



LUCAS MALLADA

21

REVISTA DE CIENCIAS

**LUCAS  
MALLADA**

# LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

21

---

HUESCA, 2019



INSTITUTO DE ESTUDIOS  
ALTOARAGONESES

Diputación de Huesca

# LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

## INSTITUTO DE ESTUDIOS ALTOARAGONESES

(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, Àngel CRESPO YAGÜE, Belén DIEZMA IGLESIAS, Santiago FÁBREGAS REIGOSA, Luis Valero FRANCO GAY, Francisco Javier GARCÍA RAMOS, José GÓMEZ PORTER, Penélope GONZÁLEZ SAMPÉRIZ, Luis Àngel INDA ARAMENDÍA, Jesús INSAUSTI LÓPEZ, Juan Manuel LANTERO NAVARRO, Emilio LEO FERRANDO, Rocío LÓPEZ FLORES, José M.<sup>a</sup> MAÑAS PASCUAL, Clara MARTÍ DALMAU, Pablo MARTÍN RAMOS, Jesús MONREAL PUEYO, Luis Enrique MONTANO GELLA, Antonio NAVAL MAS, José Manuel NICOLÁU IBARRA, 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

**Secretaria** Pilar ALCALDE ARÁNTEGUI

**Corrector** Isidoro GRACIA CERDÁN

**Coordinación editorial** Teresa SAS BERNAD

**Impresión** Harmony Veyron, S. L.

---

**Diseño de la portada** Vicente BADENES

---

### Redacción y administración

Instituto de Estudios Altoaragoneses

Parque, 10. E-22002 HUESCA

Tel. 974 294 120

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

### PREFACIO

El reto de la profesionalización y la mejora tecnológica de las explotaciones agrícolas: tecnología en equipos de aplicación de productos fitosanitarios, por Francisco Javier GARCÍA RAMOS .....	9
---	---

### ARTÍCULOS

La mecanización agrícola en la provincia de Huesca (1954-1963), por Pedro ARNAL ATARÉS .....	29
Las rapaces diurnas del Cinca Medio, por Álvaro DURÓ-ORTIZ y Ernesto PÉREZ-COLLAZOS .....	61
El transporte fluvial de madera por el río Gállego (provincias de Huesca y Zaragoza), por José Antonio CUCHÍ .....	89
Evolución vegetal del puerto de Santa Orosia y su respuesta a las quemas prescritas de matorral, por Noel CITOLER .....	129
<i>Galemys pyrenaicus</i> en la vertiente meridional de la cordillera Cantábrica: identificación de unidades de manejo como herramienta para la conservación de poblaciones amenazadas, por Lucía TARRAFETA-CALVO, Ángel FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y Ernesto PÉREZ-COLLAZOS .....	155
Puesta al día de las nuevas especies de gasterópodos eocenos descritas en la cuenca de Jaca, por Guillermo GÓMEZ-GARCÍA .....	175
El tritón pirenaico en la Canal del Palomo (Vadiello), por Javier MARTÍNEZ-LEÓN, Rocío LÓPEZ-FLORES y Ernesto PÉREZ-COLLAZOS .....	203
El Forau d'Aigualluts, por Fernando BIARGE LÓPEZ .....	235
Aerogeneradores y avifauna en Aragón, por Rocío SUS-PÉREZ, Ernesto PÉREZ-COLLAZOS y Chabier GONZÁLEZ-ESTEBAN .....	267
Examen de muestras minerales de las minas de Bielsa y Eriste, por Pablo MARTÍN-RAMOS, Mariella MOLDOVAN-FEIER, Jesús MARTÍN-GIL, Mariano OLIVÁN y José Antonio CUCHÍ .....	285



## **PREFACIO**





**LUCAS MALLADA, 21.** Prefacio: 9 a 26  
ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X  
<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>  
Huesca, 2019

## **EL RETO DE LA PROFESIONALIZACIÓN Y LA MEJORA TECNOLÓGICA DE LAS EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS: TECNOLOGÍA EN EQUIPOS DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS**

Durante los últimos años el sector agrícola está experimentando una clara transformación de la mano de las nuevas tecnologías implementadas en las máquinas agrícolas.

Analizando la evolución histórica, hemos pasado de la agricultura 1.0 (tracción animal) a la agricultura 4.0 (digitalización – conectividad), a través de la agricultura 2.0 (introducción del motor de combustión) y la agricultura 3.0 (inicio de la agricultura de precisión). Esto ha producido que las explotaciones estén cambiando su tipología en lo relativo a sus dimensiones y a la profesionalización. Estamos dirigiéndonos hacia un sector en el que primarán las explotaciones de gran tamaño y en las que se usará cada vez más tecnología apoyada en técnicos y profesionales capaces de obtener rendimiento de la misma.

Aunque este cambio no es todavía generalizado, su implementación no tiene vuelta atrás. La agricultura de precisión ligada a la gestión de la información, basada en aplicar insumos (fertilizantes, herbicidas, semillas...) de forma diferenciada en cada zona de la parcela, con el objetivo de aumentar los beneficios manteniendo el respeto al medioambiente, es una técnica que ha venido para quedarse. Su aplicación se basa en la utilización de tecnología: sensores embarcados o externos, sistemas de comunicación de datos, de navegación o de dosificación variable, mapas prescriptivos...

En el fondo subyace la capacidad de gestionar la información. Actualmente, podemos medir numerosos parámetros de nuestros cultivos y explotaciones: los parámetros físicos y químicos del suelo, la humedad, la temperatura, el estado vegetativo del cultivo, la presencia de malas hierbas, las plagas, las enfermedades... Esta información la podemos obtener de forma diferenciada en la parcela (espacialmente) pero también temporalmente, ya que los datos se pueden registrar en diferentes etapas del ciclo del cultivo dentro de una misma campaña, y también entre distintas campañas.

Por lo tanto, la implementación de tecnología ya no está basada en el desarrollo de soluciones mecánicas novedosas, sino en la gestión adecuada de toda la información que somos capaces de registrar obtenida por diferentes vías (satélites, drones, sensores embarcados en aperos y tractores...).

Lógicamente, gestionar esta información y tomar decisiones a partir de su análisis es el gran reto al que se enfrenta el sector agrícola para pasar a su modernización real y dar un salto cualitativo que permita mejorar el rendimiento económico de las explotaciones controlando al máximo el aporte de insumos y garantizando la seguridad alimentaria y medioambiental.

Para ello se requieren dos factores: tecnología y conocimiento. El primer factor, la tecnología, ya está disponible. Son numerosos los fabricantes de equipos agrícolas que adaptan en ellos todas las novedades existentes en el campo de la mecanización (sensores, automatismos, conectividad con servidores remotos, transmisión de datos en tiempo real...). El segundo factor, el conocimiento, también está disponible, ya que existen numerosos técnicos y empresas capacitados para ayudar en la introducción de estas tecnologías en el sector y no dejar todo en manos de las casas comerciales. Pero falta dar el paso para que las explotaciones agrícolas se apoyen de forma clara en técnicos cualificados y se profesionalicen, y cambien una gestión "sentimental" por otra profesional, como en cualquier otro sector de nuestra economía (servicios, industria...).

En este aspecto los centros de investigación, los centros de Formación Profesional y las universidades juegan un papel fundamental, ya que son los responsables de formar a profesionales con perfiles adecuados a

las exigencias del sector. Y ahí también me incluyo como parte del sector formativo, debemos ser autocríticos y trabajar en la adaptación de nuestros contenidos formativos y el modo de enseñar las necesidades reales del sector.

Centrándonos en Aragón, disponemos de un tejido formativo amplio para formar a profesionales del sector agrario y en la Universidad de Zaragoza tenemos la Escuela Politécnica Superior, ubicada en el Campus de Huesca, en la que se imparten las titulaciones relacionadas con la ingeniería agronómica y las ciencias ambientales. Es un hecho demostrable que los centros de enseñanza superior generan en su entorno cercano una mejora de la economía y del perfil profesional de los empleados. Por lo tanto, debemos aprovechar esta oportunidad para ser pioneros en la modernización y la profesionalización del sector agrícola en Aragón, ya que contamos con todos los ingredientes para ello: agricultura y ganadería con un alto peso específico dentro de la economía de la región, tecnología disponible con la presencia de fabricantes de equipos propios y centros formativos con titulaciones específicas demandadas por el sector.

Entre todos seguro que seremos capaces de afrontar con éxito este reto.

### **ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE**

Si analizásemos, a nivel tecnológico (GARCÍA RAMOS, 2016), los diferentes equipos agrícolas existentes en el mercado, se requerirían muchas páginas y sería probablemente tedioso y aburrido para el lector. A modo de ejemplo, he seleccionado un tipo concreto de equipos de alta relevancia ambiental, los equipos de aplicación de productos fitosanitarios, como representativo de todo el sector de la maquinaria agrícola (abonadoras, sembradoras, aperos para laboreo de suelo, tractores, empacadoras...). A continuación se desarrolla, desde un punto de vista técnico, la situación de este tipo de equipos y sus condicionantes de uso, para que los lectores puedan valorar el nivel tecnológico disponible actualmente en un tipo de maquinaria agrícola concreto, el cual es extrapolable a la mayoría de los equipos y máquinas utilizados en nuestra agricultura (tractores, abonadoras, sembradoras, equipos de recolección...).

### *Tecnología en equipos de aplicación de productos fitosanitarios*

Los equipos de aplicación de productos fitosanitarios han alcanzado un gran protagonismo y desarrollo tecnológico en nuestras explotaciones agrícolas durante los últimos años fruto del impacto de las vigentes normativas medioambientales, que son cada vez más exigentes en aspectos relacionados con el control de las dosis y el modo de aplicación. Este hecho ha propiciado la incorporación de numerosas novedades tecnológicas para regular con gran precisión la dosis de producto aplicada y garantizar la distribución óptima de esa dosis en el cultivo (GARCÍA RAMOS y cols., 2018).

En este artículo se realiza un análisis de la tecnología utilizada en este tipo de equipos y se ofrece una visión global de diferentes aspectos relacionados con su utilización.

#### *¿De dónde partimos?*

Las tipologías de equipos de aplicación de productos fitosanitarios son muy variadas (hidráulicos, hidroneumáticos, neumáticos, espolvoreadores...). No obstante, los pulverizadores hidráulicos de barra y los pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores) representan en nuestro país cerca del 95 % de los equipos, y son los pulverizadores de barra aproximadamente el 65 % y los atomizadores el 30 %. Es, por lo tanto, en este tipo de equipos donde los fabricantes centran de forma mayoritaria sus esfuerzos de mejora, que se traducen en la incorporación de tecnología para garantizar al máximo el control de la aplicación con capacidades de trabajo elevadas.

Nos centraremos, por lo tanto, en las dos grandes tipologías de equipos de aplicación: pulverizadores hidráulicos de barra para cultivos extensivos (fig. 1) y pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores) para frutales y viña (fig. 2).

#### *Innovaciones tecnológicas comunes*

Tanto para pulverizadores de barra como para atomizadores, la mayoría de los fabricantes ya ofertan de forma generalizada sistemas de control en los que la dosis aplicada (volumen de producto por unidad de superficie, l/ha)



**Fig. 1.** Pulverizador hidráulico de barra con estructura en aluminio.



**Fig. 2.** Pulverizador hidroneumático con doble ventilador (trasero y delantero).

es independiente de la velocidad de avance de la máquina, constituyendo la tecnología de caudal proporcional al avance (CPA). Estos sistemas se han hecho todavía más populares desde la incorporación masiva de la tecnología GPS, que permite cuantificar en todo momento la velocidad de avance del tractor.

Los sistemas CPA son de fácil uso para el tractorista, ya que este se limita a especificar en la pantalla de la consola de mando del equipo los litros por hectárea que tiene que aplicar y la máquina es capaz de autorregularse para, independientemente de la velocidad de avance en la parcela, aplicar la dosis deseada. Esto se consigue mediante la utilización de sensores capaces de medir la velocidad de avance del tractor (GPS, radar...) y el caudal aplicado por las boquillas (caudalímetros o, indirectamente, sensores de presión). De este modo, conocida la anchura de trabajo de la máquina, un procesador es capaz de cuantificar en todo momento los litros por hectárea aplicados y actuar sobre el circuito hidráulico de modo que, en caso de que la velocidad de avance aumente, el sistema incrementa la presión del circuito y, por lo tanto, el caudal aplicado, y en sentido inverso si disminuye la velocidad de avance. Por lo tanto, el rango de velocidades de avance en parcela debe ser tal que las boquillas trabajen dentro del rango de presiones estipulado por el fabricante para obtener el tamaño de gota deseado.

Como alternativa a los sistemas CPA, la reciente aparición del control electrónico de las boquillas (apertura / cierre) mediante válvulas y, de forma más sofisticada, de boquillas pulsantes (PWM – *pulse-width modulation*) capaces de trabajar a una determinada frecuencia con porcentajes *on / off* de encendido / apagado, ha abierto la posibilidad de controlar la dosis aplicada sin variar la presión del circuito. Más adelante se analizará de forma más específica esta tecnología.

### *Control de la dosis del producto y de la calidad de la aplicación*

#### a) Pulverizadores de barra

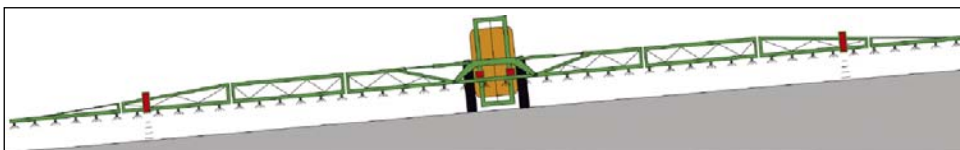
En los pulverizadores de barra es ya habitual la implementación de sistemas de control, coloquialmente conocidos como *cierre automático de sectores* o *corte de tramos*, basados en la utilización de sistemas de posicionamiento GPS ligados a la apertura y al cierre de válvulas ubicadas en

el circuito hidráulico de la máquina. El objetivo final es evitar solapamientos entre pasadas y controlar con precisión los tratamientos en los bordes de parcela, o en parcelas con geometrías irregulares. Popularmente estaríamos hablando de la tecnología de “corte de tramos” utilizada también de forma habitual en sembradoras.

En el caso de tratamientos herbicidas en cultivos extensivos, el control de la dosis puede ser muy elevado, hasta tal punto que se puede conseguir que el producto solo se aplique a la mala hierba detectada y no de forma general en toda la superficie. Para ello se requieren sensores ópticos a lo largo de la barra que localizan la presencia de malas hierbas (identifican la presencia de planta verde) y en la utilización de boquillas con sistemas de control por pulsos (PWM) o cierre individual electrónico que trabajan de forma diferenciada en función de la información aportada por el sensor óptico.

Por otro lado, una vez fijada la dosis a aplicar (litros de producto por hectárea), se debe garantizar una distribución homogénea del producto en la superficie de aplicación con un tamaño de gota adecuado. Para ello es necesario, considerando un determinado tipo de boquillas, establecer la altura de trabajo de la barra y garantizar que se mantenga paralela al terreno durante el tratamiento. El paralelismo de la barra con el suelo se consigue de forma tradicional mediante sistemas de estabilización por paralelogramo. Actualmente, los fabricantes están diseñando como alternativa sistemas activos basados en la utilización de sensores de ultrasonidos (fig. 3) capaces de chequear las condiciones de paralelismo con el cultivo y corregir en su caso la inclinación de la barra mediante sistemas hidráulicos que posibilitan su giro.

Otra línea de mejora no es solo la utilización de electrónica, sino la mejora estructural de la barra portaboquillas, introduciendo materiales más ligeros como el aluminio (fig. 1) o la fibra de carbono, con la que se



**Fig. 3.** Sistema de corrección automática de la inclinación de la barra para mantener el paralelismo con la superficie de aplicación. (Documentación Amazone)

alcanzan anchuras de trabajo muy elevadas (hasta 45 metros) con menor peso, consiguiendo así capacidades de trabajo mayores y menor consumo energético.

#### b) Atomizadores

En el caso de los atomizadores, utilizados habitualmente en frutales, los fabricantes han centrado sus esfuerzos en implementar sistemas que controlen al máximo la trayectoria del producto para evitar las pérdidas por deriva. En este sentido, durante los últimos años, se han mejorado los sistemas neumáticos para poder adaptar el caudal de aire a la vegetación real del cultivo, se ha trabajado en la adaptación del arco de las boquillas a la geometría del cultivo y ya es habitual la utilización de sensores (normalmente acústicos) para detectar la presencia o no de cultivo en plantaciones aisladas (olivo, almendro...), que permiten implementar sistemas *on / off* para ahorrar dosis de producto y evitar la contaminación ambiental. A nivel experimental, se está utilizando tecnología láser 2D y 3D (GARCÍA RAMOS y cols., 2012) con el objetivo de establecer las dosis de aplicación de forma muy precisa a partir de la medición real de la geometría de la plantación.

Cabe recordar la importancia que están dando los fabricantes de atomizadores a controlar el flujo de aire generado por los ventiladores con el objetivo de garantizar la deposición óptima de producto en el cultivo. En este sentido, se ofertan en el mercado, además de los equipos tradicionales con ventilador trasero, nuevos diseños de equipos con doble ventilador con diferentes disposiciones: ventilador trasero y delantero; dos ventiladores en paralelo en la parte posterior; dos ventiladores en serie en la parte posterior... Otro ejemplo de mejora tecnológica es la ubicación, a la salida del ventilador, de difusores fijos con geometría helicoidal, que permiten conseguir un flujo de aire turbulento para favorecer la penetración del producto en el cultivo.

