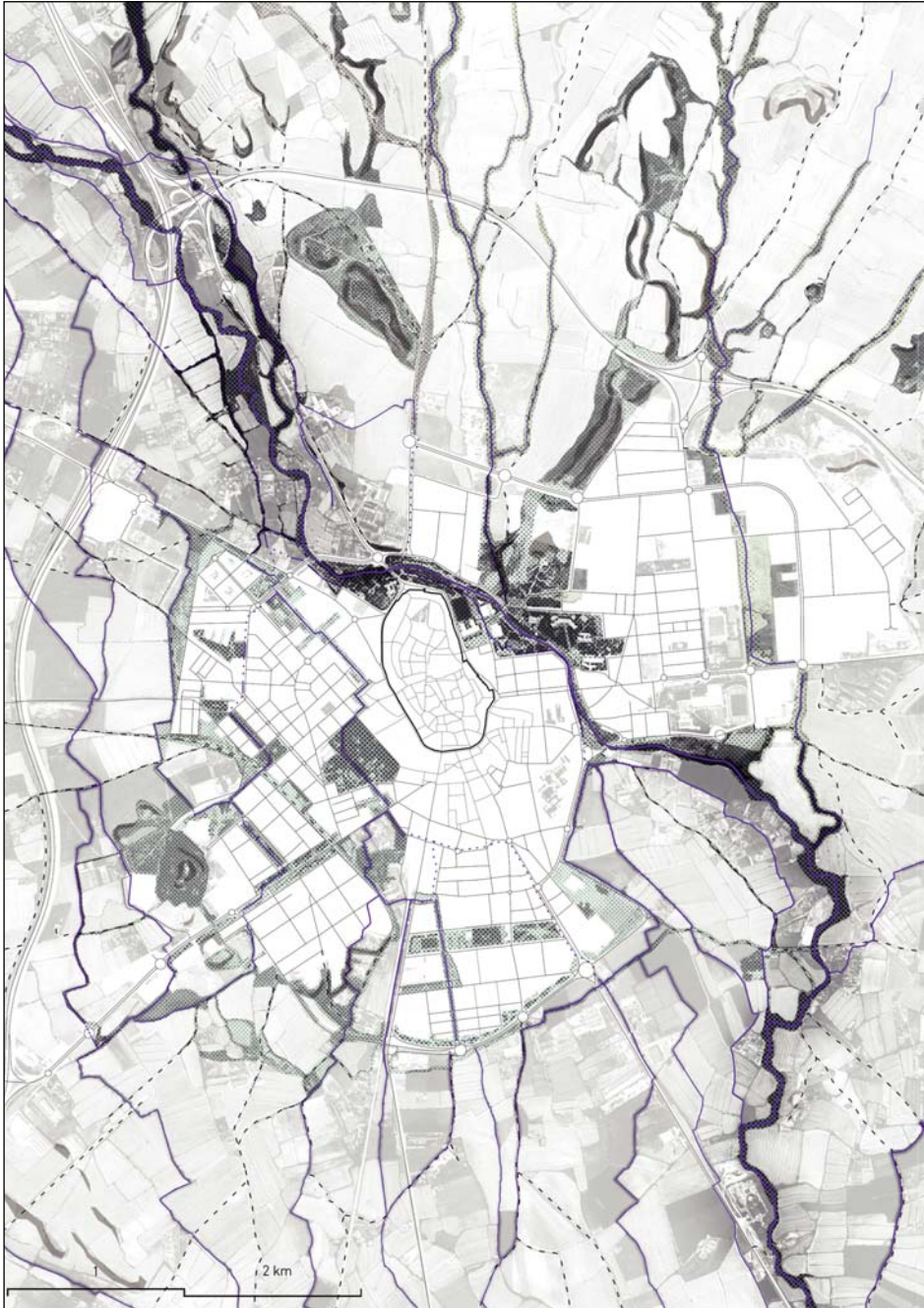
## Estrategias

17. *Recoser los espacios de Tercer paisaje de la periferia e incorporarlos a la infraestructura verde.* En la periferia de Huesca, hay *sasos*, *tozales*, *pueyos* o *coronas*, todos ellos hitos visuales que nos pueden ayudar a unir distintos tipos de paisajes y dar continuidad a los parques urbanos y periurbanos, a través de la red de caminos existentes o, en su defecto, a dar continuidad a la red histórica de caminos que, en algunos casos, ha sido interrumpida. De esta manera, son ejemplos el cerro de San Jorge (*Pueyo de Sancho*), Loma Verde, las coronas de Jesús de Monte, Cillas, Miquera o, también, el sistema de pequeños tozales a lo largo del camino de Fornillos que comienzan a partir de las Mártires. Por otro lado, dentro de los caminos históricos, son de especial importancia las cabañeras, tanto la que parte de la carretera de Apiés como la de la carretera a Zaragoza, ya que son corredores biológicos que han de integrarse en la infraestructura.

18. *Prever el acoplamiento de los espacios de abandono o de residuo a la infraestructura verde.* Antiguos espacios industriales, o parcelas agrícolas que, al entrar en desuso, han ido desarrollando una frondosa vegetación. La naturaleza, ante el abandono, crece y se desarrolla en estos espacios. Identificar estas áreas de abandono, donde la vegetación se ha desarrollado y analizar su posible inclusión dentro de la infraestructura verde (fig. 12, I).

19. *Restaurar, el ecotono ciudad-campo.* El punto de contacto entre la ciudad construida y el campo es un ecotono y, en este espacio, los usos urbanos, los usos agrícolas, las funciones ecológicas y los procesos naturales entran en contacto. Es un terreno muy frágil frente a las perturbaciones debidas, principalmente, a los cambios de uso del suelo (fig. 12, J). Muchas veces la expansión urbana genera espacios de abandono: fragmentos y retales que, por su escaso tamaño, no son productivos para la explotación agraria; parcelas donde se almacenan residuos y material de construcción, o también, solares en desuso donde anteriormente se realizaba una actividad industrial. Estudiar cómo reutilizar estos espacios.

20. *Eliminar la fragmentación de los espacios naturales periféricos.* Integrar los paisajes periurbanos con la trama urbana de la ciudad, tamizando los límites entre lo urbano y lo natural. Conectar los parques urbanos con el entorno natural, difuminar el límite entre la ciudad y el campo y abordar estrategias de cómo el paisaje penetra en la ciudad.