Analizando de forma más detallada el flujo de aire del ventilador, hay que tener en cuenta que constituye el medio de transporte que garantiza que el producto pulverizado alcance su objetivo. El flujo de aire del ventilador influye en la capacidad de penetración en el árbol del producto aplicado,

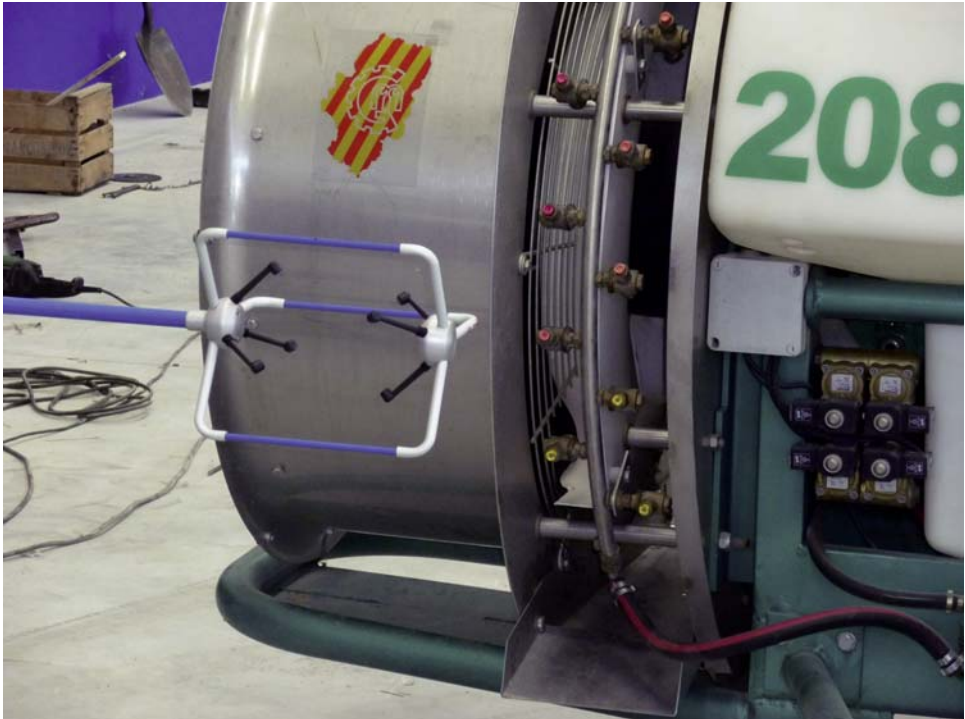


sobre todo, para el caso de los frutales, en capas interiores situadas a más de 1,5 metros del perímetro externo. En este sentido, la capacidad de penetración del producto en el cultivo se ve dificultada por el volumen de vegetación existente y se ha demostrado que la densidad del follaje de la plantación tiene grandes efectos sobre los depósitos obtenidos.

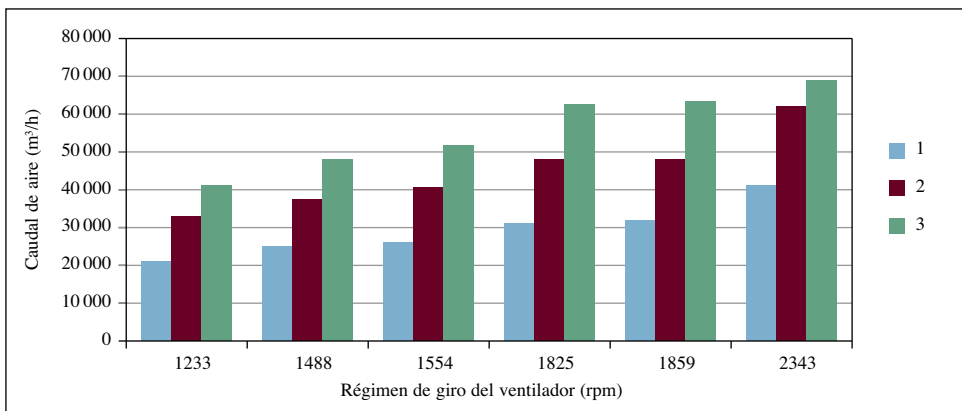
Hay que considerar la gran variedad de marcos de plantación y de densidades vegetales que presentan los árboles frutales. Es fácil pensar en la diferencia de masa vegetal de un árbol de hoja caduca tras la poda y el mismo árbol en pleno periodo de formación y recolección de fruto. Y lo mismo ocurre cuando comparamos dos plantaciones arbóreas de la misma variedad con distinta formación (vaso o palmeta) o plantaciones de distintas variedades (naranja-almendro), o plantaciones de distintas edades.

Actualmente, la mayoría de los atomizadores comercializados responden a la tipología de un ventilador ubicado en la parte posterior del depósito de la máquina que dirige radialmente el flujo de aire (fig. 2), pudiendo utilizar diferentes difusores. Estos ventiladores, de tipo axial, se caracterizan por aportar caudales elevados de aire (25 000 a 120 000 m<sup>3</sup>/h) a velocidades de salida moderadas (20 a 50 m/s, fig. 4). Es habitual que los fabricantes dispongan álabes cuyo ángulo de calado es regulable de forma manual o electrónica, consiguiendo así una gama de caudales prácticamente continua. Algunos fabricantes ya comercializan sistemas que permiten la regulación de los álabes del ventilador desde el tractor, en tiempo real, durante el trabajo en la parcela.

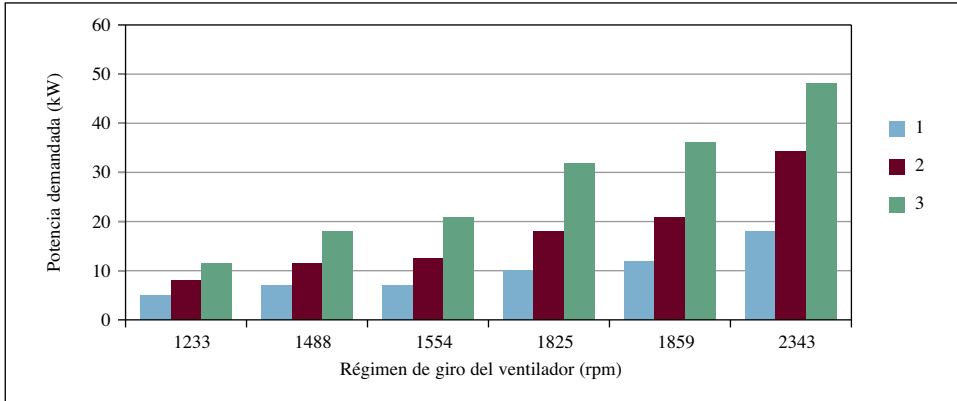
Por último, es necesario recordar que los sistemas neumáticos tienen un efecto directo en la demanda de potencia al tractor lo que condiciona el tamaño de este y el consumo de combustible. En este sentido, resulta más conveniente conseguir el caudal de aire necesario a bajas revoluciones y elevado ángulo de giro en los álabes que al contrario. Como ejemplo, las figuras 5 y 6 muestran, para el caso de un atomizador regulado a diferentes velocidades de giro y tres ángulos de álabes, el volumen de aire generado y la potencia demandada. Se puede observar (fig. 5) que se podría obtener el mismo caudal de aire a 1233 rpm y posición de álabes 3 que a 1554 rpm y posición de álabes 2 o que a 2343 rpm y posición de álabes 1. Sin embargo, en este último caso (fig. 6) el consumo de potencia sería mucho más elevado, con un 44 % de incremento en la demanda de potencia.



**Fig. 4.** Medida de velocidad de aire a la salida del ventilador utilizando un anemómetro 3D.



**Fig. 5.** Caudal de aire ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) generado por el ventilador de un atomizador para diferentes revoluciones de giro considerando tres posiciones de los álabes: 1, 2 y 3. Fuente: Sozzi (2011).



**Fig. 6.** Demanda de potencia (kW) del sistema neumático de un atomizador para diferentes revoluciones de giro considerando tres posiciones de los álabes: 1, 2 y 3. Fuente: SOZZI (2011).

### *Tecnología de las boquillas*

A pesar de que su coste es muy reducido en comparación con el precio total del equipo, las boquillas (fig. 7) son un factor clave para garantizar un tratamiento de calidad, puesto que están relacionadas con la uniformidad de la aplicación, la deriva del producto y el tamaño de gota deseado. Hay que recordar que el tamaño de las gotas se define normalmente por su diámetro volumétrico medido (DVM) en micras, definiendo como dicho diámetro a la mediana de la población de gotas generada por la boquilla para una presión nominal. En este sentido, se utilizan gotas pequeñas (100 a 200  $\mu$ ) para tratamientos fungicidas e insecticidas de contacto. Para tratamientos herbicidas de contacto se utilizan gotas de tamaño medio (150 a 300  $\mu$ ), mientras que para herbicidas de preemergencia es habitual utilizar gotas de tamaño grande (300 a 500  $\mu$ ), y se pueden alcanzar tamaños muy grandes para el caso de abonos líquidos aplicados al suelo (hasta 1000  $\mu$ ). Existe, por lo tanto, una amplia gama de tipologías de boquillas que tienen como objetivo garantizar el tamaño de gota deseado con diferentes caudales de trabajo.

Por otro lado, las pérdidas por deriva son un claro riesgo en gotas de tamaño inferior a 100  $\mu$  y por este hecho durante los últimos años las mejoras en las boquillas han ido orientadas al desarrollo de boquillas de baja



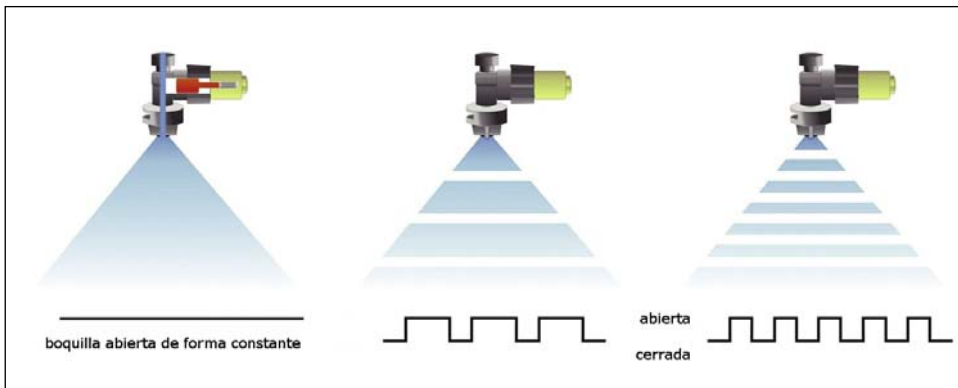
**Fig. 7.** Sistema Amaselect de Amazone para la selección de la boquilla de trabajo, equipado con diferentes tipos de boquillas.

deriva con diferentes tecnologías: a) pérdida de presión dentro de la boquilla para aumentar el diámetro de la gota; y b) inyección de aire para producir agrupamiento de gotas durante el trayecto hacia el objetivo.

Para el control individual del funcionamiento de la boquilla existen dos opciones: la utilización de boquillas de pulsos (PWM) y la utilización de válvulas electrónicas de cierre/apertura individual de cada boquilla (o de un tramo de boquillas en su defecto).

Ahondando en esta línea, el máximo exponente del control de la pulverización lo constituye la tecnología *pulse-width modulation* (PWM). Esta tecnología se basa en la utilización de válvulas que se colocan junto a la boquilla de pulverización y permiten su apertura y cierre por medio de un solenoide controlado electrónicamente (fig. 8). Así, se dispone de un control individual de cada boquilla y el caudal aplicado por la boquilla se puede modificar sin necesidad de aumentar o reducir la presión del circuito

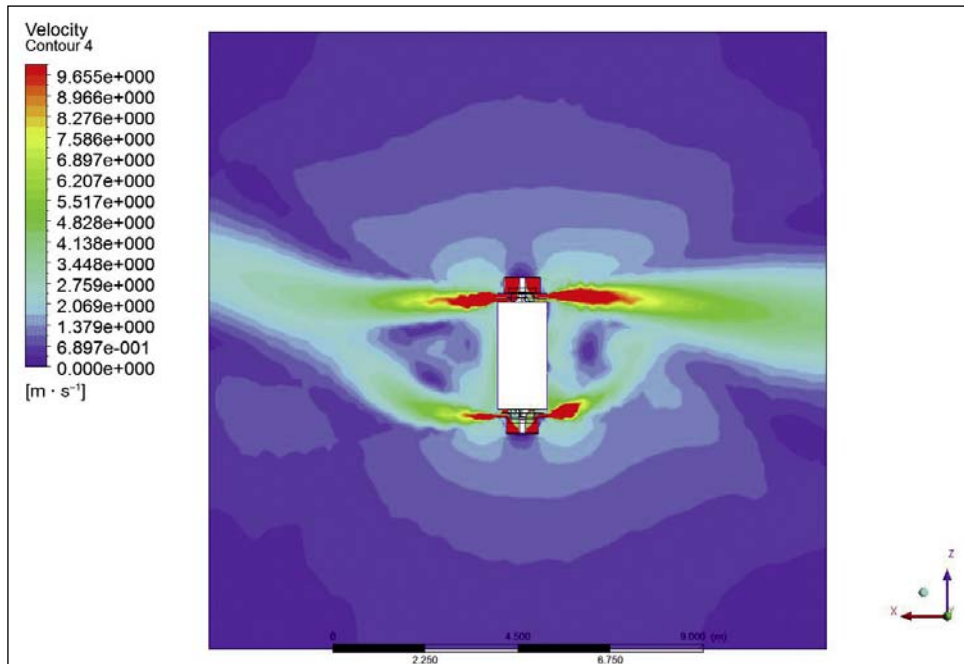
hidráulico, simplemente modificando el tiempo de apertura y cierre de la boquilla realizando sucesivos ciclos *on / off*. Normalmente, las boquillas trabajan a frecuencias de 10 Hz, es decir, realizando 10 ciclos *on / off* por segundo, aunque este dato varía en función del fabricante, pudiendo llegar hasta los 30. El tiempo relativo durante el cual la boquilla está en posición *on* (tiempo de encendido) se conoce en inglés como *duty cycle* o *pulse-width* y es regulable variando el ratio tiempo *on* / tiempo *off*. Se recomienda no bajar de valores del 40 % del tiempo relativo de encendido, aunque algunos fabricantes fijan este valor límite en el 20 %. En general, cuando el tiempo de encendido (*duty cycle*) se reduce, se produce un aumento en el tamaño de la gota, que es mayor cuanto menor es la presión de regulación del circuito hidráulico. De este modo, es recomendable mantener la presión del circuito lo más alta posible para reducir el efecto de modificación de los tiempos de encendido de la boquilla sobre el tamaño de la gota. Este efecto se acrecienta cuando se utilizan boquillas de inducción de aire frente a boquillas tradicionales. La tecnología PWM fue desarrollada para pulverizadores hidráulicos por Ken Giles, de la Universidad de California–Davis, y fue introducida en el mercado norteamericano de pulverizadores hidráulicos por Capstan Ag Sytems (sistema AIM Command) y, posteriormente, comercializada por Case IH. A partir de entonces, otros fabricantes también han lanzado su propia tecnología: Raven (sistema Hawkeye), John Deere (ExactApply) o Teejet (sistema DynaJet).



**Fig. 8.** Válvulas para el control individual de las boquillas utilizadas en tecnología PWM. Izquierda, válvula abierta de forma continua; centro y derecha, válvula abriéndose y cerrándose con diferentes frecuencias de trabajo.

### TECNOLOGÍA DE APOYO AL DISEÑO Y LA REGULACIÓN DE LA MÁQUINA

La realización de ensayos en campo para valorar la correcta deposición y distribución del producto aplicado requiere de medios técnicos y humanos importantes, por lo que resulta lenta y costosa. Por ello, el reto de ajustar los parámetros de trabajo de la máquina, así como la fase de su diseño se apoya en la utilización de herramientas informáticas basadas en la aplicación de modelos numéricos (GARCÍA RAMOS y cols., 2015). Como ejemplo, actualmente, la simulación del flujo de aire mediante dinámica de fluidos computacional (CFD, fig. 9) está siendo utilizada tanto por fabricantes como por investigadores, y esta línea de trabajo se está traduciendo en mejoras en los sistemas neumáticos de los equipos que en el medio plazo deben ir ligadas a sistemas inteligentes que permitan seleccionar el caudal de aire óptimo en función de las características del cultivo. Los primeros trabajos CFD se centraron en analizar el flujo de aire generado por los equipos sin tener en cuenta el cultivo; sin embargo,



**Fig. 9.** Vista en planta de la simulación de la distribución de velocidades de aire en un pulverizador con doble ventilador utilizando dinámica de fluidos computacional.

actualmente se ha ido avanzando en el estudio de la interacción de dicho flujo con el cultivo e incluso la influencia en los modelos de parámetros ambientales como la velocidad del viento. También los modelos CFD pueden ser utilizados para simular la trayectoria de las gotas producidas en las boquillas.

### *Software de apoyo para la regulación de la máquina*

Existen numerosas aplicaciones informáticas que complementan las innovaciones tecnológicas y permiten tomar decisiones lo más ajustadas posible en relación con la estimación de la dosis de producto a aplicar y con la selección de las boquillas.

Un ejemplo es el *software* Dosaviña (<https://dosavina.upc.edu>), desarrollado por la Universidad Politécnica de Cataluña, o el *software* Dosafrut / DOSA3D (<http://www.dosa3d.cat>), por la Generalitat de Catalunya, la Universidad de Lérida y la Universidad Politécnica de Cataluña, que permite determinar las dosis de aplicación (l/ha) en plantaciones de manzano y peral.

En lo relativo a la selección de las boquillas, los fabricantes ofrecen aplicaciones que se pueden usar de forma directa en páginas web, como la del fabricante Lechler ([www.lechler.com](http://www.lechler.com)), o aplicaciones para móviles con las que seleccionar de forma sencilla las boquillas que han de utilizarse.

Entre estas últimas podemos citar como ejemplo las desarrolladas por Albuz (<http://www.albuz-spray.com>), Teejet (<http://www.teejet.com/tools>) o Hardi (<http://www.hardi.es>).

### *Condicionantes legales de utilización*

Independientemente de la tecnología equipada en el pulverizador, este debe ser regulado adecuadamente para realizar un buen tratamiento. Y para ello es imprescindible que sus diferentes componentes y sistemas estén en buenas condiciones de uso. En este sentido, la inspección obligatoria de equipos de aplicación constituye un aspecto clave y lo será todavía más si se aborda como una oportunidad para dar un salto de calidad en la aplicación de productos fitosanitarios en nuestra agricultura.



Esa inspección está basada en la aplicación de normas armonizadas como base para el desarrollo de los protocolos de inspección por parte de las empresas autorizadas.

Como consecuencia de la publicación en 2009 de las Directivas 2009/127 y 128/CE, y a solicitud de la Comisión Europea, se publicó (12/06/2015) la serie UNE-EN ISO 16122, que contiene una serie de normas armonizadas para el establecimiento de los nuevos procedimientos de inspección (fig. 10) de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios (EAPF), en sustitución de la serie EN 13790. En España, se han completado en todas las comunidades autónomas los planes de inspección de equipos móviles y se está afrontando la fase final del proceso de inspección del resto de tipologías de EAPF. Para ello se han publicado en la web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) los manuales y las



**Fig. 10.** Medida de caudal en boquillas de barra de pulverizador hidráulico utilizando un caudalímetro digital.



guías adaptados a la nueva norma, fruto de la colaboración con el MAPA de un importante grupo de universidades y centros de investigación especializados. Asimismo, se ha puesto en servicio de las entidades inspectoras (ITEAF) la nueva aplicación informática APPRITEAF, desarrollada por el Laboratorio de Maquinaria Agrícola de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Zaragoza (JIMÉNEZ y cols., 2015), que incorpora los protocolos de inspección para la toma de datos, procesado, la emisión de documentación y la transmisión de los resultados a la Administración.

### **A MODO DE RESUMEN**

a) Para cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 1013/2009 respecto al registro de maquinaria agrícola, todos los equipos de aplicación de productos fitosanitarios deben estar inscritos en el ROMA, si están instalados en equipos móviles (trabajen en agricultura, jardinería u otros usos), o bien en los censos especiales que han sido habilitados por los gobiernos autonómicos si están en instalaciones fijas o semimóviles, es decir, dando servicio a invernaderos, centrales poscosecha u otros.

b) Para poder usar los EAPF, en cumplimiento del Real Decreto 1702/2011, relativo a la inspección, todos los EAPF deberán estar inspeccionados por una ITEAF autorizada por la comunidad autónoma donde se realice la inspección, independientemente de su tipología (excepto las mochilas y las carretillas arrastradas manualmente de menos de 100 litros de capacidad).

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- GARCÍA RAMOS, F. J. (2016). Equipos de pulverización, una clara apuesta por la incorporación continua de tecnología. *Vida Rural*, 410: 88-94.
- GARCÍA RAMOS, F. J., A. BONÉ, A. SERRETA y M. VIDAL (2012). Application of a 3-D laser scanner for characterising centrifugal fertiliser spreaders. *Biosystems Engineering*, 113 (1): 33-41.
- GARCÍA RAMOS, F. J., H. MALÓN, Á. J. AGUIRRE, A. BONÉ, J. PUYUELO y M. VIDAL (2015). Validation of a CFD Model by using 3D sonic anemometers to analyze the air velocity generated by an air-assisted sprayer equipped with two axial fans. *Sensors*, 15: 2399-2418.

- GARCÍA RAMOS, F. J., Á. JIMÉNEZ, M. VIDAL y A. BONÉ (2018). Innovaciones tecnológicas en equipos de pulverización. *Vida Rural*, 446: 74-78.
- JIMÉNEZ, A., F. J. GARCÍA RAMOS, M. VIDAL, A. BONÉ y E. GIL (2015). Design and development of software for improving the efficacy and training of mandatory inspections of sprayers in use in Europe. *Applied Engineering in Agriculture*, 31 (6): 829-837.
- SOZZI, A. (2011). *Estudio del efecto de diferentes caudales de aire sobre la distribución, recubrimiento y cantidad de producto depositado con pulverizador hidroneumático en cítricos*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Francisco Javier GARCÍA RAMOS<sup>1</sup>

---

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

## ARTÍCULOS



## LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN LA PROVINCIA DE HUESCA (1954-1963)

Pedro ARNAL ATARÉS<sup>1,2</sup>

**RESUMEN.**— En el presente artículo se analiza la evolución de los censos de maquinaria agrícola existentes en la provincia de Huesca en el decenio comprendido entre los años 1954 y 1963, que se comunicaban al Ministerio de Agricultura a través de la *Encuesta agropecuaria* que anualmente confeccionaban las hermandades sindicales de labradores y ganaderos en cada término municipal. También se comparan los datos encontrados con los obtenidos en la Dirección General de Producción Agraria, que se publicaban en los anuarios de la *Estadística agrícola*.

**ABSTRACT.**— This paper analyzes the evolution of agricultural machinery censuses in the province of Huesca in the decade between the years 1954 and 1963, which were reported to the Ministry of Agriculture through the *encuesta agraria* (agricultural survey), carried out annually by the union guilds of farmers and ranchers in each municipal term. The data found is also compared with that obtained in the General Directorate of Agricultural Production, which was published in the *anuarios de la Estadística agrícola* (yearbooks of agrarian statistics).

**KEYWORDS.**— Farm equipment. Mechanization. Province of Huesca (Spain).

Recepción del original: 27-8-2019

<sup>1</sup> Perito agrícola. Profesor honorario. Asesor del IEA. Departamento de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra. Edificio Los Olivos. Campus Arrosadía. E-31006 Pamplona. [pedro.arnal@unavarra.es](mailto:pedro.arnal@unavarra.es)

<sup>2</sup> Asesor del Área de Ciencias Aplicadas y Tecnología del IEA.

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo se basa en la revisión del apartado “Maquinaria agrícola existente en el término en 1.º de septiembre” contenido en los formularios correspondientes a la *Estadística agrícola* del Ministerio de Agricultura que cada año se enviaban al citado ministerio con los datos de cada uno de los municipios de la provincia, y de los que una copia se custodia actualmente en el Archivo de la Cámara Agraria del Alto Aragón de Huesca, heredera de la que en los años del estudio fue la Cámara Oficial Sindical Agraria (COSA) de Huesca.

En el Archivo de la hoy Cámara Agraria del Alto Aragón se guardan también copias de las dos encuestas agropecuarias que realizó el Servicio Sindical de Estadística en los años 1953 y 1956. En la primera de ellas, como luego se analizará, había un apartado para consignar la maquinaria agrícola en uso que existía en cada municipio, apartado que no figura en la encuesta de 1956. Este Servicio Sindical de Estadística tenía una delegación en cada COSA, que se encargaba de la distribución de los formularios y de su recogida, una vez cumplimentados por las hermandades sindicales de labradores y ganaderos, también conocidas como *hermandades locales*. Allí se revisaban los datos y se agregaban para enviar a Madrid los datos provinciales. El proceso estaba supervisado por el Departamento de Estadística de la Junta Nacional de Hermandades de la Delegación Nacional de Sindicatos.

Dentro del periodo considerado, 1954 a 1963, se producen dos fenómenos que inciden claramente sobre la evolución de la mecanización agraria. Por un lado, en 1953 se declara de interés nacional la fabricación de tractores, lo que permite que en 1956 se presente el primer tractor español fabricado en Getafe por la empresa Lanz Ibérica, S. A., el Lanz Bulldog D-3806, apareciendo al año siguiente el primer tractor Ebro, concretamente el Ebro 38, fabricado en Barcelona por la empresa Motor Ibérica, S. A. El otro fenómeno es el del éxodo rural que, aunque iniciado en años anteriores, se intensifica en los primeros años de la década de los sesenta. Esto hace que los pocos agricultores que van quedando necesiten la maquinaria para poder atender al aumento de superficie que tienen que trabajar porque, si va descendiendo el número de agricultores presentes en el campo, no desciende la superficie trabajada por ellos. En este sentido cabe indicar que

en 1962 se censaron en la provincia de Huesca 37 686 explotaciones agrarias con tierras que cultivaban un total de 1 464 665 hectáreas de superficie. Estos mismos datos en 1972 (segundo *Censo agrario*), son 29 064 explotaciones y 1 453 716 hectáreas, es decir, en ese decenio se produce una reducción del 23 % en el número de explotaciones y solo del 0,7 % en las hectáreas cultivadas. Por estos motivos, a la mecanización del campo se le va dando cada vez mayor importancia.

De esta manera, cabe destacar que los órganos directivos y los servicios técnicos de la COSA, conscientes de la necesidad de mecanizar la agricultura oscense y sabedores de que muchos de sus agricultores no pueden afrontar la adquisición de un tractor, ponen en marcha en el año 1950 un “Servicio de maquinaria agrícola” y lo dotan con cuatro tractores, que con el tiempo llegarán a ser nueve, y con la maquinaria necesaria para que estos desarrollen su trabajo en el campo altoaragonés, así como también poder prestarla a los agricultores que la demandaran. Este servicio se mantuvo activo hasta finales de 1968.

También es un buen indicador de la importancia del sector el hecho de que el Ayuntamiento de Huesca a partir de 1952 celebrara, junto con la tradicional feria de ganado de San Andrés en el mes de noviembre, una Feria de Maquinaria Agrícola que alcanza su apogeo en 1954 y se mantiene hasta 1964, año en el que se celebra la I Feria Técnica de la Maquinaria Agrícola que, pasados los años, llegará a ser la FIMA de Zaragoza. En esta Feria de Huesca los agricultores y ganaderos podían observar las novedades expuestas tanto en tractores como en aperos y máquinas en general.

La conjunción de los dos hechos citados, éxodo rural y máquinas nacionales, más asequibles que las importadas, y la divulgación entre los agricultores es lo que va a permitir un aumento importante de la mecanización agraria en detrimento de otras formas de cultivo como es la utilización de equipos de tracción animal.

## ANTECEDENTES

El antecedente más remoto, con respecto al censo de máquinas agrícolas de la provincia de Huesca, se encuentra en el *Anuario de estadística agraria de España* de 1932, publicado por el entonces recién creado Ministerio

de Agricultura, Industria y Comercio. En el último apartado de dicho anuario se publica un censo de la maquinaria agrícola en uso en las distintas provincias, así como los totales nacionales. La elaboración de este censo parte de las informaciones suministradas por los distintos municipios a través de la llamada *Junta Local de Información Agrícola*. Estos datos se pasaron a la Sección Agronómica de la provincia, donde fueron revisados y, en su caso, corregidos por los técnicos de la misma antes de remitirlos a la Sección 5.<sup>a</sup>, Estadística de la Producción Agrícola, de la Dirección General de Agricultura del ya citado Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio, para su publicación.

Teniendo en cuenta que según los datos de los cultivos que figuran en otro apartado del anuario, Huesca representa el 2,75 % de la superficie cultivada nacional, llama la atención el elevado número de arados que se censan, tanto romanos (195 985) como de vertedera giratoria (131 800) y de doble vertedera (65 790). En los tres casos Huesca es la provincia con mayor censo, con bastante diferencia sobre las demás. En arados romanos, Huesca declara el 9 % del total nacional, en arados de vertedera giratoria, el 23 %, y en el caso de los arados de doble vertedera más de la tercera parte, el 35 %. También destaca el número de gradas de discos, casi el 22 % del total. En lo que se refiere a máquinas de recolección, destaca sobre todo el número de trillos de discos, el 30 % del total, así como el de aventadoras, casi el 15 %, y el de segadoras atadoras, con más del 13 %.

La siguiente información localizada aparece en los resultados de la *Encuesta agropecuaria* que en 1953 realiza el Servicio Sindical de Estadística de la Delegación Nacional de Sindicatos a través de la Junta Nacional de Hermandades. El nivel de aporte de los datos es el municipal y están recogidos por la Hermandad Sindical de Labradores y Ganaderos de cada localidad. Aunque en la mayoría de las hermandades su zona de influencia coincidía con el término municipal en que se encontraban, según las normas, para las hermandades que tengan mayor o menor extensión que la correspondiente al municipio, se harán constar exclusivamente los datos de la hermandad, figurando esta circunstancia en las observaciones de la encuesta.

En esta encuesta el tercer apartado se dedica a “Maquinaria” y en él se recoge la información sobre la maquinaria agrícola, tanto “la perteneciente



a particulares como la que pertenezca a la colectividad (Cooperativa, Hermandad, COSA, etcétera)". Los datos están agrupados en once casillas que son las siguientes: Arados de vertedera, "deben incluirse solamente los que siendo de vertedera sean de tracción animal"; Arados para tractores recoge los arados "que necesitan potencia de tractores"; Sembradoras recoge "toda clase de sembradoras, tanto de tracción animal como de tractor"; Segadoras agavilladoras recoge las segadoras "cualquiera que sea su tracción, pero sin incluir las atadoras"; Segadoras atadoras recoge solamente "las segadoras que atan la mies automáticamente"; Trilladoras incluye "toda clase de trilladoras de mieses sea cualquiera su potencia"; Limpiadoras "no se incluirán las que estén unidas al tren de trilla, pero sí todas las demás aventadoras a mano y a motor"; Seleccionadoras recoge las "seleccionadoras de semillas, a mano y a motor"; Tractores recoge los "de cualquier potencia y marca"; Remolques incluye aquellos "aptos para ser acoplados a cualquier clase de tracción" y Motores para riego que recoge "solamente el número de motores".

A principios del año 1956 los servicios técnicos de la COSA de Huesca recogen en un documento los datos de las máquinas más importantes, tractores, cosechadoras, trilladoras y motores para riego, desde 1946 hasta 1955, lo que permite seguir su evolución en el tiempo. Curiosamente, estas máquinas son las mismas que se recogían en las, entonces, jefaturas agronómicas en el Registro de tractores, motores de riego, trilladoras y cosechadoras creado por una orden ministerial de 18 de septiembre de 1945 y que más tarde dará lugar al actual Registro Oficial de Maquinaria Agrícola (ROMA). Hay que señalar que la información que aparece en este documento relativa al año 1953 no coincide con la suministrada por la *Encuesta agropecuaria*, de forma que en tractores se indican 980 en lugar de 747, en trilladoras 685 en lugar de 565 y en motores para riego 262 en lugar de 235. Del mismo modo, es curioso observar que los datos correspondientes a 1954 y 1955 tampoco coinciden con los incluidos en los formularios de la *Estadística agrícola* que se analizan en este artículo, si bien es verdad que, en esta última, como luego se comentará, en el primero de los años citados faltan por presentar un 20 % de municipios y en el segundo un 10 %. Aun así, las diferencias son grandes. En tractores los datos son más altos: 1204 frente a 900 en 1954 y 1414 frente a 1078 en 1955. El número de cosechadoras es menor: 65 frente a 73 en 1954 y 78 frente a 101 en 1955.

En trilladoras el dato es bastante parecido: 691 frente a 648 en 1954 y 699 frente a 694 en 1955. En motores para riego hay 263 y 268 frente a 200 en ambos años.

Finalmente, y aunque no puede considerarse en puridad como un antecedente ya que su elaboración se produce al final del ámbito temporal del presente estudio, cabe citar los datos de maquinaria agrícola recogidos en el *Censo agrario* de 1962, primero de los realizados en España por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el que se recoge la maquinaria en uso (motores, tractores, labranza, siega y recolección, otras máquinas, transporte y riego).

Es importante resaltar que los datos son dispares, ya que, así como en el *Censo agrario* los agentes censales pertenecen al INE o son contratados por él, en la *Encuesta agraria* son los secretarios de las hermandades sindicales, normalmente agricultores, los que realizan la toma de datos y la confección de los formularios que luego se enviarán a la COSA, y estos no tenían ninguna formación estadística ni, en muchos casos, conocimientos específicos de maquinaria.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Hermandades sindicales de labradores y ganaderos*

Como ya se ha indicado, la recogida de datos para la confección de la *Estadística agrícola* del Ministerio de Agricultura, aunque se trabaja con ámbito municipal, se encarga a las hermandades sindicales de labradores y ganaderos a través de las COSA de cada provincia.

Según la COSA de Huesca, en 1953, en nuestra provincia había establecidas 353 hermandades sindicales. Según figura en el *Nomenclátor de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población* elaborado por el INE con referencia 31 de diciembre de 1950, en la provincia había un total de 349 municipios, cifra que se repite en el *Nomenclátor* de 1960. La desaparición del municipio de Sardas, al ser agregado a Sabiñánigo en 1951, no reduce el número total de los mismos entre ambos censos, ya que en 1953 aparece por segregación el municipio de Tramaced, que hasta entonces estaba incluido en el de Usón, con lo que el número de 349 municipios permanece invariable.

Como ya se ha comentado, las hermandades sindicales tienen un ámbito local determinado y, normalmente, este se corresponde con el término municipal en el que están ubicadas. Sin embargo, no siempre es así, y a principios de la década de los cincuenta, cuando se inicia el periodo analizado en este artículo, hay en nuestra provincia varios municipios en los que, de forma excepcional, existe más de una hermandad. Tal es el caso de los municipios de Osso de Cinca, en el que se encuentra también la Hermandad de Almudáfar, de Barbastro en el que se incluye la Hermandad de Burceat, de Cartirana en el que se localiza la Hermandad de Larrés, y de Ortila en el que se encuentra la Hermandad de Montmesa. Finalmente hay que indicar que, en la documentación estudiada, al ser de ámbito municipal, figuran los formularios correspondientes al municipio de Sardas, incorporado a Sabiñánigo en 1951, aunque en la localidad no hay Hermandad Sindical de Labradores y Ganaderos. Las cuatro hermandades citadas y el municipio de Sardas, sumadas a los 349 municipios, nos dan el total de 354 formularios recogidos.