**Fig. 18.** Síntesis de las estrategias.

## CONCLUSIONES

La gestión de la ciudad como ecosistema seguirá siendo pura teoría hasta que se rompa la dicotomía urbano / rural... (Bettini y Alberti, 1996)

El acelerado cambio en las dinámicas económicas de las ciudades, a partir de la segunda mitad del siglo XX, que dio pie a la terciarización de la economía urbana, también tuvo una importante influencia en las políticas de gestión del espacio urbano. La urbe se segregaba del campo y asumía un lenguaje estético que pretendía diferenciarse del paisaje rural y tradicional. Es así como el espacio público se ha convertido en un objeto cuidado, que requiere mantenimiento y que consume energía y recursos. En contraposición, se encuentra el patrimonio ligado a la gestión y al conocimiento popular de los recursos naturales, así como de las técnicas tradicionales de aprovechamiento de los mismos, que fueron paulatinamente abandonados en favor de una nueva visión consumista de la naturaleza.

Este artículo asume que es posible recuperar un equilibrio energético, ecológico, social y productivo entre el núcleo urbano y su entorno rural. Partiendo de este propósito, se ha querido poner en valor aquellas formas de gestionar el paisaje que se basan en una comprensión rigurosa de las dinámicas y de las características del territorio. El patrimonio hídrico oscense es la expresión de una correcta gestión de un recurso escaso, como es el agua en nuestro entorno, y de una forma comunitaria de administrarlo; por ello, consideramos que es la base más apropiada desde la que se puede gestionar el paisaje inmediato de Huesca.

Las propuestas y las estrategias que aquí se exponen, buscan romper con la dicotomía que enfrenta a las dinámicas urbanas y rurales; por el contrario, se busca la mezcla y el intercambio de ambos medios, a partir de medidas que introduzcan el paisaje rural en la ciudad, a través del sistema hídrico. Por otro lado, este trabajo se considera un estudio previo, una aportación desde la cual iniciar una reflexión, que ayude a abordar este proyecto, cuya factibilidad se vincula directamente a la imbricación y la retroalimentación del entramado social que vive y trabaja en el propio territorio. El proyecto de infraestructura verde para la ciudad de Huesca y sus alrededores pasa por un modelo de gestión diferenciada, integrada y sostenible del territorio. En este sentido, será indispensable buscar sinergias entre instituciones, como el Ayuntamiento de Huesca y la Universidad; entidades que tradicionalmente

han gestionado el paisaje, como el Sindicato de Regantes del Pantano de Arguis y otros productores del sector primario; entidades culturales, asociaciones sin ánimo de lucro, asociaciones deportivas y, como no, con toda la ciudadanía en su conjunto.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos dar las gracias al Sindicato de Riegos del Pantano de Arguis, por el tiempo que nos ofrecieron y la documentación que tan amablemente compartieron con nosotros, y a Castor Belío, por la ayuda y los comentarios que tan útiles nos han resultado a la hora de hacer este artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azpíroz, S., y G. Bartoleschi (2021). "Revelando las acequias urbanas de Huesca" <<https://www.youtube.com/watch?v=h8oEkw0zFJ0>>.
- Barceló, M. (1989). El diseño de espacios irrigados en al-Ándalus: un enunciado de principios generales. En L. Cara Barrionuevo (coord.), *El agua en zonas áridas: I Coloquio de Historia y Medio Físico: 2013-2047*. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.
- Bettini, V., y M. Alberti (1996). *Elementi di Ecologia Urbana*. Einaudi. Turín.
- Calasanz, D. (1987). *Hortelanos y huertas desaparecidas por la urbanización de Huesca*. Imp. Pérez-R. Pedraza. Huesca.
- Castán, S. (2006). *Flora y vegetación*. Comarca de la Hoya de Huesca. Diputación General de Aragón. Huesca.
- Clement, G. (2007). *Manifiesto del tercer paisaje*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- Comisión Europea, Dirección General de Medio Ambiente (2014). *Construir una infraestructura verde para Europa*. Oficina de Publicaciones <<https://n9.cl/4usek>>.
- Consejo de Europa (20-10-2000). *Convenio europeo del paisaje* <<https://n9.cl/w4hl4>>.
- Cuchí, J. A. (2005-2006). Anotaciones sobre la distribución de agua en los sistemas de riego tradicionales de la zona occidental de la Hoya de Huesca. *Anales de la Fundación Joaquín Costa*, 22-23: 5-46.
- Cuchí, J. A., y C. Garcés (2008a). Aportaciones a la evolución del sistema de riegos del Isuela en la ciudad de Huesca. *Anales de la Fundación Joaquín Costa*. 25, 2008: 43-58.
- Cuchí, J. A., Garcés, C. 2008. Historia de la acequia mayor de Huesca (siglos XII a XVII). De una orilla a otra del Isuela. *Anales de la Fundación Joaquín Costa*, 25: 59-100.
- Forman, R. (2015). In conversation with Richard T. T. Forman. *LA + Interdisciplinary Journal of Landscape Architecture* (Primavera): 114-117.

- Franch Batllorí, M. (2016). Las veras de Girona. Laboratorio de diseño y gestión para una Infraestructura Verde Urbana en Girona | Girona's shores. Design and management laboratory for Green Urban Infrastructure in Girona. Zarch, 7 <<https://n9.cl/yq63uo>>.
- Iranzo, M.<sup>a</sup> T. (2004). *El Concejo de Huesca en la Edad Media: estructura, funcionamiento y financiación de la organización municipal en la Baja Edad Media*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Laliena, C. (coord.), con J. M.<sup>a</sup> Latorre, J. M. Inglada, M.<sup>a</sup> C. Frías, M. Sabio, G. Pérez, J. Arasanz, J. Azpíroz y J. Fernández-Utrilla (1994). *Agua y progreso social. Siete estudios sobre el regadío en Huesca, siglos XII-XX*. IEA – Diputación Provincial de Huesca. Huesca.
- Lasaosa, R. (ed.) (2006). *Enrique Capella. Folclore y tradición*. IEA – Diputación Provincial de Huesca. Huesca.
- Montaner, M.<sup>a</sup> J., y J. R. Laplana (eds.) (2016). *Documentos del Archivo de la Catedral de Huesca. 1214-1252*. IEA – Diputación Provincial de Huesca. Huesca.
- Mur, L. (1919). *Los riegos en el término municipal de Huesca*. Consejo Municipal de Agricultura y Ganadería de Huesca. Huesca.
- Sanz, M. (2009). *Flora y vegetación arvense y ruderal de la provincia de Huesca*. Jolube Consultor y Editor Ambienta. Jaca



**LUCAS MALLADA, 24 (2022)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **NOTA SOBRE LA RECIENTE COLONIZACIÓN DEL CASTOR EUROPEO EN EL CAUCE MEDIO DEL RÍO GÁLLEGO**

Javier Lera Gracia<sup>1</sup> | José Luis León Górriz<sup>2</sup>  
María Dolores Giménez Banzo<sup>3</sup> | Rafel Vidaller Tricas<sup>4</sup>  
José Antonio Cuchí Oterino<sup>5</sup>

**RESUMEN** En los últimos años se ha asistido a una recolonización del castor (*Castor fiber*) en la cuenca del Ebro. En la presente nota se dan algunos detalles sobre su avance en la cuenca media del río Gállego.

**PALABRAS CLAVE** Castor europeo. Río Gállego. Provincia de Huesca.

**ABSTRACT** In recent years we have witnessed a recolonization of the European beaver (*Castor fiber*) in the Ebro Basin. This note gives some details about its advance in the middle basin of the Gállego River.

**KEYWORDS** European beaver. Gállego River. Province of Huesca (Spain).

---

<sup>1</sup> javier.lera.gracia@gmail.com

<sup>2</sup> genisthaconsultoria@gmail.com

<sup>3</sup> riogallego@gmail.com

<sup>4</sup> rvidaller@gmail.com

<sup>5</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [cuchi@unizar.es](mailto:cuchi@unizar.es)

## INTRODUCCIÓN

El castor europeo (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) es el mayor roedor autóctono que vive asociado a las aguas dulces de Europa. Poco prolífico, semiacuático y nocturno, se alimenta fundamentalmente de vegetales, entre ellos la corteza de algunos árboles ribereños que corta previamente con sus fuertes incisivos (Janiszewski y cols., 2006; O'Connell y cols., 2008; Echeagaray y cols., 2020).

Este animal estuvo extendido en el pasado por prácticamente toda Europa. Históricamente fue objeto de caza por su piel, su carne y el *castoreum*, exudado pardo de fuerte olor característico producido por las glándulas anales de ambos sexos. Este producto se ha usado en medicina tradicional y en algunos perfumes. La Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos de América lo acepta como aditivo culinario (Burdock, 2007).

En Europa, a mediados del siglo xx, el castor únicamente se encontraba en estado salvaje en zonas pantanosas del este (Polonia y ex repúblicas soviéticas cercanas) y en las Cevenas francesas. Las causas son múltiples, incluida la humanización de sus hábitats, la transformación de los sotos ribereños y la caza excesiva. Sin embargo, a partir de entonces se ha expandido por diferentes países europeos, en parte reintroducido por autoridades ambientales y grupos conservacionistas (Halley, 2011; Halley y cols., 2020). En Suecia, extinguido a finales del siglo xix, fue reintroducido en 1922 por la acción de un particular (Hartman, 2003). En Escocia, donde también existió (Kitchener y Conroy, 1997), se soltaron los primeros ejemplares en 2009 dentro de un programa científico plurianual dirigido por el Scottish Beaver Trial en colaboración con The Royal Zoological Society of Scotland y el Forestry and Land Scotland. A pesar de su expansión, la UICN lo mantiene en la lista roja de especies amenazadas (Batbold y cols., 2021), al igual que al castor americano (*Castor canadensis*) (Cassola, 2016), que fue introducido en Finlandia en 1937, desde donde se ha extendido. Se señala, sin embargo, que el castor europeo es una especie intensamente expansiva (Wróbel, 2020).

Hay cierta controversia sobre los efectos de la reintroducción del castor europeo. En España, por ejemplo, se señalan los daños producidos en plantaciones arbóreas industriales que han reemplazado a los sotos naturales que, en bastantes casos, estaban dentro de zonas de inundación ordinaria.

Por otro lado, autores como Puttock y cols. (2017), Law y cols. (2017) y Wohl y cols. (2021) consideran que los castores son beneficiosos, al aumentar la biodiversidad de las poblaciones vegetales ribereñas dentro de los procesos de renaturalización (*rewilding*). Desde luego, contribuyen a controlar la vegetación en cauces y riberas.

El castor puede ser territorial, dependiendo de la densidad poblacional. A mayor densidad, los territorios son menores y aumenta el forrajeo lejos de las orillas, así como la necesidad de patrulla por los propietarios, especialmente en primavera, cuando se dispersan los subadultos. Una alternativa para estos es colonizar nuevos tramos fluviales (Graf y cols., 2016).

## EL CASTOR EN ESPAÑA

Es evidente que en el pasado existieron castores en España. Por ejemplo, se han encontrado restos en Atapuerca (Cuenca-Bescós y cols., 2017), en El Soto de Medinilla (Valladolid) (Liesau von Lettow-Vorbeck, 1998) y en las ruinas de la ciudad romana Colonia Clunia Sulpicia (Burgos). A nivel literario, Estrabón cita su presencia en Hispania. Es popular la fábula de que este animal se autoarrancaba sus glándulas a mordiscos para evitar ser matado, relato que se recoge en el *Libro del Tesoro* (siglo XIII) y se repite en el *Quijote*. Se ha señalado que se extinguió en España en el siglo XIX, según dicámenes oficiales del Comité Científico de Flora y Fauna Silvestres del Ministerio de Transición Ecológica citados en Echegaray y cols. (2020).

En marzo de 2003 se produjo una discreta suelta, sin autorización administrativa, de dieciocho ejemplares procedente de una granja bávara en la confluencia de los ríos Ebro y Aragón (Sanz, 2020). La primera noticia de su presencia es de Ceña y cols. (2004), a quienes sorprendió el hallazgo. Años más tarde, un informe de la Confederación Hidrográfica del Ebro los señalaba en el Aragón y el Cidacos y les atribuía “numerosos daños”. Listado explícitamente en la 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, las comunidades autónomas ribereñas de La Rioja, Navarra y Aragón intentaron sin éxito, durante varias décadas, exterminar este animal alegando la ilegalidad del hecho. Finalmente, la cacería se detuvo por una comunicación de la Comisión Europea que tuvo que recordar a España

la naturaleza protegida de esta especie, incluida en la citada directiva y en el apéndice III del Convenio de Berna. Recientemente ha entrado en la lista española de especies silvestres en régimen de protección especial.