Comparando la denominación de las hermandades con la de los ayuntamientos, de acuerdo con los nomencladores del INE de los años 1950 y 1960 se pueden observar algunas diferencias, en general poco importantes. Por ejemplo, en 1954 y 1955 figura la Hermandad de Abay pero el municipio es Banaguás, y la Hermandad de Bergua está en el municipio de Bergua-Basarán. En el caso de la Hermandad de Secorún, el municipio cambia su capitalidad a Laguarda, y también se lleva a esta localidad la Hermandad, que pasa a denominarse Laguarda – Secorún para ser más tarde Laguarda. Otras variaciones son menores, y siempre el nombre de la hermandad permite identificar claramente el municipio en el que está ubicada. Así, por ejemplo, la hermandad se llama Montañana (Puente) y el municipio es Puente de Montañana. También cambia Osso por Osso de Cinca, Santalies-tra por Santalies-tra y San Quílez, Torrelarribera por Torre la Ribera o Viacamp por Viacamp y Litera. En algún caso alarga el nombre, como por ejemplo Belver de Cinca por Belver o Pomar de Cinca por Pomar.

### *Formulario de maquinaria agrícola existente en el término*

En el segundo cuadro citado para el formulario de septiembre, figura una relación de máquinas agrícolas dispuestas en dos columnas, más o menos

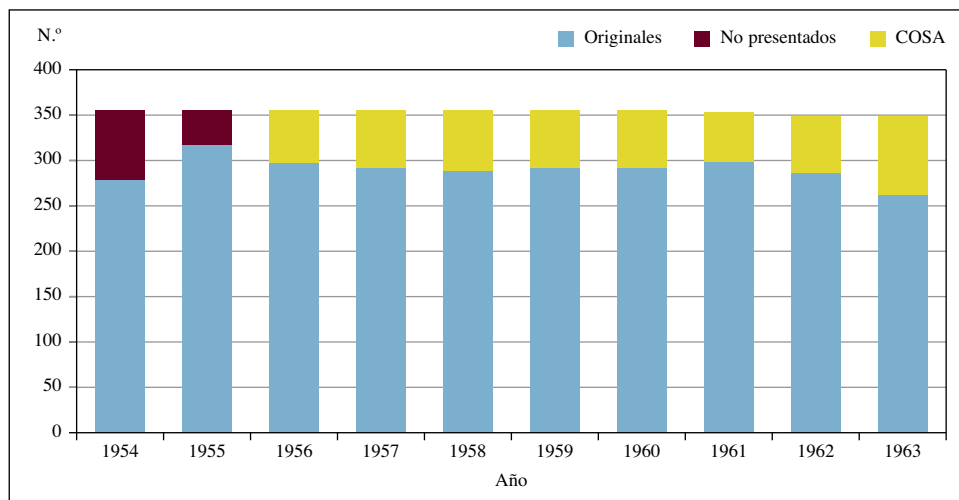
ordenadas y agrupadas según los trabajos que realizan. En la maquinaria que figura en la segunda columna, además de consignar el número de máquinas existente de cada uno de los tipos indicados, hay una casilla en cada línea para indicar la potencia total correspondiente en los casos en que esta información sea procedente.

El tipo de máquinas que se declara, aunque se mantiene bastante estable, varía a lo largo del tiempo. Para los dos últimos años del periodo estudiado, la relación de máquinas se modifica ligeramente y se introducen las siguientes modificaciones: 1.<sup>a</sup> Se incorporan a la relación los rastrillos y las aboadoras; 2.<sup>a</sup> las cosechadoras, que hasta ahora se habían declarado juntas, se separan en cosechadoras de tractor y cosechadoras autopropulsadas; 3.<sup>a</sup> se incorporan en la primera columna las máquinas para desinfectar semillas, y en la segunda los espolvoreadores para tratamientos fitosanitarios, tanto de mano como de motor.

### *Presentación de formularios*

Del análisis de los 354 formularios de maquinaria agrícola, presentados con fecha de 1.º de septiembre de cada año, se desprende que el primer año de toma de datos de la *Estadística agrícola* (1954) los envían debidamente cumplimentados un total de 279 municipios, el 78,8 % del total, y al año siguiente, 1955, lo hacen 318, el 89,8 %. Desde 1956 ya hay formularios de todos los municipios de la provincia, ya que a partir de ese año para los municipios que no entregan formulario y, por lo tanto, de los que no se tienen datos, el personal de la COSA cumplimentaba un impreso propio reproducido a ciclostil no muy diferente del original. Según se puede deducir de las conversaciones mantenidas con algún funcionario de este organismo en aquellos años, si era posible esta labor se hacía al dictado telefónico del secretario de la Hermandad Sindical correspondiente, pero no siempre era esto posible y en estos casos, como mal menor, en lugar de no presentar datos se repetían los del año anterior. Si nada de lo anterior era posible, se incluía en el archivo un formulario en blanco. El número y tipo de formularios archivados se muestra en la figura 1.

Como puede observarse en la figura, a partir de 1961 se empieza a reducir el número de formularios, ya que, debido a los procesos de fusión



**Fig. 1.** Evolución del número de formularios de maquinaria agrícola presentados de 1954 a 1963.

que se producen en los ayuntamientos, empiezan a desaparecer hermandades al incluir sus funciones dentro de la hermandad del Ayuntamiento en que se han integrado o, en su caso, al que se agregan. A la hora de analizar el número de formularios de que se dispone durante los diez años estudiados, incluyendo los de Larrés y Sardas aunque estén en blanco, podemos ver que inicialmente, desde 1954 hasta 1959, disponemos de 354 series de datos. A partir de 1960 no se presenta el formulario de Fet, que se agrega a Viacamp, y quedan 353. Desde 1961 no se presentan el de Almudáfar, que se agrega a Osso, ni el de Burceat, que se agrega a Barbastro, quedando 351. A partir de 1962 no se presentan los de Acín, Bescós de Garciollera, ambos agregados a Jaca, y Montmesa, agregado a Orilla, quedando los dos últimos años del estudio 348 formularios habiendo dejado de presentar declaración las seis hermandades citadas. De la hermandad de Larrés, perteneciente al municipio de Cartirana, solo hay un formulario de la COSA que se archiva en blanco, en 1956. Del municipio de Sardas hay formularios de este mismo tipo de 1957 a 1960, todos ellos en blanco. Es curioso señalar que, en algunos casos, a pesar de indicar que los datos se recogen en otra localidad, se sigue archivando un formulario en blanco para completar la serie.

El nivel de presentación de formularios originales es el siguiente: 155 municipios los presentan los diez años del estudio, 65 en nueve, 34 en ocho, 27 en siete, también 27 en seis y 13 en cinco años. Sumando vemos que 321 hermandades dan datos originales de sus municipios por lo menos en la mitad de los años considerados. En el extremo contrario podemos observar que en tres casos no hay ningún formulario original, en cuatro solo presentan 1 original, en once presentan 2, en cinco presentan 3 y en diez presentan solo 4 formularios originales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Análisis de los datos recogidos*

Una vez informatizados los datos de la copia de los formularios custodiados en la Cámara Agraria Provincial, y para facilitar el análisis de los datos en ellos presentados, se han agrupado las máquinas según el trabajo que realizan. Los grupos de máquinas resultantes son los siguientes:

1. Laboreo del suelo (arados romanos, arados de vertedera, arados de discos, arados polisurcos, arados de subsuelo, arados de desfonde, gradas, gradas de discos, cultivadores).
2. Labores de cultivo (sembradoras, abonadoras [\*]).
3. Recolección de cereales (segadoras gavilladoras, segadoras atadoras, cosechadoras, cosechadoras de tractor [\*] y autopropulsadas [\*], trillos ordinarios, trillos de discos, trilladoras).
4. Recolección de forrajes (guadañadoras de tracción mecánica, guadañadoras de tracción animal, rastrillos [\*], empacadoras recogedoras de heno).
5. Equipos de poscosecha (desgranadoras, aventadoras, seleccionadoras, trituradoras de grano, cortaforrajes, empacadoras, máquinas para desinfectar semillas [\*]).
6. Equipos de tracción (tractores de menos de 25 CV, de 25 a 40 CV y de más de 40 CV).
7. Equipos productores de energía (motores eléctricos de menos de 10 CV, de 10 a 20 CV y de más de 20 CV; motores de gasolina de menos de 10 CV, de 10 a 20 CV y de más de 20 CV; motores de aceite

pesado de menos de 20 CV y de más de 20 CV; motores de gas pobre; aeromotores).

8. Equipos para riego (bombas de riego con motor de menos de 10 CV, de 10 a 20 CV y de más de 20 CV y norias).
9. Equipos para tratamientos fitosanitarios (pulverizadores, de mano y de motor; espolvoreadores, de mano [\*] y de motor [\*]).

NOTA: Las máquinas señaladas con [\*] se declaran a partir de 1962.

Para poder disponer de series de datos lo más amplias posible y después de analizar todas ellas, se ha completado la información de aquellos formularios que faltan de los dos primeros años, 1954 y 1955, siguiendo el mismo procedimiento utilizado por los técnicos de la COSA en los años posteriores, es decir, en los casos en que no se ha presentado formulario añadir los datos ya declarados en el año 1953 en la *Encuesta agropecuaria* lo que, aunque esta es muy escueta, permite completar algunas de las series de datos.

Antes de entrar en el análisis de los datos que figuran en los formularios siguiendo los grupos establecidos, hay que indicar que, en muchos casos, va a ser difícil analizar los resultados obtenidos al no disponer de la información precisa que nos permita saber a qué máquina en concreto se están refiriendo los informadores, por lo que será necesaria alguna explicación en algunas de las máquinas censadas. También es importante señalar que no todos los años el formulario lo rellena la misma persona, lo que hace que, en muchas ocasiones, el número de máquinas cambie de unos años a otros, en unos casos a más y en otros a menos. En algunos casos ha sido necesario analizar datos que en principio parecían anómalos y que se debe a que, en la copia guardada, al trabajar con tres copias con papel de calco entre ellas, se ha desplazado el dato con respecto al original, lo que provoca que los datos de una casilla se hayan desplazado a la siguiente o a la anterior produciéndose una información errónea. En otros casos, y a la vista del número declarado de algún tipo de máquina, ha sido necesario comparar este dato con el que proporciona el *Censo agrario* de 1962 o, en su defecto, con el número de viviendas, hogares o explotaciones que había en ese municipio durante el periodo estudiado según el *Nomenclátor* del INE, para comprobar la posibilidad de que realmente existiera ese número de máquinas en esa localidad.

Para tratar de corregir estas diferencias, se han analizado las series de datos correspondientes a los diez años para cada tipo de máquina buscando llenar los huecos existentes y analizar los datos que, en una secuencia lógica, resultan discordantes. A título de ejemplo, no parece coherente que un municipio cambie el número de tractores cada año, sino que los datos sigan una tendencia determinada de aumento o de disminución.

### *Equipos de laboreo del suelo*

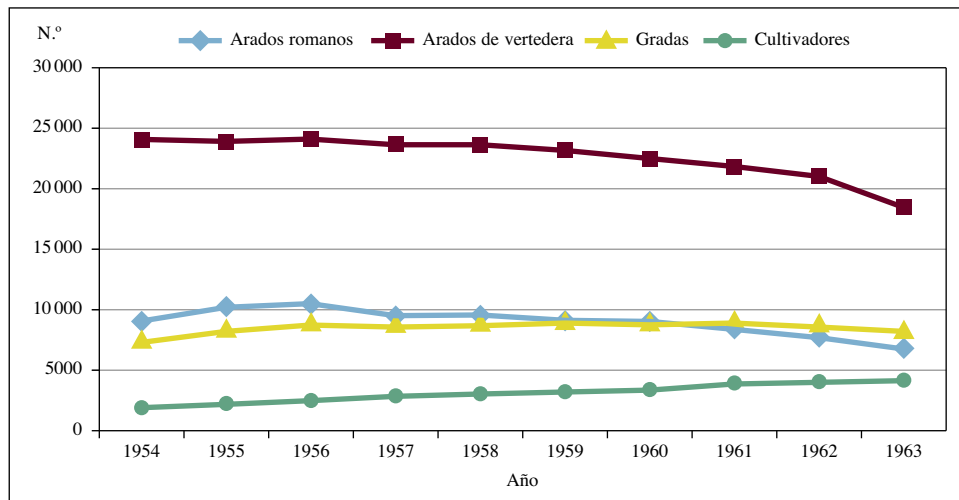
Al no conocer las instrucciones de la *Estadística agrícola*, no tenemos una referencia precisa de cómo se clasificaban los aperos en cada municipio. A título de ejemplo se puede citar que en varias ocasiones se consideran los arados Rud Sack, más conocido como *Rusac* (*Rusá*, *Rusar* o *Rusal*), y los Bravant como arados diferentes a los de vertedera. Estos últimos, los Bravant, unas veces están como arados polisurcos, otras como arados de subsuelo y otras como arados de desfonde. Tampoco podemos establecer la diferencia entre arados de subsuelo y arados de desfonde, aunque de estos últimos hay muy pocos, y en estas casillas es donde se declaran los Rusac como un tipo distinto de arados de vertedera. En el caso de las gradas, pueden estar incluidas las rastras, de púas o de otros tipos, a excepción de las de discos, que tienen su grupo aparte.

Para los equipos de este grupo, salvo excepciones, no se especifica si son para tracción animal o mecánica. Dadas las fechas en que nos encontramos, es de suponer que la mayoría lo sean para tracción animal. Pueden existir dudas en los arados polisurcos, de subsuelo y de desfonde que, seguramente, serán de tracción mecánica, y, en este sentido, en algún caso muy concreto se indica en alguna encuesta que la máquina es para tractor.

Los arados de vertedera son los más abundantes y hay que señalar que se citan en todos los municipios a excepción de siete de ellos, es decir, están presentes en el 98 % de la provincia. Le siguen con un número más reducido los arados romanos y las gradas. A bastante distancia, pero lejos del resto de aperos, se encuentran los cultivadores.

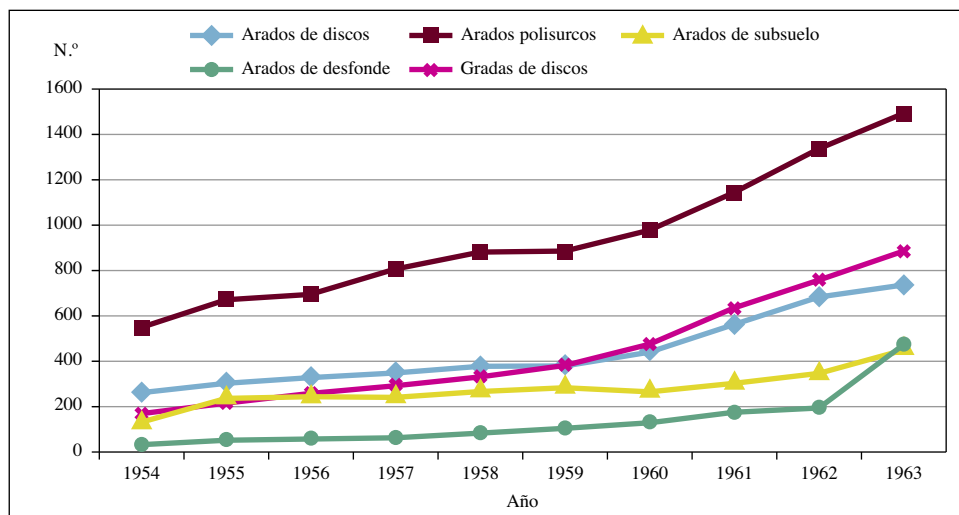
Para facilitar el análisis de su evolución se muestran los datos en dos figuras separadas, en la figura 2 con los equipos de mayor presencia y en la figura 3 con los de menor.





**Fig. 2.** Evolución de los equipos de laboreo del suelo con mayor presencia entre 1954 y 1963.

Dentro de los equipos de laboreo que se declaran en mayor cantidad por los municipios, se puede observar cómo, a lo largo de estos diez años, va descendiendo el número de arados romanos y, sobre todo, de arados de vertedera, lo que hace pensar que en su mayor parte eran arados “timoneros”



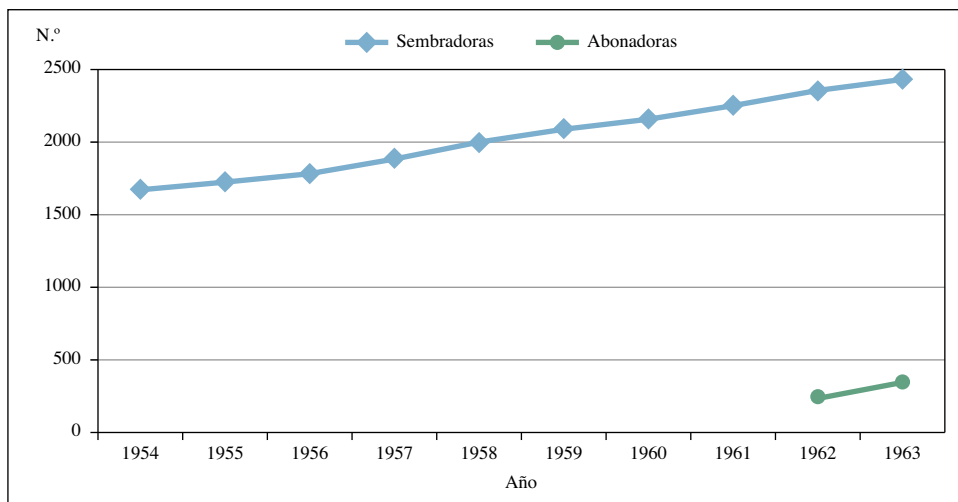
**Fig. 3.** Evolución de los equipos de laboreo del suelo con menor presencia entre 1954 y 1963.

de tracción animal. Se mantiene estable el número de gradas y aumenta el de cultivadores. En el caso de las gradas, como ya se ha comentado, posiblemente estén incluidas en este grupo las rastras, de las que había muchas de tracción animal.

A la vez que se reduce el número de arados de vertedera, está claro que el número de los arados “grandes” (polisurcos, de desfonde o de subsuelo) se incrementa sobre todo a partir de 1960, destacando también los arados de discos o las gradas de discos. Esto puede ser un efecto producido por el aumento del número y de la potencia de los tractores, que analizaremos más adelante, ya que al aumentar las posibilidades de tracción, es más fácil adquirir los equipos adecuados para las labores pesadas con tracción mecánica.

### *Equipos de labores de cultivo*

Se engloban en este grupo las sembradoras y las abonadoras, estas a partir de 1962. En estas máquinas nos encontramos con las mismas dificultades que en el apartado anterior para identificar el tipo de máquinas de que se trata. Por los años en que estamos, podemos deducir que se trata de sembradoras de cereales de chorrillo que, inicialmente, serían de tracción animal para pasar después a tracción mecánica, dada la facilidad de su transformación al



**Fig. 4.** Evolución de los equipos de cultivo introducidos entre 1954 y 1963.

sustituir las varas de enganche de las caballerías por una barra de tiro para su enganche al tractor. Las abonadoras serán, seguramente, de gravedad y de tracción animal adaptadas, posteriormente, a la tracción mecánica.

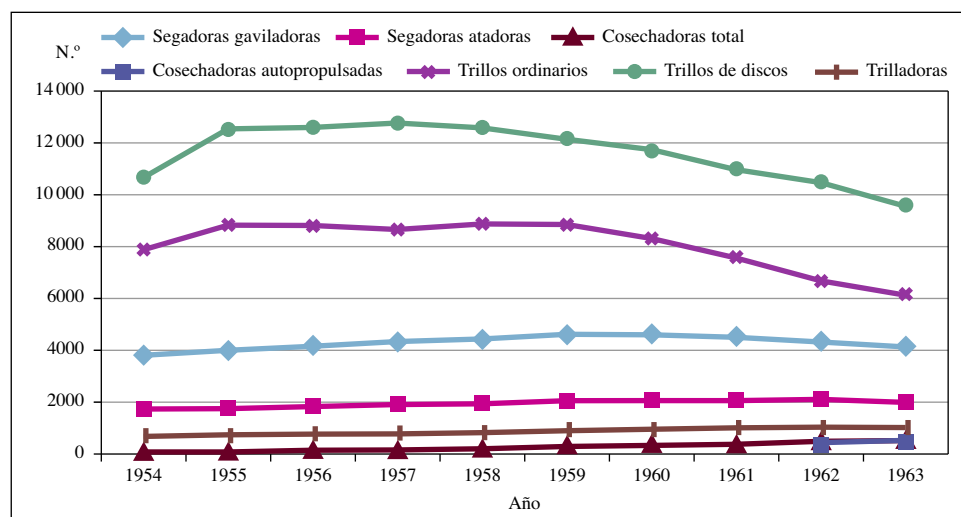
En la figura 4 se muestra la evolución del número de equipos para labores de cultivo. En este grupo solamente podemos comentar algo de las sembradoras, cuyo número evoluciona claramente al alza a lo largo del periodo estudiado. No podemos olvidar que en nuestra provincia había grandes y buenos fabricantes de sembradoras, entre los que cabe destacar a Coll y a Lamusa, cuyas máquinas gozaron de merecida fama entre los agricultores de toda España.

De las abonadoras no contamos con suficientes datos para analizar su evolución.

### *Equipos de recolección de cereales*

Como ya se ha indicado, en este grupo se declaran juntas todas las cosechadoras hasta 1962, en que se separan las de tractor de las autopropulsadas.

En la figura 5 podemos observar el declive claro que presentan los trillos, tanto los ordinarios como los de discos, la estabilidad o ligero aumento de las



**Fig. 5.** Evolución de los equipos de recolección de cereales introducidos entre 1954 y 1963.

segadoras, tanto las agavilladoras como las atadoras, y la lenta evolución al alza de las trilladoras y de las cosechadoras. En estas últimas hay que tener en cuenta que en los dos últimos años analizados están separadas las de tractor de las autopropulsadas. Sumando ambas nos da para el año 1962 un total de 589 máquinas, y para el año 1963 un total de 624, datos que indican un aumento claro de las máquinas cosechadoras si lo comparamos con las 438 máquinas en total existentes en 1961, antes de separar los dos tipos.

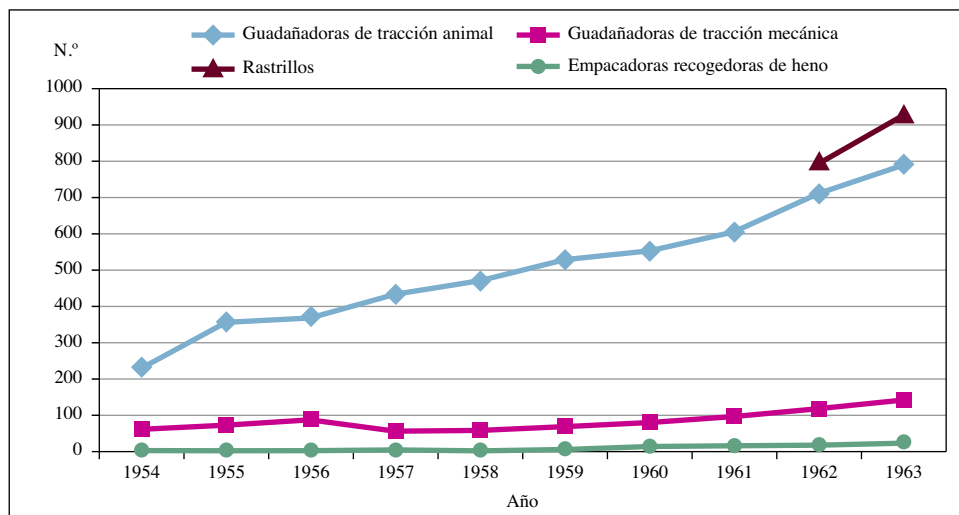
### *Equipos de recolección de forrajes*

Con respecto a las guadañadoras se han tenido que analizar todas las encuestas con detenimiento ya que, en algunas de ellas, aparecían como tales las guadañas (dallas), en unos casos como máquinas de tracción animal y en otros, incluso, como máquinas de tracción mecánica. Algún informador indica que en su municipio hay un número determinado de “Guadañadoras de tracción animal” diciendo a continuación que son “de mano”, ya que no sabe dónde colocar las “dallas”.

Algo parecido puede ocurrir con los rastrillos, aunque en este caso al tener solo dos años de datos es difícil su análisis. Los datos que se presentan están depurados dentro de lo posible, dada la estructura de los formularios.

Con respecto a las “Empacadoras recogedoras de heno”, que así figuran descritas en la encuesta dentro de la recolección de forraje, sucede algo parecido, al haber otra casilla para las “Empacadoras” en los equipos de poscosecha, pues en ambos casos pueden ser máquinas arrastradas, o máquinas fijas de accionamiento manual. No se han encontrado unas instrucciones que permitan separar un tipo de máquinas del otro. Dado el bajo número de máquinas censadas lo más probable es que las primeras, unas veinte sean máquinas arrastradas, reservando las fijas, casi doscientas que aparecen en los equipos de poscosecha, para el empacado de la paja, aunque estas también puedan servir para el empacado de forraje.

En la figura 6 podemos observar cómo se van introduciendo de forma progresiva las guadañadoras de tracción animal, y muy despacio las de tracción mecánica. El número de empacadoras recogedoras de heno es meramente testimonial en el periodo considerado. Los datos de los rastrillos aparecen en 1962 debido a que es el primer año que figuran en los formularios, si



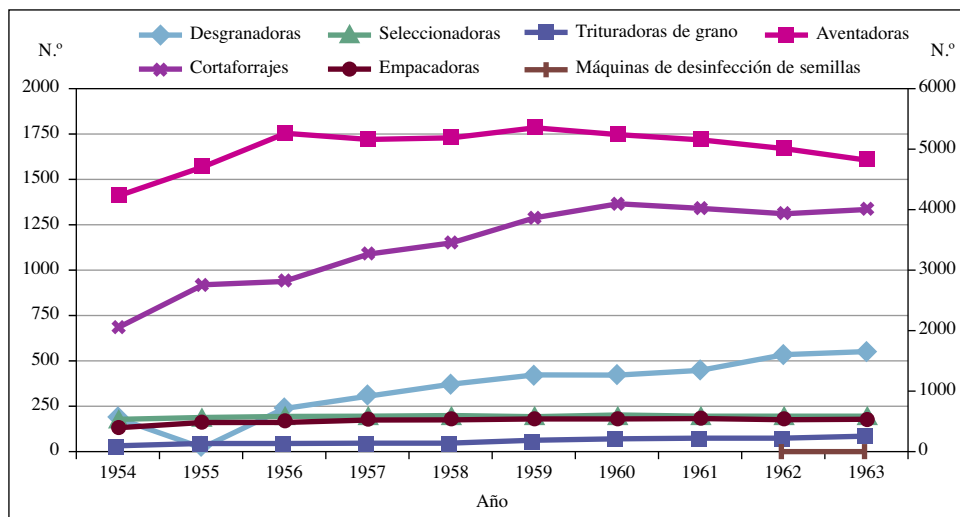
**Fig. 6.** Evolución de los equipos de recolección de forrajes introducidos entre 1954 y 1963.

bien en los dos años anteriores alguna localidad los ha empezado a declarar en “Otros” aunque en estos casos su número es muy reducido.

### *Equipos de poscosecha*

En la figura 7 se observa que las máquinas de poscosecha más numerosas son las aventadoras, por lo que para poder analizar la evolución del resto con más claridad sus valores aparecen referenciados en el lado derecho de la figura. Era muy importante la limpieza de los granos para su posterior utilización bien como venta, bien como semilla, o como alimento para el ganado. En muchos casos eran máquinas de accionamiento manual y se usaban en la propia era cuando la trilla se realizaba con trillos, ya que así se evitaba la dependencia del viento para limpiar (“aventar”) el grano, aunque también podía usarse con posterioridad a la recolección propiamente dicha, incluso la realizada con trilladora o con la cosechadora, en el momento en que iba a venderse el trigo o la cebada.

Le siguen en importancia los cortaforrajes, ya que estos en muchos casos se recogían enteros para su mejor manejo y conservación, pero, para que lo aprovechara mejor el ganado, sobre todo el ganado menor, había que



**Fig. 7.** Evolución de los equipos de poscosecha introducidos entre 1954 y 1963.

trocarlo. En este caso, al igual que ocurre en las guadañadoras, algunos informantes indican que son “dallas”, por lo que también ha sido necesaria la depuración de los datos.

Las seleccionadoras y las empacadoras rondan las 200 unidades censadas. Del resto de máquinas, el mayor número es el de desgranadoras, utilizadas para separar los granos de maíz (“panizo”) del zuro, la mayoría también de accionamiento manual. El número del resto de máquinas es muy reducido y en el caso de las máquinas para desinfección de semillas, meramente testimonial en los dos años de los que hay datos.

### *Equipos de tracción*

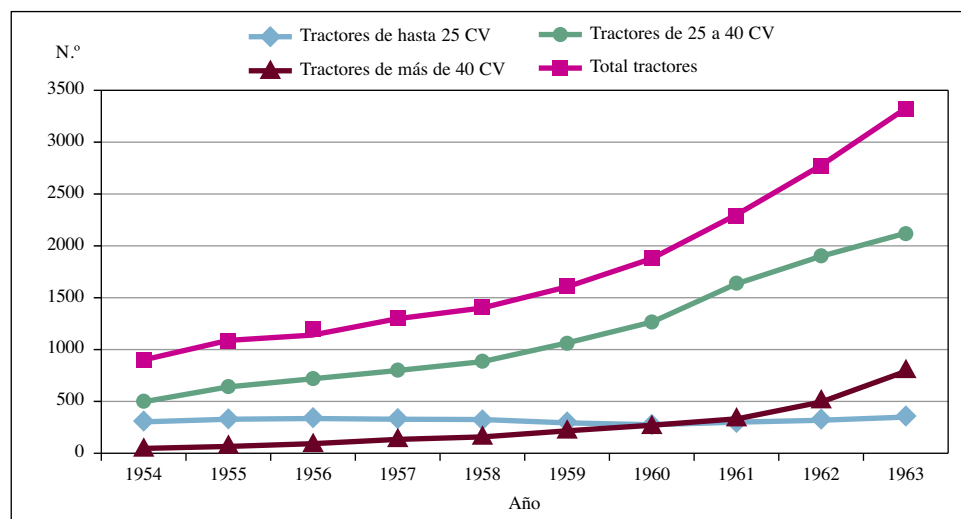
En la comunicación de datos sobre los equipos de tracción, las encuestas hablan solo de tractores estableciendo tres grupos según su potencia. No se separan los motocultores, o tractores de un eje, ni se indica nada referente al tipo de tracción, dos o cuatro ruedas motrices, así como tampoco se indica si hay algún tractor de cadenas. Trabajamos, por lo tanto, con un *totum revolutum* en el que están mezclados todos los tractores junto con los motocultores.

Al igual que en el resto de equipos, no todas las hermandades indican que existen tractores en su municipio. En los primeros años informan de la existencia de tractores un 45 % de las encuestas, porcentaje que va subiendo hasta llegar al 75 % en los últimos años analizados al ir generalizándose la adquisición y el uso del tractor.

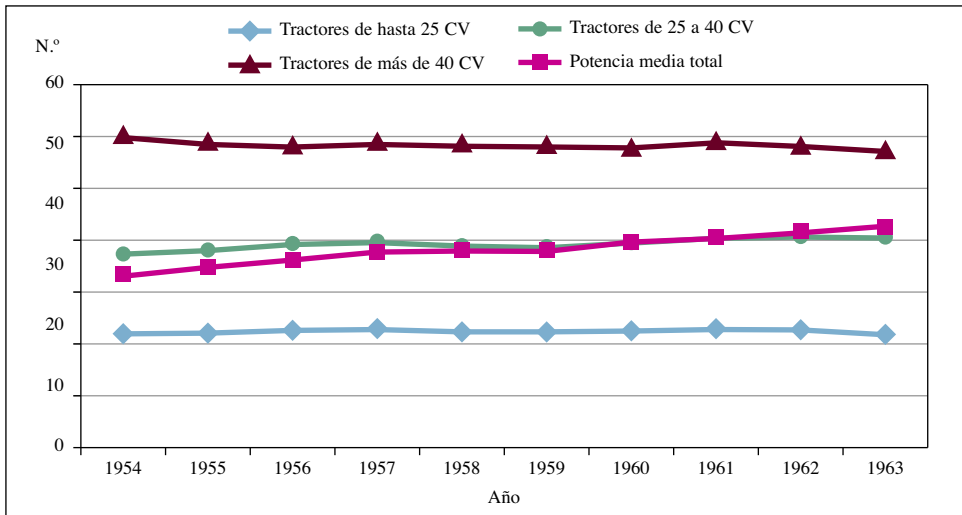
Además, y como ya se ha indicado anteriormente, los dos primeros años en que se presentan las encuestas no lo hacen todas las hermandades, factor a tener en cuenta a la hora de analizar la evolución del parque de tractores.

En la figura 8 podemos ver que el número de tractores pequeños de menos de 25 CV, de los que hay algo más de 300 unidades, se mantiene bastante estable, siendo casi seguro que una gran parte de estos sean motocultores. Sin embargo, los tractores medios pasan de 400 a 2000, siendo los que experimentan mayor aumento, y los tractores grandes pasan de 50 a más de 800. Como consecuencia de estas dos subidas, el número total experimenta un gran incremento, al pasar de 906 tractores en 1954 a más de 3300 en 1963, dándose la evolución más destacada en los últimos cinco años analizados.

Por lo que respecta a la potencia media de los tractores, hay que decir que no en todas las encuestas en que aparecen tractores se da esta información,



**Fig. 8.** Evolución de los equipos de tracción introducidos entre 1954 y 1963.



**Fig. 9.** Evolución de la potencia media de los tractores entre 1954 y 1963.

aunque sí lo hace en un 70 % de los casos, aproximadamente. Los datos que se presentan se han obtenido trabajando solo con las que sí aparecen; los de potencia resultantes se presentan en la figura 9.

Podemos observar cómo la potencia media de los tractores pequeños y de los grandes varía muy poco en estos años. Los primeros están sobre los 20 CV, y los segundos en torno a los 50 CV. Son los tractores medios los que aumentan más su potencia media pasando de 31,6 CV a 35,4 CV, es decir, con una subida de más del 10 % por tractor. La potencia media total también aumenta y mucho, más de un 34 %, y lo hace por dos motivos: por un lado, por el aumento de potencia ya comentado de los tractores medios, y, por otro, por la adquisición de más tractores medios y grandes que pequeños.

### *Equipos productores de energía*

Dentro de este grupo, en cuanto a los motores de aceite pesado, parece que las encuestas se refieren a los motores de petróleo o de gasóleo (*gas oil*), no muy frecuentes en aquellos años en los que el combustible más generalizado era la gasolina. Los motores de gas pobre serán los gasógenos, y los aerogeneradores serán los molinos de viento con aplicación, fundamentalmente, a la extracción de agua de los pozos.