## EL CASTOR EN ARAGÓN

Por ahora no hay pruebas paleontológicas o arqueológicas sobre la existencia histórica del castor en Aragón, aunque se han señalado restos fósiles de la familia de los castores en el Mioceno de Peñalba (Huesca) (Cuenca-Bescós y cols., 1989). Sin embargo, era conocido durante la Edad Media dado que en los libros de las aduanas aragonesas se menciona su piel como *vebre* (francés medieval *bièvre*, latín *beber*, celta *fiber*). Los ejemplares actuales en la comunidad provienen de la suelta de 2005, que se extendió por el Ebro medio y los ríos Jalón y Huerva, así como por el Aragón y sus afluentes, como el Onsella. Durante algunos años el correspondiente departamento del Gobierno de Aragón intentó eliminar este animal, sacrificando algunos ejemplares por considerarla especie invasora. Echegaray y cols. (2020) presentan algunos datos de ejemplares sacrificados y un mapa sobre las localizaciones oficiales en el Ebro entre 2008 y 2015.

En la actualidad ha cambiado el estatus oficial de la especie, como señalan Guerrero y Jarne (2014) en trabajo que mereció el Premio Félix de Azara de la Diputación Provincial de Huesca en 2012. Además, a partir de 2015 se hacen populares diversos vídeos en redes de comunicación sobre la presencia de este animal en la zona canalizada del Ebro en Zaragoza. En 2019 los bomberos de esta ciudad *rescatan* un castor de las aguas del Canal Imperial. Sanz (2020) presenta una interesante nota sobre su presencia en Zaragoza. Como concluye este autor, “el castor es sin duda una pieza clave de nuestros sotos ribereños y hay que aceptar que ha llegado para quedarse”.

La presente nota se refiere a la colonización por este roedor del tramo medio del río Gállego.

## EL RÍO GÁLLEGO: HIDROLOGÍA E IMPACTOS HUMANOS

El río Gállego tiene una longitud de unos 194 kilómetros y una cuenca alargada ligeramente superior a los 4000 km<sup>2</sup>. Sus afluentes son cortos, con

las excepciones del Guarga, el Aurín y el Sotón. Información geomórfica detallada se puede encontrar en Ollero y cols. (2004), quienes dividen la cuenca en tres tramos. Hidrológicamente el río era conocido por sus grandes avenidas, incluida la fusión de las nieves (*mayenco*), y fuertes estiajes (Marín, 1989 y 1993). En la actualidad el Gállego tiene una aportación media de 1020 hm<sup>3</sup>, que equivale a un caudal medio natural de 12,5 m<sup>3</sup>/s. En la práctica, el régimen del río está muy modificado desde la construcción del embalse de La Peña en 1913, que tiene 15,5 hm<sup>3</sup> nominales y es propiedad de los sindicatos regantes en el Bajo Gállego. Más recientes son los embalses de Búbal (1971; 64,26 hm<sup>3</sup>) y Lanuza (1980; 16,86 hm<sup>3</sup>), situados en el Alto Gállego y que son propiedad del Estado español.

El tramo entre Sabiñánigo y La Peña está jalonado por varias centrales hidroeléctricas de modesto tamaño, construidas por Eléctricas Reunidas de Zaragoza (ERZ) y hoy propiedad de ENDESA. En los tramos alto y medio no hay detracciones permanentes importantes, pero, sobre todo en verano, el río ve muy mermado su caudal por efecto de las centrales.

Al inicio de la zona baja es muy importante la detracción nominal de 90 m<sup>3</sup>/s desde el embalse de Ardisa por el canal de enlace hacia el de La Sotomera (1915, 1960; 186 hm<sup>3</sup>) y al futuro de Almudévar (169,7 hm<sup>3</sup>) por Riegos del Alto Aragón (RAA). Para los riegos del Bajo Gállego y las centrales de Marracos y San Mateo se sueltan 10 m<sup>3</sup>/s, que se turbinan en la central de Valdespartera, propiedad de RAA.

A la importante detracción por RAA hay que sumar las posteriores por los azudes de Ontinar de Salz (acequias de Camarera y Candevania), Rabal y Aula Dei (Urdana), de modo que, en verano, el río en su desembocadura queda prácticamente seco salvo retornos de regadío y vertidos urbanos e industriales. Otras afecciones importantes de calidad son los vertidos industriales y urbanos de Sabiñánigo y, sobre todo, los lixiviados de lindano de esta localidad (Bailín, Sardas y la antigua fábrica de Inquinosa).

En el tramo bajo las detracciones de agua han producido una clara modificación morfológica del cauce. En algunas partes se ha producido una invasión del álveo por la vegetación ribereña, siguiendo el clásico esquema de Collier y cols. (1996). A esto hay que añadir, en la misma zona baja, la extracción compulsiva de áridos, el vertido de residuos urbanos, de construcción e industriales, y la ocupación de terrenos para cultivos, e incluso

urbanizaciones en zona inundable (García Anquela y cols., 1985; Marcos, 1991; Marqués, 2018). La recuperación parcial de esta zona se inició hacia 1980 entre los puentes de la N-2 y la A-2 en Santa Isabel y sobre todo con motivo de la Expo de Zaragoza, en 2008. Los vertidos de escombros de todo tipo y la extracción de áridos en el cauce o en sus proximidades han sido también importantes en la zona de Sabiñánigo y en menor medida en Santa Eulalia (*Santolaria*) de Gállego, Murillo, molino de Yeste y Orna de Gállego.

### **Algo de morfología sobre el tramo medio del Gállego**

El límite inferior del tramo medio del Gállego podría establecerse en algún lugar, en las cercanías del piedemonte o somontano del Prepirineo, y a efectos del presente artículo se sitúa a la altura de Puendeluna, donde se aminora el encajamiento del río. El límite posterior podría estar en Sabiñánigo, cuando el río entra en el amplio valle que se inicia en Biescas, donde tiene un tramo de tipo anostomosado, aunque reconducido mediante escolleras artificiales.