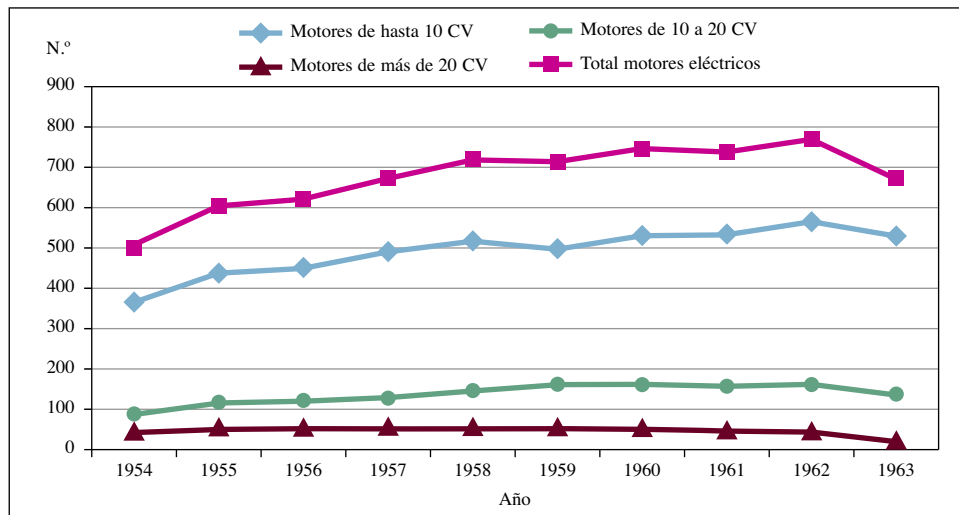


Fig. 10. Evolución del número de motores eléctricos introducidos entre 1954 y 1963.

### Motores eléctricos

En la figura 10 se observa un claro predominio de los motores pequeños, de hasta 10 CV, con cerca de 500, lo que representan casi el 70 % del

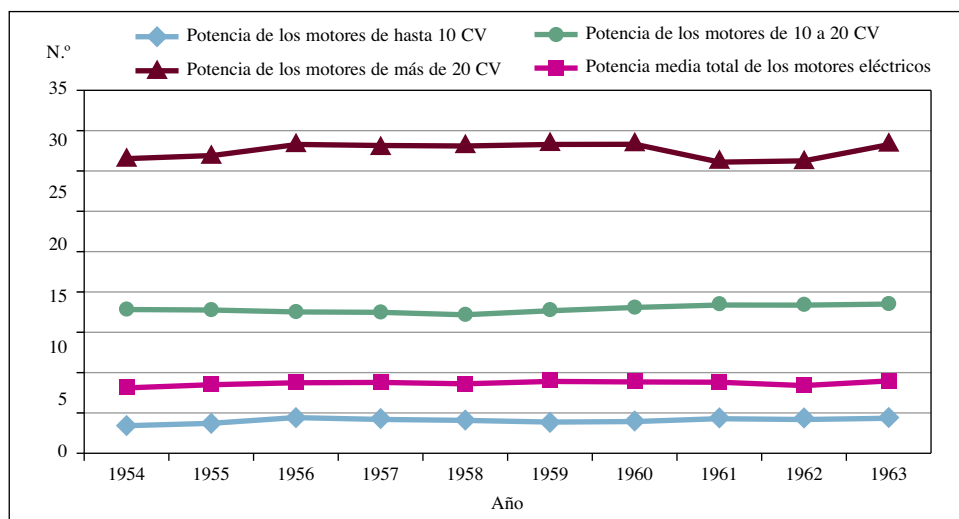


Fig. 11. Evolución de la potencia media de los motores eléctricos entre 1954 y 1963.

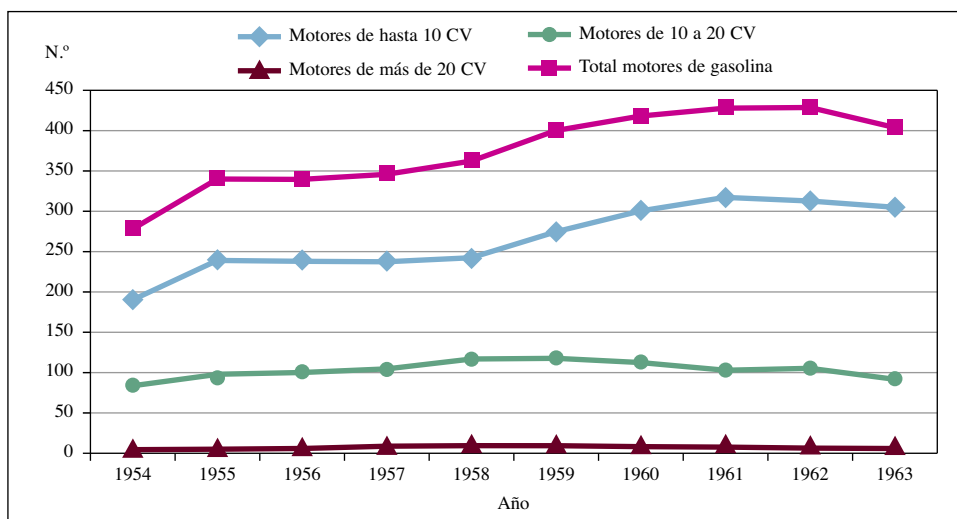
total. Los motores medianos mantienen su ligera tendencia al alza y los grandes se mantienen alrededor del medio centenar, permaneciendo su número prácticamente constante.

Por lo que respecta a la potencia de estos motores eléctricos, en la figura 11 se puede observar su evolución. En general, puede decirse que las potencias de los motores eléctricos se mantienen bastante estables a lo largo del periodo considerado. Los motores pequeños están entre los 3 y los 3,5 CV, los medianos alrededor de los 14 CV y los grandes se mueven sobre los 29 CV. La potencia media de todos los motores es de casi 7 CV y se mantiene estable durante estos años.

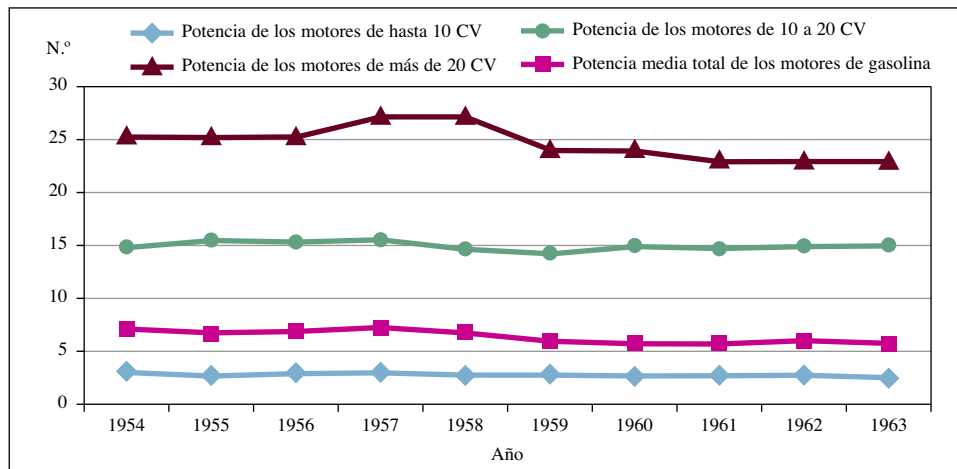
### *Motores de gasolina*

Estos motores son más escasos que los anteriores, como se muestra en la figura 12. En ellos se observa una clara tendencia al alza a lo largo de los años, sobre todo en los motores pequeños. Los motores medios se mantienen estables en torno a las 100 unidades, y los grandes también se mantienen estables sin llegar a las 10 unidades.

En cuanto a la potencia, podemos ver los datos de su evolución en la figura 13. Se observa en la figura que las potencias medias de estos motores de gasolina se mantienen bastante estables; en los pequeños, alrededor



**Fig. 12.** Evolución del número de motores de gasolina introducidos entre 1954 y 1963.



**Fig. 13.** Evolución de la potencia media en los motores de gasolina entre 1954 y 1963.

de los 3 CV, en los medianos sobre los 15 CV y en los grandes en torno a los 25 CV. Estas escasas variaciones hacen que la potencia media se encuentre entre 6 y 7 CV.

### Otros tipos de motores

Agrupamos en este apartado el resto de motores recogidos en las encuestas y los datos se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Número de otros tipos de motores (1954-1963).

Año	Motores de aceite pesado		Motores de gas pobre	Aeromotores
	Hasta 20 CV	De más de 20 CV		
1954	6	31	0	0
1955	9	31	1	6
1956	16	31	2	7
1957	16	32	3	7
1958	25	36	3	8
1959	29	41	3	8
1960	35	9	2	8
1961	39	11	2	6
1962	40	11	2	6
1963	42	10	2	8

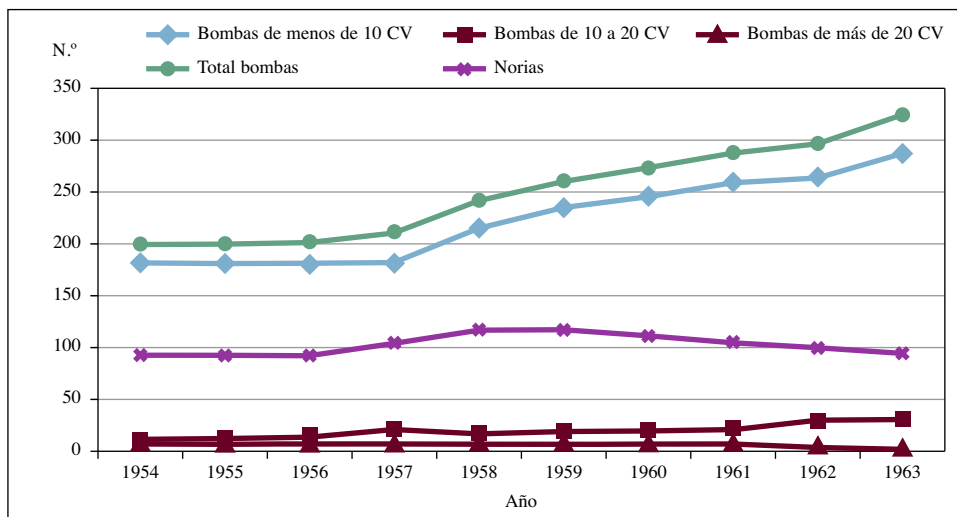
El número de motores de estos tipos es muy reducido. Únicamente cabría destacar la evolución al alza de los motores de aceite pesado (petróleo o gasóleo) de hasta 20 CV. También destaca el descenso del número de los motores de más de 20 CV desde 1960, ya que hasta ese año en una localidad se declaraban 30 motores y dejan de declararse. El resto se mantienen estables.

Dada la poca presencia de este grupo de otros motores, y los pocos datos de potencia de que disponemos, no se analiza su potencia.

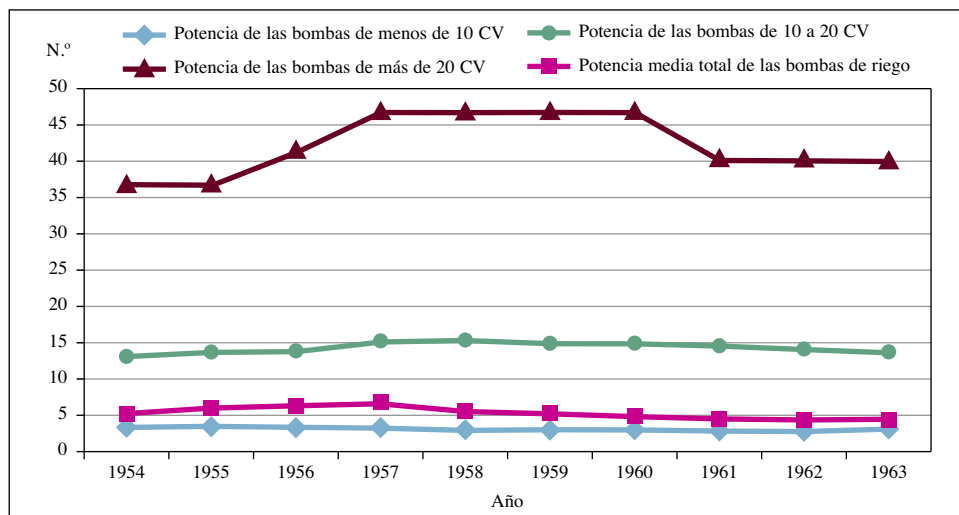
### *Equipos para riego*

Se incluyen en este grupo las máquinas utilizadas para la extracción de agua con destino al riego de las parcelas. Hay dos grupos de máquinas: las bombas con motor y las norias. El sistema de riego más frecuente en estos años es el de inundación con el agua por gravedad, pero a veces es necesario extraer agua de pozos o de los mismos ríos, y llevarla hasta las parcelas para su riego.

En la figura 14 podemos observar cómo casi todas las bombas de riego, más del 90 %, son pequeñas, con motores de menos de 10 CV, presentando,



**Fig. 14.** Evolución de los equipos de riego introducidos entre 1954 y 1963.



**Fig. 15.** Evolución de la potencia media de los motores de riego entre 1954 y 1963.

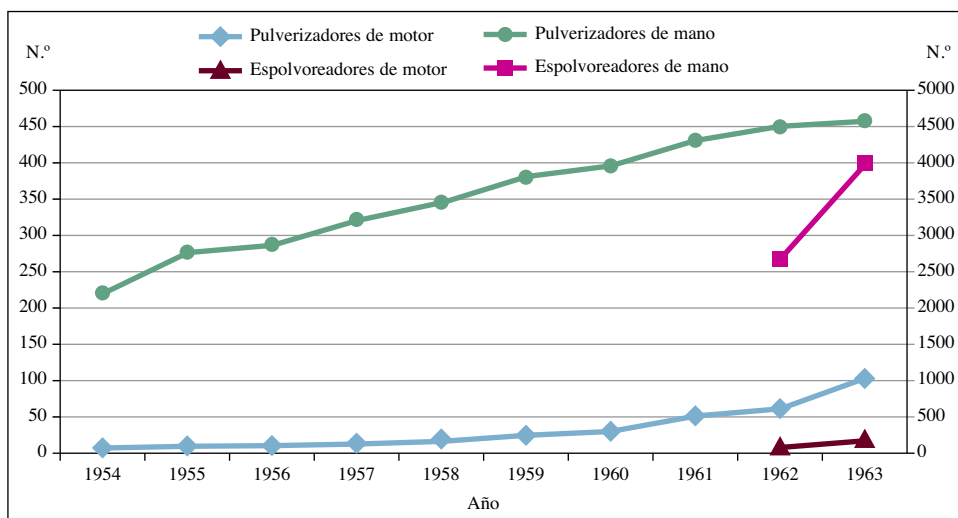
además, una tendencia al alza. La evolución de las bombas con motor medio y grande no es significativa: las primeras rondan las 25 unidades y las segundas no llegan a 10 en toda la provincia. Es curioso resaltar que el número de norias en funcionamiento supera, con mucho, a los dos últimos tipos de motobombas citados, permaneciendo bastante estable a lo largo de la década analizada.

Para estos motores disponemos de datos significativos en cuanto a su potencia, y los mostramos en la figura 15. En el caso de las bombas con motor pequeño, hasta 10 CV, hay un 40 % de potencias indicadas en los formularios, y en el caso de los otros dos tipos de bombas, los datos de potencia de los motores rondan el 35 % de los declarados.

La diferencia de datos comunicados en los distintos tipos de bombas para riego hace que la potencia de las motobombas más grandes presente diferencias importantes, ya que su número es muy escaso. En general, la mayoría de los equipos son de pequeña potencia, alrededor de los 3 CV los pequeños, y próximos a los 15 CV los medianos. Como resultado de que el número de motobombas pequeñas es muy superior a las demás, la potencia media total durante todo el periodo considerado no llega a los 5 CV.

### *Equipos para tratamientos fitosanitarios*

Finalmente, vamos a analizar los equipos para tratamientos fitosanitarios en los que se recogen los pulverizadores, tanto de mano como de motor, y desde 1962 también se reflejan los espolvoreadores de mano y de motor. En ambos casos, la mayoría de los equipos de tratamientos son de mochila, tanto en lo que se refiere a los pulverizadores como a los espolvoreadores.



**Fig. 16.** Evolución de los equipos de tratamientos fitosanitarios introducidos entre 1954 y 1963.

La evolución de los datos se muestra en la figura 16. En estos equipos se observa un claro predominio de los pulverizadores de mano, cuyo número se indica en la escala de la derecha de la figura. Son los clásicos equipos de mochila con depósito metálico, una máquina sencilla, fácil de manejar y de bajo mantenimiento. Son muy escasos los pulverizadores de motor, aunque muestran una clara tendencia ascendente.

Con respecto a los espolvoreadores de cualquiera de los dos tipos, de mano o de motor, no hay datos suficientes para su análisis.

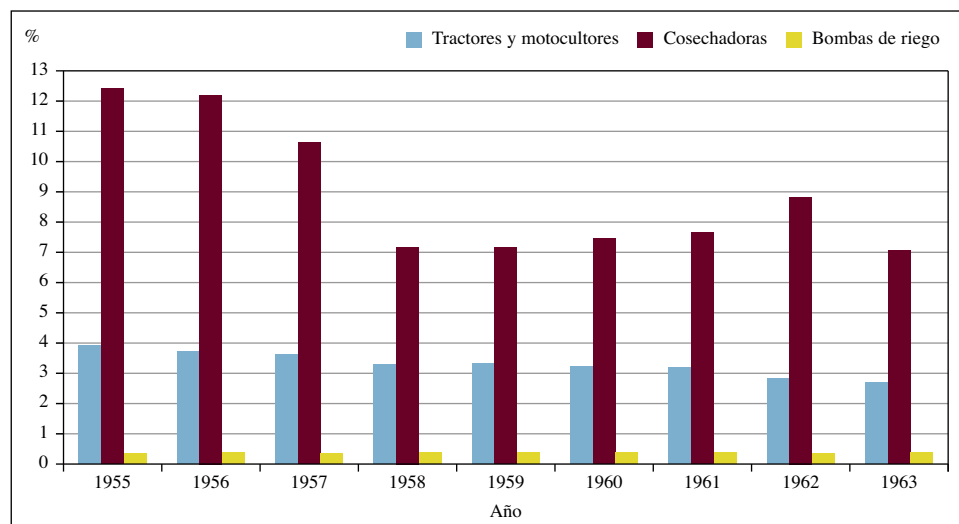
Por lo que se refiere a la potencia de los equipos de tratamientos de motor, además de haber escasos equipos censados, hay muy pocos datos

de potencia en los formularios, y estos pocos son muy dispares lo que hace que no sean representativos.