En este tramo el impacto humano es importante y ha modificado la morfología del río. La detracción de caudales y las extracciones de grava y de vertidos varios afectan al cauce a la altura de Gurrea de Gállego, donde su antiguo azud. Aguas arriba están las detracciones de la central de Gurrea y del sistema Puendeluna – Salto del Lobo. Salvo las cada vez más raras avenidas, el río se ha transformado en una serie de lagunas arrosariadas unidas por muy modestos canales. El cauce y muchas huertas abandonadas están recolonizadas por la vegetación. Este modelo de paisaje se acentúa entre el azud de Puendeluna y su central, y sigue hasta el pie de la presa de Ardisa.

Por encima de esta, que mantiene alta la lámina de agua para dar servicio al canal de enlace, el embalse se comporta como un lago en proceso de aterramiento y con pequeñas oscilaciones de nivel. En sus orillas hubo choperas de repoblación, hoy abandonadas, y una zona naturalizada entre Biscarrués y Erés donde, en su orilla derecha, se ha establecido el Sendero Botánico de la Galliguera (Biscarrués) (León y Cuchí, 2019). Un descenso general en la lámina provocada por el cambio de alzas automáticas por un vertedero fijo de labio grueso, entre 2010 y 2020, ocasionó un escalón bien visible en ambas orillas que dificulta a la fauna el acceso al agua. A la altura

de Erés, donde hay una pequeña isla, y hasta el pie de la presa de La Peña, el río recobra su aspecto natural, al tiempo que se encaja en el Prepirineo. Morfológicamente es una sucesión de rápidos y pozas complicados por grandes bloques rodados y deslizamientos de ladera. La zona es muy apta para el turismo fluvial de aventura.

El embalse de La Peña, que incluye el tramo final del río Asabón, se utiliza para los riegos del Bajo Gállego. Su gestión, con sueltas veraniegas, implica importantes variaciones de nivel. En su cola, un poco por debajo de la localidad de La Peña Estación, se ha generado un humedal por aterramiento: a partir de la confluencia con la Garona de Rasal el río vuelve a un aspecto relativamente natural, en sucesión de rápidos y badinas, más los bloques caídos, con modestos sotos en sus orillas hasta la depresión de Javierrelatre. En esta zona los caudales están controlados por la gestión de la serie de pequeñas presas hidroeléctricas. En verano el funcionamiento de estas se relaciona con las sueltas para riego de los embalses de Búbal y Lanuza, lo que origina un típico hidrograma en emboladas.

## **LA COLONIZACIÓN DEL CASTOR EN EL TRAMO MEDIO DEL RÍO GÁLLEGO**

El castor llegó a la desembocadura del río al tiempo que colonizó el Ebro a la altura de Zaragoza, y su presencia en el Bajo Gállego la señaló hace algunos años Benjamín Sanz (comentario personal) y fue resumida en Sanz (2020). Había cierta incógnita sobre su posible progresión río arriba, dadas las condiciones de degradación ambiental del tramo bajo y la presencia de presas de cierta envergadura en el medio.

En el verano de 2018 Ismael Sanz (comentario personal) sugirió la presencia de este animal aguas arriba de la presa de Ardisa. En estas mismas fechas se publicó alguna fotografía de un mamífero en canales de RAA, pero hubo cierto debate sobre si era castor o nutria, especie que también ha experimentado una sorprendente recuperación en el río Gállego y sus afluentes.

En enero de 2019 se encontraron pruebas claras de la presencia de castor en una pequeña isla frente a Erés donde se observaron pies de chopos recién cortados y algunas ramitas raídas en el agua, en el límite meridional izquierdo de la isla (fig. 1). Este tramo en ese momento estaba bastante

cerrado, aunque se está abriendo a expensas del canal derecho. Durante unas semanas se pudo ver el progreso de la actividad, que cesó cuando comenzó la temporada de pesca al ser un lugar frecuentado por pescadores. Una campaña de fototrampeo en este lugar no obtuvo resultados, pero se observó a una fuina (*Martes foina*) frotándose contra un tronco parcialmente cortado que había quedado abandonado. No se localizó ninguna madriguera o acumulación de ramas con fines alimentarios. La isla presenta abundantes acumulaciones de madera muerta arrastrada por avenidas y en las orillas fluviales cercanas hay bastantes huecos, con grandes rocas caídas y numerosos troncos muertos de *Salix alba*. Se rastrearon otras zonas aguas abajo de la presa de Ardisa. Aguas abajo del azud de Gurrea de Gállego se encontraron árboles cortados hacía algún tiempo y se obtuvo por fototrampeo una probable pero muy oscura imagen en el aforo situado entre la presa de Ardisa y la salida de la central hidroeléctrica de Valdespartera.

En el invierno y en la primavera de 2020 se volvieron a observar señales en la isla de Erés. Se rastrearon las orillas del río en barca y se localizaron algunos árboles cortados en sitios con playa. Una campaña de fototrampeo recogió en agosto de ese año la presencia nocturna del roedor (fig. 2). Se observó también que la mayoría de los chopos cortados el año anterior habían rebrotado. Durante ese verano los barqueros de *rafting* señalaron varias zonas con troncos cortados entre Carcavilla y el puente de Santolaria. En la noche del 27 al 28 de junio de ese año un automovilista encontró un castor en medio de la carretera A-132, en la curva de la presa de La Peña. Al sacarlo del asfalto, se dirigió hacia el embalse.

En abril y mayo de 2021 agentes para la Protección de la Naturaleza indican ya la presencia de señales en Anzánigo, término municipal de Caldearenas.

El día 22 de julio de 2021 se realizó un recorrido por el río Gállego aguas arriba de las últimas citas con rastro de castor, que habían sido en Anzánigo en ese mismo año. Se encontraron restos de sauces comidos en tres puntos de los cinco prospectados:

1. 30T 703358 4697337. Vado en Javierrelatre. Por el crecimiento de los rebrotes, habían sido realizados en 2021 y 2020.
2. 30T 705756 4697337. Caldearenas. Los brotes indicaban también los años 2021 y 2020.



3. 30T 708274 4698241. Latre, bajo la presa del embalse de Javierrelatre. Brotes de 2021 y un sauce seco, con brotes de 1 año también secos, que indicaban ser de 2020 o algún año anterior.

En Orna (30T 712702 4701628) se recorrieron unos 700 metros de ribera sin encontrar indicios.

El día 19 de agosto de 2021 se realizó un nuevo recorrido por el río Gállego y el río Guarga, aguas arriba de las citas anteriores, prospectando tres puntos:

1. 30T 708833 4698859. Río Guarga, aguas arriba del puente de la pista de Lasieso a Estallo. Más de 70 plantas jóvenes (*Populus nigra*) de entre 1 y 5 centímetros de diámetro, con cortes viejos, algunas con recrecimientos posteriores de al menos dos savias (fig. 3). Esa zona suele tener el cauce alto por situarse en la cola del embalse de Javierrelatre. Las plantas estaban junto al cauce, a 1 metro del agua, por el poco caudal que bajaba.
2. Transecto entre 30T 709318 4698934 y 709420 4698902. Río Guarga, término municipal de Caldearenas, transecto de unos 120 metros de río, aguas arriba del punto anterior. No se vieron restos de actividad de castor. El caudal era escaso.
3. 30T 708698 4699823. Río Gállego, término municipal Caldearenas, aguas arriba de la central de Jabarella. Dos plantas (*Populus nigra*) jóvenes de chopo comidas, de entre 1 y 2 centímetros de diámetro. Restos viejos. Distancia al cauce, 1,5 metros.

El 17 de mayo de 2022 se avistó un ejemplar junto a la presa de Sabiñánigo (30T 717457 4709856), al parecer itinerante.

Hasta el presente no se ha localizado ninguna presa, guarida o almacén de comida. Es posible que esto se deba a lo limitado de la población y que la presencia de refugios naturales y la posible itinerancia influyan en este comportamiento que, indudablemente, habrá que seguir en el futuro. También puede influir la relativa benignidad del clima con respecto al del norte de Europa, según lo señalado por Hartman y Axelsson (2004). Por falta de datos, tampoco se puede especular sobre el tiempo y la manera de la dispersión, en la línea de lo estudiado por Mayer y cols. (2017).

Señalemos, por último, que esta especie ha sido incluida dentro del trabajo de Roy (2021) sobre los meso- y macromamíferos de la Galliguera.



**Fig. 1.** Huellas de actividad de castor a inicios de 2019 a la altura de Erés.



**Fig. 2.** Fotograma de fototrampeo de castor a la altura de Erés en agosto de 2020.



**Fig. 3.** Señales de castor en la desembocadura del Guarga el 19 de agosto de 2021. (APN)

### **A MODO DE COMENTARIO**

Es evidente que el castor europeo, al que se presume torpe fuera del agua, ha conseguido colonizar el río Gállego. Primero sus ejemplares tuvieron que remontar el tramo degradado del río Gállego, desde la desembocadura hasta el pie de la presa de Ardisa. Luego han tenido que superar esta por el monte de la orilla derecha, dado que el borde del hormigonado canal de enlace y la velocidad del agua hacen de imposible barrera en la orilla izquierda. Caso de que hubieran entrado en este canal, es muy probable que fueran arrastrados, si no fueron conducidos hacia las rejillas de la cámara de carga de la central de Valdespartera, hacia el embalse de La Sotonera, que tiene importantes oscilaciones anuales de nivel.

En el Gállego, tras superar el embalse de Ardisa, de pequeña oscilación, y el tramo natural de Erés a Carcavilla, el castor ha tenido que remontar la presa y la cerrada de La Peña, muy encajada entre farallones rocosos y don-

de las vías de acceso más evidentes están ocupadas por ferrocarril y carretera. Como se ha observado, parece que no teme utilizar estas vías. Los últimos datos en Anzánigo indican, además, una presencia del orden de dos años. No parece, por ahora, que el castor pueda colonizar los afluentes del Gállego medio, dado que la poca profundidad del agua en sus cauces, especialmente en verano, no favorece la seguridad ante los predadores.

No se ha visto ningún atisbo de presa, guarida o almacenamiento de comida. En el caso de esto último, puede ser debido a la inexistencia de un periodo extremadamente frío. Será interesante ver qué sucede cuando llegue a la cabecera.

Sorprende un poco la aparente alta velocidad de la colonización en el Gállego a pesar de las alteraciones antrópicas del cauce del río, especialmente la presencia de importantes obras transversales. En principio, parece que se trata de ejemplares aislados y muy itinerantes. Es posible que la alteración del hábitat impulse su movilidad en busca de lugares idóneos.

Sin embargo, esta proeza parece menor dadas las noticias de este animal en el río Aragón, a la altura de Aratorés, muy aguas arriba de la presa y las obras de Yesa. En estas condiciones, hay que considerar al castor europeo como un gran colonizador.

## AGRADECIMIENTOS

La Diputación Provincial de Huesca, en el marco del Galardón y Premios Félix de Azara, financió la adquisición de cámaras de fototrampeo. Las sugerencias e indicaciones del doctor Juan Herrero han sido bienvenidas, así como las observaciones de los barqueros de *rafting* de las empresas de aventura de Murillo de Gállego y de otras personas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batbold, J., N. Batsaikhan, S. Shar, R. Hutterer, B. Kryštufek, N. Yigit, G. Mitsainas y L. Palomo (2021). *Castor fiber* (amended ver. of 2016 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2021: e.T4007A197499749 <<https://n9.cl/gd2in>>.
- Burdock, G. A. (2007). Safety assessment of castoreum extract as a food ingredient. *International Journal of Toxicology*, 26 (1): 51-55.