### *Comparación con los datos nacionales*

La primera vez que aparecen los datos de “Medios de producción” en las informaciones publicadas por la Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, es en el *Anuario de estadística agraria* correspondiente al año 1973. En él se recoge la serie estadística desde el año 1955 en cuanto a las existencias a 31 de diciembre inscritas en las delegaciones provinciales de Agricultura, en un registro, ya comentado, no para todas las máquinas, sino solo para tractores, motocultores, cosechadoras de cereales y motores de riego.

Haciendo los cálculos pertinentes, y teniendo en cuenta que los primeros datos de que se dispone son de 1955, podemos comparar el número de máquinas de estos tres grupos existentes en la provincia de Huesca con el total nacional, sirviéndonos para ello de la proporción, en porcentaje, de los datos de Huesca con respecto al total. Estos porcentajes se recogen en la figura 17.

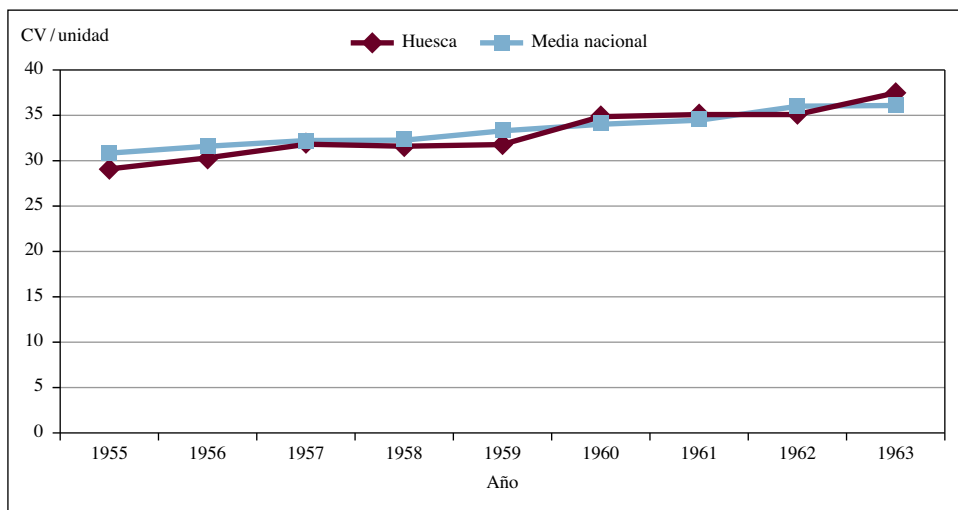


**Fig. 17.** Relación de equipos en Huesca y en España, en porcentaje, entre 1955 y 1963.

Si tenemos en cuenta que la superficie labrada en Huesca representa en estos años entre el 2,2 % y el 2,4 % del total nacional, vemos que entre tractores y motocultores en Huesca hay más de los que le corresponderían. En cosechadoras de cereales hay muchas, ya que el porcentaje de siembra de estos cultivos sobre el total nacional está entre el 2,8 % y el 3 %. Sin embargo, en motores de riego el porcentaje es meramente testimonial, ya que la gran mayoría de la superficie regada, que representa alrededor del 6 % de la nacional, lo es en estos años por inundación, sistema en el que, en principio, no son necesarias bombas para impulsar el agua.

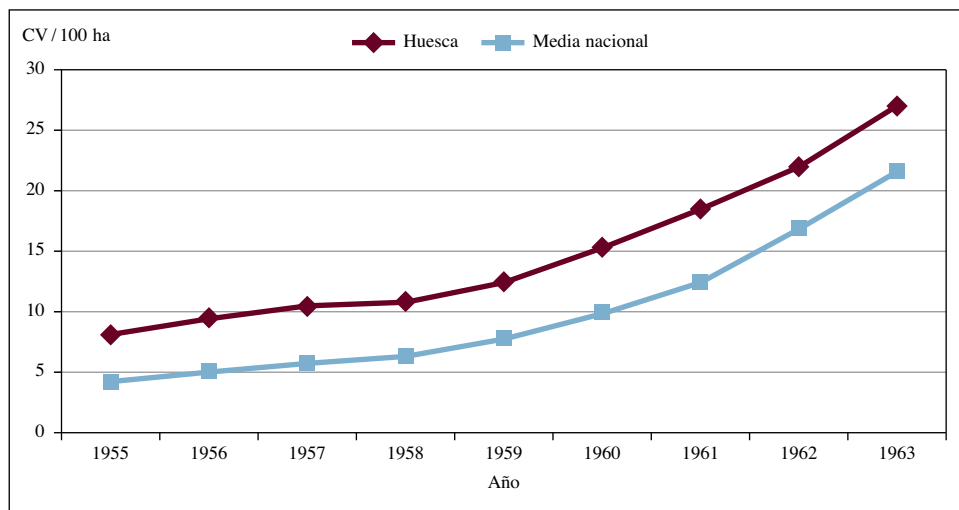
Además de los datos del número de máquinas ya mencionado, el *Anuario estadístico* publica las potencias de los tractores censados en España. Tomando los datos publicados por el Ministerio, y elaborando los correspondientes a la provincia de Huesca siguiendo la misma metodología, podemos comparar la potencia media nacional con la de nuestra provincia (fig. 18).

Podemos observar cómo la potencia media de los equipos de tracción, tractores y motocultores es muy parecida en Huesca a la media nacional sin que haya ninguna diferencia que resaltar. Se inicia la serie siendo la potencia ligeramente más baja en Huesca para terminar ligeramente más alta.



**Fig. 18.** Comparación de la potencia media de los equipos de tracción entre 1955 y 1963.





**Fig. 19.** Comparación del índice de mecanización en CV / 100 hectáreas entre 1955 y 1963.

El Servicio de Estadística del Ministerio de Agricultura publica en los anuarios otro dato interesante. Se trata del llamado *Índice de mecanización* que refleja la potencia en CV / 100 hectáreas labradas. Por un lado, calcula este índice con la potencia de tractores y motocultores, y, por otro, con la potencia de todas las máquinas con motor. En nuestro caso vamos a comparar el primero, solo tractores y motocultores, elaborando los datos para Huesca al igual que en el caso de la potencia media. Los datos aparecen en la figura 19.

Como se observa en la figura, el índice de mecanización de la provincia de Huesca aparece todos los años por encima del índice nacional con una diferencia nada desdeñable de 6 CV / 100 hectáreas, lo cual quiere decir, que hay, en proporción, más tractores, aunque no sean más grandes, ya que, como acabamos de ver en la figura 18, la potencia media de estos es similar a la nacional.

### A MODO DE CONCLUSIÓN

A lo largo del decenio analizado podemos ver cómo cambia el modelo de mecanización en la provincia pasando de un conjunto pequeño de

máquinas y, en su mayoría, para tracción animal, a un aumento del número y tamaño de los implementos y, en consecuencia, un aumento del número y el tamaño de los tractores.

Si observamos la evolución de los equipos de laboreo, los más abundantes, vemos que en la primera mitad del periodo se mantiene el número de arados pequeños para luego descender, mientras que en los equipos grandes ocurre lo contrario, están estables hasta el año 1959 y luego inician su aumento.

En los equipos de recolección de cereales podríamos decir casi lo mismo: hasta el año 1959 se mantiene estable el número de trillos para luego descender, a la par que aumenta el número de segadoras, trilladoras y cosechadoras.

En los equipos de tracción se incrementa tanto el número de tractores como su potencia media, si bien es verdad que el de tractores pequeños, de hasta 25 CV, permanece estable. Por el contrario, los tractores medios pasan de 500 a más de 2000 y los grandes multiplican su número por diez: de 76 a más de 800. En cuanto a potencia, solamente aumentan los tractores medios, que pasan de los 31,6 CV a los 35,4 CV.

Al analizar los datos provinciales y compararlos con los nacionales podemos concluir que en Huesca había muchas más cosechadoras de las que le corresponderían según la superficie sembrada. Esto puede deberse a que muchos agricultores se desplazaban a comarcas del sur, sobre todo a Andalucía, para cosechar los cereales, que allí maduraban antes, y además coincidía con una época en la que en Huesca había poco trabajo. En cuanto a los tractores, la provincia tiene un parque suficiente, quizá un poco superior a sus necesidades, y con una potencia similar a la nacional, lo que hace que de acuerdo con el índice de mecanización pueda decirse que la provincia de Huesca, en el periodo analizado, está bastante tractorizada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Desde estas líneas quiero mostrar mi agradecimiento al personal de la Cámara Agraria del Alto Aragón, tanto al presidente que autorizó este artículo, Esteban Andrés, y a sus sucesores en el cargo, Valero Casasnovas y Jesús

Escario, como a Eugenio Nadal y a Javier Marquina, por las facilidades prestadas para la consulta de las encuestas del archivo y, en muchos casos, para su interpretación. También mi agradecimiento a Javier Otazu Vidart, de Pamplona, por toda la ayuda prestada para el manejo correcto de las herramientas informáticas necesarias para llevar a buen fin la tarea propuesta. Finalmente, agradezco a Carmen Jarén Ceballos, catedrática de la Universidad Pública de Navarra, la lectura del borrador de este artículo y sus indicaciones sobre el mismo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANDA HEREDIA, E. (1955). Cien años de mecanización agrícola. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 283: 638-664.
- GARCÍA FERRANDO, M. (1977). *La innovación tecnológica y su difusión en la agricultura española*. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- INE (1964). *Primer censo agrario de España: 1962. Huesca (22)*. INE. Madrid.
- MÁRQUEZ, L. (1999). La mecanización agraria: 70 años de evolución (1929-1999). *Agricultura: Revista agropecuaria*, 806: 732-742.
- MÁRQUEZ, L. (2001). La mecanización agraria. En F. Javier Ayala Carcedo (coord.), *Historia de la tecnología en España*: vol. 1, pp. 173-182. Editorial Valatenea. Barcelona.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO (1932). *Anuario estadístico de España*. Madrid.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (1973). *Anuario de estadística agraria*. Madrid. 595 pp.
- PARDO, J. (1979). Parque y uso de tractores en España, 60 años de evolución (ayer y hoy de la tracción agrícola). *Agricultura: Revista agropecuaria*, 561: 15-26.
- RUIZ-ALTISENT, M., y J. GIL SIERRA (2000). La maquinaria agrícola en el siglo XX. *Phytoma*, 121: 49-53.
- SAN JUAN MESONADA, C. (1986). El capital real en la agricultura española. *Revista de Estudios Agro-sociales*, 137: 447-463.



## LAS RAPACES DIURNAS DEL CINCA MEDIO

Álvaro DURÓ-ORTIZ<sup>1</sup> | Ernesto PÉREZ-COLLAZOS<sup>2</sup>

**RESUMEN.**— Las aves son uno de los grupos de vertebrados más diversos del mundo, con alrededor de 10 000 especies. Las rapaces constituyen un grupo de aves que cazan presas para alimentarse, utilizando su pico y sus garras, y se distribuyen en aproximadamente 557 especies de seis familias a nivel mundial. En este artículo se ha estudiado la densidad, la diversidad y la riqueza de las rapaces de una zona de la comarca del Cinca Medio, en la provincia de Huesca. Este estudio ha encontrado y cartografiado cuatro agrosistemas diferentes: Secano, Huerta, Regadío de 50 años y Regadío de 130 años. Los índices de riqueza y de diversidad han establecido que los agrosistemas más diversos son Secano y Regadío de 50 años. Se han detectado un total de 1109 individuos de 17 especies de rapaces diurnas, con una clara dominancia del busardo ratonero (*Buteo buteo*), el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*) y el milano real (*Milvus milvus*). Al comparar estos resultados con los de hace treinta años se evidencia la disminución de la diversidad (3,12 en 1988, frente a 2,05 en 2018). La modificación de los sistemas agrícolas, las nuevas variedades de cultivo y la modernización de la maquinaria podrían ser los principales causantes de estos cambios.

**ABSTRACT.**— Birds are one of the most diverse vertebrate groups in the world, with around 10 000 species. Raptors are a group of birds that hunt

Recepción del original: 21-10-2019

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [alvaroduro85@gmail.com](mailto:alvaroduro85@gmail.com)

<sup>2</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. [ernextop@unizar.es](mailto:ernextop@unizar.es)

prey for food, using their beak and claws. They are distributed over approximately 557 species from six families worldwide. The density, diversity and richness of the raptors of an area of the Middle Cinca County in the province of Huesca were studied. The analysis has identified and mapped four different agrosystems: Secano, Huerta, 50-year Irrigation land and 130-year Irrigation land. Richness and diversity indices have shown that the most diverse agrosystems are Secano and 50-year Irrigation land. 1109 individuals of 17 species of diurnal raptors have been detected with a clear dominance of the buzzard (*Buteo buteo*), the lagoon eaglet (*Circus aeruginosus*) and the royal kite (*Milvus milvus*). Comparing these results with those of 30 years ago, the decrease in diversity is noticeable (3.12 in 1988, compared to 2.05 in 2018). Agricultural system developments, new crop varieties and modernization of machinery could be the main cause of these changes

**KEYWORDS.**— Agrosystem. Birds. Density. Diversity. Inventory. Itinerary. Richness. Cinca Medio (Huesca, Spain).

## INTRODUCCIÓN

Las aves son una clase de vertebrados con alrededor de 10 000 especies a nivel mundial provistos de una gran adaptabilidad, lo que les permite estar presentes en una gran cantidad de hábitats, por lo que constituyen un excelente grupo para evaluar la variación temporal y espacial de la diversidad biológica. Destaca la gran relevancia ecológica de este grupo, que desempeña complejos y diversos papeles en la dinámica y la funcionalidad de los ecosistemas. Las aves, en general, juegan un papel muy importante en la polinización y la dispersión de las semillas. Sus dietas son variadas: semillas, frutos, néctar, artrópodos, peces, anfibios, reptiles, mamíferos e incluso otras aves (RANGEL-SALAZAR y cols., 2014).

Las aves rapaces constituyen un grupo amenazado, ya que del total de las 557 especies reconocidas a nivel mundial el 18 % se halla en la categoría de “en peligro de extinción” y el 52 % presenta poblaciones en declive. Entre las principales amenazas se encuentran la alteración o la destrucción del hábitat, la muerte por disparos, el envenenamiento, la electrocución, la agricultura y la tala y la extracción de madera, así como el cambio climático. Además, se conocen otras amenazas indirectas como el envenenamiento por plomo o la intoxicación por pesticidas. En España la principal causa de muerte continúa siendo la modificación y la alteración del hábitat por

parte de la agricultura, junto con los envenenamientos y las muertes por colisión (McCLURE y cols., 2018).

Los primeros inventarios y la cartografía de avifauna de la zona del Cinca Medio se remontan a 1986, cuando Gómez y Nadal realizaron un primer mapa de nidificación en la comarca. Dos años después, Ignacio Duró y Jesús Lavedán redactaron un proyecto titulado *Densidad, hábitat y productividad de las rapaces nidificantes en el Bajo Cinca durante 1988* (DURÓ y LAVEDÁN, 1988). En ese trabajo se estudió la densidad, el hábitat y la productividad de las rapaces diurnas en una zona del Bajo Cinca y el Cinca Medio, además de aportar datos sobre determinadas especies nocturnas. A día de hoy, en la comarca del Cinca Medio, estos han sido los únicos trabajos de este tipo realizados.

La avifauna presente en el Cinca Medio se encuentra condicionada por las características geográficas del territorio, como son el clima, la tierra, el agua y la vegetación, todas ellas unidas a la mano del hombre. Se pueden hallar rapaces catalogadas como altamente sensibles a la alteración del hábitat, como el aguilucho pálido, el cernícalo primilla y el milano real, y otras vulnerables, como el aguilucho cenizo y el alimoche. En los bosques podemos encontrar rapaces como el azor, un ave de vuelo rápido y acrobático adaptado a zonas con gran densidad de vegetación (CASTILLO, 2002). Con un tamaño algo menor, también se identifica en este mismo hábitat el gavián común, a quien, aunque presenta poblaciones sedentarias, en invierno se le unen las procedentes del norte de Europa (CASTILLO, 2002). En cuanto a las rapaces estivales, el águila culebrera ocupa bosques de coníferas (DURÓ y LAVEDÁN, 1998) y el águila calzada comparte nicho con el águila culebrera, aunque prefiere las zonas colindantes con los campos de cultivo. El alcotán habita en masas arbóreas y orlas circundantes, donde encuentra a sus presas y las caza en pleno vuelo.

Entre las rapaces de hábitos nocturnos y crepusculares, encontramos el búho chico y el cárabo. A estos los acompaña el autillo, un ave estival de pequeño tamaño que se alimenta principalmente de insectos (DURÓ y LAVEDÁN, 1998). El búho real, la más grande de las rapaces nocturnas, es capaz de ocupar una gran diversidad de nichos en diferentes hábitats, desde bosques hasta roquedos. La lechuza suele habitar en zonas abiertas y semiarboladas, pero también encontrarse cerca de los asentamientos humanos.

Las poblaciones de todas ellas, debido a la pérdida de hábitat como consecuencia del desarrollo de la agricultura intensiva y la destrucción de medios como los carrascales, se encuentran en peligro (CASTILLO, 2002).