- Cassola, F. (2016). *Castor canadensis: the IUCN Red List of Threatened Species*, 2016: e.T4003A22187946 <<https://n9.cl/hubyrx>>.
- Ceña, J. C., I. Alfaro, A. Ceña, U. Itoitz, G. Berasategui e I. Bidegain (2004). Castor europeo en Navarra y La Rioja. *Galemys*, 16 (2): 91-98.
- Collier, M., R. H. Webb y J. C. Schmidt (1996). *Dams and Rivers: A Primer on the Downstream Effects of Dams*. US Geological Survey Circular 1126. 94 pp.
- Cuenca-Bescós, G., B. Azanza, J. I. Canudo y V. Fuertes (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Pañalba (Huesca): implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 8: 75-77.
- Cuenca-Bescós, G., J. R. Ardévol, Á. Morcillo-Amo, M. Á. Galindo-Pellicena, E. Santos y R. M. Costa (2017). Beavers (Castoridae, Rodentia, Mammalia) from the quaternary sites of the sierra de Atapuerca, in Burgos, Spain. *Quaternary International*, 433: 263-277.
- Echegaray, J., C. Pérez de Obanos y E. Artika (2020). *FAQ / Preguntas frecuentes sobre el castor europeo (Castor fiber) en España: manual de divulgación y guía para el tratamiento informativo*. GADEN. Vitoria-Gasteiz. 55 pp.
- García-Anquela, J. A., J. M. Tena y J. M. A. Mandado (1985). Las explotaciones de áridos como factor modificador de los cauces fluviales naturales. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 11: 83-90.
- Guerrero, J., y M. Jarne (2014). *Las especies exóticas invasoras en Aragón*. Consejo de Protección de la Naturaleza. Zaragoza. 242 pp.
- Graf, P. M., M. Mayer, A. Zedrosser, K. Hackländer y F. Rosell (2016). Territory size and age explain movement patterns in the Eurasian beaver. *Mammalian Biology*, 81 (6): 587-594.
- Halley, D. J. (2011). Sourcing Eurasian beaver *Castor fiber* stock for reintroductions in Great Britain and Western Europe. *Mammal Review*, 41 (1): 40-53.
- Halley, D. J., A. P. Saveljev y F. Rosell (2021). Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* in Eurasia. *Mammal Review*, 51 (1): 1-24.
- Hartman, G. (2003). Irruptive population development of European beaver (*Castor fiber*) in southwest Sweden. *Lutra*, 46: 103-108.
- Hartman, G., y A. Axelsson (2004). Effect of watercourse characteristics on food-caching behaviour by European beaver, *Castor fiber*. *Animal Behaviour*, 67 (4): 643-646.
- Janiszewski, P., A. Gugolek y A. Łobanowska (2006). Use of shoreline vegetation by the European beaver (*Castor fiber* L.). *Acta Scientiarum Polonorum*, 5 (2): 63-70.
- Kitchener, A. C., y J. W. H. Conroy (1997). The history of the Eurasian beaver *Castor fiber* in Scotland. *Mammal Review*, 27 (2): 95-108.
- Law, A., M. J. Gaywood, K. C. Jones, P. Ramsay y N. J. Willby (2017). Using ecosystem engineers as tools in habitat restoration and rewilding: beaver and wetlands. *Science of the Total Environment*, 605: 1021-1030.
- León, J., y J. A. Cuchí (2019). *Guía del sendero botánico de Biscarrués*. Coordinadora Biscarrués – Mallos de Riglos / Galliguera Ediciones. Biscarrués (Huesca). 216 pp.

- Liesau von Letow-Vorbeck, C. (1998). El soto de Medinilla: faunas de mamíferos de la Edad del Hierro en el valle del Duero (Valladolid, España) / El Soto de Medinilla: mammal faunas from the Iron Age in the Valley of the Duero (Valladolid, Spain). *Archeofauna*, 7: 7-210.
- Marcos, A. (1991). Análisis de la evolución reciente de la morfología del cauce del Bajo Gállego en las proximidades de Zaragoza: influencia de las actuaciones humanas en su entorno. *Acta Geológica Hispánica*, 26 (1): 23-33.
- Marín, J. M.<sup>a</sup> (1989). Balance hídrico e hidrológico de la cuenca alta del río Gállego. *Geographicalia*, 26: 175-182.
- Marín, J. M.<sup>a</sup> (1993). Balance hídrico e hidrológico de la cuenca media del río Gállego. *Geographicalia*, 30: 243-258.
- Marqués, L. Á. (2018). *Alteraciones hidrogeomorfológicas en el Bajo Gállego a partir del registro instrumental*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 274 pp.
- Mayer, M., A. Zedrosser y F. Rosell (2017). When to leave: the timing of natal dispersal in a large, monogamous rodent, the Eurasian beaver. *Animal Behaviour*, 123: 375-382.
- O'Connell, M. J., S. R. Atkinson, K. Gámez, S. P. Pickering y J. S. Dutton (2008). Forage preferences of the European beaver *Castor fiber*: implications for re-introduction. *Conservation and Society*, 6 (2): 190-194.
- Ollero, A., M. Sánchez, J. M.<sup>a</sup> Marín, D. Fernández, D. Ballarín, D. Mora, R. Montorio, S. Beguería y M. Zúñiga (2004). Caracterización hidromorfológica del río Gállego. En J. L. Peña, L. A. Longares y M. Sánchez (eds.), *Geografía física de Aragón: aspectos generales y temáticos*: 117-129. Universidad de Zaragoza / IFC. Zaragoza.
- Puttock, A., H. A. Graham, A. M. Cunliffe, M. Elliott y R. E. Brazier (2017). Eurasian beaver activity increases water storage, attenuates flow and mitigates diffuse pollution from intensively-managed grasslands. *Science of the Total Environment*, 576: 430-443.
- Roy, S. (2021). *Inventario de los meso- y macromamíferos de la Galliguera, Prepirineo aragonés*. Trabajo fin de Grado. Escuela Universitaria Politécnica de Huesca.
- Sanz, B. (2020). El castor europeo en el municipio de Zaragoza: incidencia en los sotos ribereños del Ebro / The European beaver in the municipality of Zaragoza: incidence in the riverside groves of the Ebro River. *Galemys*, 32: 72-76.
- Wohl, E., J. Castro, B. Cluer, D. Merritts, P. Powers, B. Staab y C. Thorne (2021). Rediscovering, reevaluating, and restoring lost river-wetland corridors. *Frontiers in Earth Science*, 9: 511.
- Wróbel, M. (2020). Population of Eurasian beaver (*Castor fiber*) in Europe. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01046.

## NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA

*Lucas Mallada* publica artículos de investigación inéditos encuadrados en las distintas ramas de la ciencia.

1. Los trabajos se enviarán en soporte digital a la redacción de la revista (IEA / Diputación Provincial de Huesca. Calle del Parque, 10. E-22002 Huesca. Teléfono: 974 294 120. Correo electrónico: publicaciones@iea.es), como máximo el 15 de febrero del año en que se deseen publicar, incluyendo una versión en Word (existe una plantilla a disposición de los autores) y una versión completa (con ilustraciones y tablas, si las hubiera) en PDF.
2. No podrán sobrepasar las 20 páginas. Excepcionalmente, a juicio del consejo de redacción, se podrán aceptar textos de mayor longitud.
3. Los artículos constarán, en principio, de los apartados que a continuación se describen. En todo caso, siempre que el trabajo lo requiera, esta estructura podrá modificarse del modo que resulte más conveniente.

**Título** El título será conciso pero suficientemente indicador de su contenido.

**Nombre del autor o autores**, con su dirección postal y su correo electrónico.

**Resumen** en castellano, y su correspondiente *abstract* en inglés, que no supere las doce líneas y que recoja lo esencial del trabajo.

**Palabras clave** en castellano e inglés, que orienten sobre el contenido del trabajo en orden de importancia, dejando en último lugar el área geográfica.

**Introducción** Se ofrecerá en la introducción una idea de los antecedentes históricos del tema, así como del interés y la finalidad del trabajo.

**Material y métodos** Incluirá la información pertinente de las especies estudiadas, aparatos utilizados, métodos de estudio y de análisis de los datos, y zona de estudio.

**Resultados** En esta sección se presentarán únicamente los datos obtenidos (inéditos).

**Discusión** Se discutirán los resultados y su comparación con trabajos relacionados. Las sugerencias de investigaciones futuras podrán aportarse al final de este apartado.

**Conclusiones** Si las hay, deberán presentarse en forma de afirmaciones concretas y ordenadas.

**Referencias bibliográficas** Cada trabajo deberá ir acompañado de las referencias bibliográficas correspondientes a las publicaciones citadas en el texto. Las citas de autores en el mismo se pueden indicar entre paréntesis al final de una frase (Peña, 1995; León y Cuchí, 2019; Martínez-León y cols., 2019) o directamente entre el texto: “Es preciso mencionar las aportaciones de León y Cuchí (2019) y Peña (1995)”.

Las referencias irán en orden alfabético y seguirán los modelos siguientes:

**Artículos de revista** Martínez-León, J., R. López-Flores y E. Pérez-Collazos (2019). El tritón pirenaico en la Canal del Palomo (Vadiello). *Lucas Mallada*, 21: 203-233.

**Libros** León, J. L., y J. A. Cuchí (2019). *Guía del Sendero Botánico de la Galliguera*. Coordinadora Biscarrués – Mallos de Riglos y Galliguera Ediciones. Biscarrués (Huesca). 205 pp.

**Capítulos de libros** Peña, J. L. (1995). Los Pirineos. En M. Gutiérrez (coord.), *Geomorfología de España*: 159-225. Rueda. Madrid.

**Recursos digitales** Castillo Miralbés, M. (2007). La fauna en la comarca del Cinca Medio. En J. Sanz Ledesma (coord.), *Comarca del Cinca Medio*: 65-77 <<https://cutt.ly/2hHPba1>>. Gobierno de Aragón (Territorio, 26). Zaragoza.

4. El texto podrá redactarse en cualquiera de las lenguas en uso en la comunidad autónoma de Aragón, en francés o en inglés.

Los caracteres en cursiva se utilizarán para los nombres científicos de géneros y de especies (entre paréntesis si siguen al nombre común) y para los neologismos intraducibles; las citas textuales, independientemente de la lengua, figurarán en letra redonda y entre comillas, y los nombres de autor que sigan a un taxón irán en redonda.

Los topónimos se escribirán, salvo excepciones que lo justifiquen, en la lengua en que esté escrito el trabajo.

Se procurará no incluir notas a pie de página.

5. Si hubiera tablas o ilustraciones (gráficos, mapas, esquemas, figuras o fotografías), el autor las ubicará en el sitio aproximado donde desee que figuren. Además del archivo completo del trabajo, las ilustraciones se enviarán en archivo específico aparte (formato TIFF, JPG...) para garantizar la máxima calidad en su reproducción.

Las ilustraciones se designarán con el nombre de **figura** y se numerarán 1, 2, 3...

Las **tablas** se numerarán I, II, III... Todas ellas deberán estar reseñadas en el texto (fig. 1, tabla I...).

Las leyendas incluidas al pie de las figuras serán claras y concisas, así como los títulos de las tablas, que figurarán en su parte superior.

6. La selección y aprobación de los trabajos es competencia del consejo de redacción de la revista. Todos los trabajos serán revisados previamente por un mínimo de dos expertos. Dichos **referees** serán seleccionados entre científicos del ámbito del CSIC, de la universidad o de otras instituciones, o entre personas de reconocida valía en el tema de que se trate. Cuando el resultado de dicha revisión lo exija, el original con las pertinentes anotaciones será devuelto al autor, que deberá tenerlas en consideración.

7. El texto publicado será el resultante de la corrección de pruebas por el autor —sin añadidos que modifiquen la maquetación—, o ese mismo borrador si no se contesta en el plazo fijado.



## CONTENIDOS

**Evaluación de los planes de seguimiento ecológico de los Espacios Naturales Protegidos de Aragón**

Juan Herrero, Alicia García-Serrano, Pilar Jimeno-Brabo, Carlos Prada y David Guzmán

**Caracterización ecológica y estado de conservación de los ibones de Vallibierna (Benasque)**

Mario Gaspar y Rocío López-Flores

**La val de San Marcos: estudio preliminar de un valle de fondo plano en la cuenca del Ebro**

José Antonio Cuchí y María Asunción Soriano

**El hierro en el alto Cinca: las minas del pico Mener**

Ana Ortas, José Ignacio Canudo, José Antonio Cuchí, Isabel Fanlo,  
Pablo Martín-Ramos, Mariano Oliván, Rafael Ruiz, Jordi Borràs, Alicia Chiva y Miguel Gil

**Inventario de los meso- y macromamíferos de la Galliguera (Prepirineo aragonés)**

Silvia Roy, José Antonio Cuchí, Juan Herrero y Alicia García-Serrano

**Red-eared slider: a threat to indigenous freshwater turtles in an Iberian continental wetland**

Carlos Montull, Joaquín Guerrero-Campo, Francisco Sebastián y Juan Herrero

**El patrimonio hídrico de la ciudad de Huesca como base para su infraestructura verde**

Sergio Azpíroz Martín y Giovanna Bartoleschi

**Nota sobre la reciente colonización del castor europeo en el cauce medio del río Gállego**

Javier Lera Gracia, José Luis León Górriz, María Dolores Giménez Banzo,  
Rafel Vidaller Tricas y José Antonio Cuchí Oterino



**IEA**  
Instituto  
de Estudios  
Altoaragoneses

**DIPUTACIÓN  
DE HUESCA**