Tal y como indican DURÓ y LAVEDÁN (1998), la información en este tema suele ser escasa y la mayoría de las veces relativa a una única especie. Por lo tanto, los objetivos de esta investigación fueron los siguientes: *i*) elaborar un inventario de rapaces de la zona de estudio (2018-2019); *ii*) estimar la densidad, la diversidad, la riqueza y la equitatividad de las rapaces; *iii*) describir el hábitat de las rapaces de la zona de estudio, y *iv*) comparar las densidades obtenidas y la ocupación de hábitat respecto a los datos de hace treinta años.

## MATERIAL Y MÉTODOS

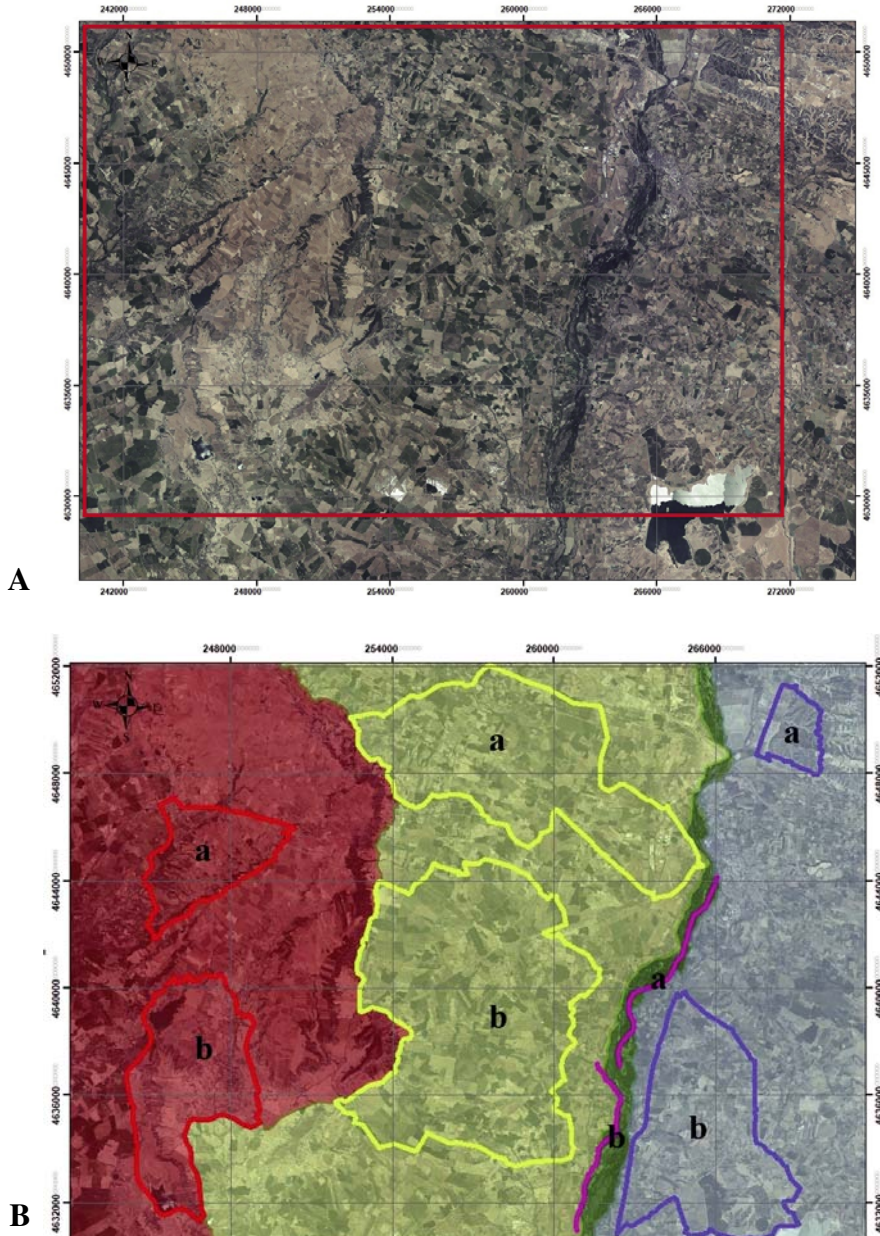
### *Área de estudio*

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Huesca (fig. 1A), concretamente dentro de la comarca del Cinca Medio, aunque incluyendo en menor medida las comarcas de Los Monegros, La Litera y el Somontano (DURÓ y LAVEDÁN, 1988). Se encuentra situada entre los cuatro vértices 465-740, 463-740, 465-270, 463-270, que albergan una superficie total de 600 km<sup>2</sup>, y está delimitada por seis cuadrículas obtenidas a partir de los antiguos mapas del Ejército.

Durante doce meses (marzo de 2018 – marzo de 2019) se tomaron datos, obtenidos tras la realización de 8 itinerarios estacionales, es decir, que se repitieron en las cuatro estaciones del año, abarcando de esta forma los periodos de migración de las aves. Los inventarios se realizaron en cuatro agrosistemas: Huerta, Secano, Regadío de 50 años y Regadío de 130 años, que se corresponden con las comarcas agrarias de Los Monegros, Cinca Medio, La Litera y el Somontano, y que abarcan la población industrial de Monzón y 19 núcleos urbanos. Estos son Castejón del Puente, Almunia de San Juan, Selgua, Conchel, Pomar, Pueyo de Santa Cruz, Alfántega, Binaced, Estiche, Berbegal, Ilche, Morilla, La Masadera, Monesma, Lagunarrota, Peralta de Alcofea, Lastanosa, Sariñena y El Tormillo.

Se realizaron 2 itinerarios por cada agrosistema identificado (fig. 1B), de los que *a* fue el primer itinerario dentro de ese agrosistema y *b* el segundo





**Fig. 1.** A) Mapa de la zona de estudio. El rectángulo rojo delimita el área estudiada. Escala 1 : 130 000. B) Diferenciación de los cuatro agrosistemas: Secano (rojo), Regadío de 50 años (amarillo), Huerta (verde) y Regadío de 130 años (azul). Además, se muestran los itinerarios realizados en cada uno de ellos diferenciándolos con las letras *a* y *b*.

itinerario dentro del mismo agrosistema, y que se repitieron en primavera, verano, otoño e invierno. Estos itinerarios se recorrieron en vehículo a baja velocidad o caminando, dependiendo de si existía acceso para ellos o no. Por ejemplo, a la ribera del Cinca es imposible acceder en vehículo, por lo que el inventario se realizó caminando. En cambio, recorrer caminando las llanuras cerealistas de Selgua y Castelflorite, debido a su gran extensión, habría supuesto una gran inversión de tiempo, por lo que se realizó en coche a una velocidad media de 30 km/h, siguiendo la metodología de DURÓ y LAVEDÁN (1988). A lo largo de cada itinerario se anotaron las aves avistadas a una distancia de hasta 250 metros. De esta forma se calculó el índice kilométrico de abundancia relacionando el número de individuos avistados con la distancia recorrida, con lo que se obtiene un resultado expresado en individuos/km.

Los 8 itinerarios se realizaron desde las 7:30 h de la mañana hasta las 12:00 h del mediodía. Del total de 32 salidas, en 5 de ellas predominó un cielo cubierto con presencia de precipitaciones, y en 6, niebla. El resto se efectuó con el cielo despejado y un tiempo soleado.

Con el fin de determinar la densidad, la diversidad, la riqueza y la equitatividad de las rapaces de la zona de estudio (2018-2019) se emplearon los siguientes índices: *i*) riqueza de especies ( $S$ ): número de especies de una comunidad o un área geográfica determinada; *ii*) índice de Margalef ( $Dmg$ ): determina la riqueza de especies teniendo en cuenta el tamaño de la muestra; *iii*) índice de Shannon–Wiener ( $H$ ): determina la diversidad de los individuos muestreados representados en una comunidad en la muestra; *iv*) equitatividad ( $E$ ): indica lo parecidas que son las proporciones de diferentes especies de una comunidad, y viene dada por la fórmula  $E = N/n1$ , donde  $N$  = tamaño de la muestra y  $n1$  = número de individuos de la especie más abundante. La densidad se calculó mediante la metodología empleada en los trabajos de LLAMAS y cols. (1987), MUNTANER y MAYOL (1994) y DURÓ y LAVEDÁN (1988). En este trabajo los datos del índice de abundancia por kilómetro se expresaron en individuos/km.

Todos los índices anteriormente citados fueron calculados para las cuatro estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno), además de para el conjunto de datos global.

## RESULTADOS

### Primavera

Durante la primavera se avistaron un total de 138 individuos de 12 especies de rapaces diferentes, de las cuales las más comunes fueron el milano negro (*Milvus migrans*), el busardo ratonero (*Buteo buteo*) y el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), con un total de 36, 26 y 24 individuos, respectivamente (anexo 1). Dado que fueron las especies más abundantes, presentaban un índice de abundancia por kilómetro mayor (anexo 1). Algunas especies como el busardo ratonero (*Buteo buteo*), el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), el cernícalo común (*Falco tinnunculus*) y el milano negro (*Milvus migrans*) se avistaron en los cuatro agrosistemas. Mientras que el aguilucho cenizo (*Circus cyaneus*) y el águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) únicamente se encontraron en Secano, y el aguilucho pálido (*Circus pygargus*) y el esmerejón (*Falco columbarius*) solamente en el agrosistema Regadío de 50 años (anexo 1).

En primavera los valores más altos de riqueza de especies se detectaron en el agrosistema de Secano ( $S = 6,50$ ,  $Dmg = 2,52$ ), seguido de Regadío de 50 años ( $S = 5,00$ ,  $Dmg = 1,57$ ), y el de riqueza más baja, Regadío de 130 años ( $S = 4,00$ ,  $Dmg = 0,96$ ; tabla 1). La diversidad fue superior en el agrosistema Huerta ( $H = 1,14$ ), mientras que Secano presentó el valor más bajo ( $H = 0,37$ ). Sin embargo, la equitatividad fue más baja en Huerta ( $E = 1,66$ ) y más alta en Secano ( $E = 3,60$ ; tabla 1).

**Tabla 1.** Medias y desviaciones estándar de los agrosistemas Huerta, Regadío de 50 años, Regadío de 130 años y Secano para la estación de primavera.

	Media Huerta	Media Regadío de 50 años	Media Regadío de 130 años	Media Secano
Riqueza ( $S$ )	4,50 ± 2,12	5,00 ± 1,41	4,00 ± 2,82	6,50 ± 3,53
Índice de Margalef ( $Dmg$ )	1,26 ± 0,43	1,97 ± 0,51	0,96 ± 0,48	2,52 ± 0,50
Índice de Shannon – Wiener ( $H$ )	1,14 ± 0,12	0,65 ± 0,53	1,01 ± 0,06	0,37 ± 0,17
Equitatividad ( $E$ )	1,66 ± 0,47	3,13 ± 0,74	2,74 ± 1,53	3,6 ± 0,56

### Verano

Al igual que en la estación de primavera, las especies más avistadas fueron el milano negro (*Milvus migrans*), el busardo ratonero (*Buteo buteo*) y el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), con valores de 45, 22 y 21 individuos avistados, respectivamente (anexo II). El número de especies avistadas fue de 12, con un total de 128 individuos. Solamente el busardo ratonero (*Buteo buteo*) se detectó en todos los agrosistemas definidos. El águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) y el alimoche (*Neophron percnopterus*) se avistaron únicamente en el agrosistema Secano y presentaban los valores IKA más bajos de todos los resultados obtenidos (anexo II). El cernícalo primilla (*Falco naumanni*) fue visto en el agrosistema Regadío de 50 años.

Los valores de riqueza más altos durante el verano se encontraron en el agrosistema Regadío de 50 años ( $S = 7,50$ ,  $Dmg = 1,89$ ) y Secano ( $S = 5,00$ ,  $Dmg = 2,13$ ). El agrosistema con valores más bajos en riqueza correspondió a Regadío de 130 años ( $S = 2,00$ ,  $Dmg = 0,45$ ; tabla II). De la misma manera que ocurría con los valores de riqueza, los valores más altos de diversidad fueron los correspondientes a los agrosistemas anteriormente nombrados, destacando Regadío de 50 años, con valores de  $H = 2,63$ . El agrosistema Huerta presentó valores más bajos de diversidad ( $H = 0,31$ ; tabla II). La equitatividad siguió el mismo patrón, más alta en Regadío de 50 años ( $E = 3,52$ ; tabla II).

**Tabla II.** Medias y desviaciones estándar de los agrosistemas Huerta, Regadío de 50 años, Regadío de 130 años y Secano para la estación de verano.

	Media Huerta	Media Regadío de 50 años	Media Regadío de 130 años	Media Secano
Riqueza ( $S$ )	$2,00 \pm 0,00$	$7,50 \pm 0,70$	$2,00 \pm 2,82$	$5,00 \pm 2,82$
Índice de Margalef ( $Dmg$ )	$0,88 \pm 0,79$	$1,89 \pm 0,12$	$0,45 \pm 0,64$	$2,13 \pm 0,38$
Índice de Shannon – Wiener ( $H$ )	$0,31 \pm 0,26$	$2,63 \pm 0,24$	$0,87 \pm 1,23$	$2,05 \pm 0,74$
Equitatividad ( $E$ )	$1,55 \pm 0,63$	$3,52 \pm 1,02$	$0,96 \pm 1,35$	$2,75 \pm 0,35$

### Otoño

Durante el otoño se avistaron 248 individuos de 9 especies diferentes. Las especies más abundantes fueron las mismas que durante primavera y verano, junto con el cernícalo común (*Falco tinnunculus*). Los valores IKA más altos aparecieron en los agrosistemas dedicados al regadío para las especies anteriormente comentadas (anexo III). Las especies encontradas en los cuatro agrosistemas fueron el busardo ratonero (*Buteo buteo*), el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*) y el milano real (*Milvus milvus*). Las especies que únicamente se hallaron en un agrosistema (Secano) fueron el águila real (*Aquila chrysaetos*) y el buitre leonado (*Gyps fulvus*) (anexo III).

Tal y como sucede en verano, en otoño los agrosistemas con valores más altos de riqueza de especies fueron Regadío de 50 años y Secano, ambos con valores medios de  $S$  de 5,50 y con valores de  $Dmg$  de 1,31 y 1,44, respectivamente. Huerta continuó siendo el agrosistema con menor riqueza en comparación con el resto, con valores de riqueza de 2,50 y  $Dmg$  de 0,87 (tabla III). Siguiendo este patrón, la diversidad y la equitatividad fueron mayores en los agrosistemas Regadío de 50 años y Secano, con valores muy similares: 1,97 y 1,86 para  $H$  y 2,57 y 2,48 para  $E$ , respectivamente. Huerta presentó los valores más bajos en diversidad ( $H = 0,87$ ), y Regadío de 130 años, los más bajos de equitatividad ( $E = 1,54$ ; tabla III).

**Tabla III.** Medias y desviaciones estándar de los agrosistemas Huerta, Regadío de 50 años, Regadío de 130 años y Secano para la estación de otoño.

	Media Huerta	Media Regadío de 50 años	Media Regadío de 130 años	Media Secano
Riqueza ( $S$ )	2,50 ± 0,70	5,50 ± 0,70	4,00 ± 0,00	5,50 ± 0,70
Índice de Margalef ( $Dmg$ )	0,87 ± 0,21	1,31 ± 0,18	0,95 ± 0,41	1,44 ± 0,09
Índice de Shannon – Wiener ( $H$ )	0,87 ± 0,79	1,97 ± 0,06	1,33 ± 0,38	1,86 ± 0,44
Equitatividad ( $E$ )	1,83 ± 0,70	2,57 ± 0,12	1,54 ± 0,40	2,48 ± 1,44

### Invierno

Se avistaron un total de 595 individuos de 10 especies diferentes. Destaca, por encima del de cualquier otra especie, el número de milanos reales, con un total de 412 individuos, la mayoría de ellos en el agrosistema Regadío de 50 años, que muestran un valor IKA muy elevado de 3,80 (anexo IV). El aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), el busardo ratonero (*Buteo buteo*) y el cernícalo común (*Falco tinnunculus*) también presentaron números de individuos altos. Los valores IKA menores se corresponden con el agrosistema Regadío de 50 años y pertenecen a las especies azor (*Accipiter gentilis*) y aguilucho cenizo (*Circus cyaneus*) (anexo IV). Cuatro especies se detectaron en los cuatro agrosistemas (*Buteo buteo*, *Circus aeruginosus*, *Falco tinnunculus* y *Milvus milvus*). El esmerejón (*Falco columbarius*) únicamente lo fue en el agrosistema Regadío de 50 años, y el buitre leonado (*Gyps fulvus*), en el agrosistema Regadío de 130 años (anexo IV).

En invierno tanto los índices de riqueza como los de diversidad fueron relativamente similares entre los distintos agrosistemas (tabla IV). En cuanto a riqueza, es el agrosistema Regadío de 50 años el que presenta un mayor número de especies avistadas ( $S = 7,00$ ). Sin embargo, es el agrosistema Huerta el que tiene un índice Dmg más alto ( $Dmg = 1,46$ ). La diversidad es más alta en los agrosistemas Regadío de 130 años ( $H = 1,98$ ) y Secano ( $H = 1,95$ ). Por otra parte, la equitatividad más alta se encontró en Huerta ( $E = 2,37$ ), seguida de Regadío de 130 años ( $H = 2,34$ ; tabla IV).

**Tabla IV.** Medias y desviaciones estándar de los agrosistemas Huerta, Regadío de 50 años, Regadío de 130 años y Secano para la estación de invierno.

	Media Huerta	Media Regadío de 50 años	Media Regadío de 130 años	Media Secano
Riqueza ( $S$ )	4,00 ± 0,00	7,00 ± 1,41	5,00 ± 0,00	5,50 ± 2,12
Índice de Margalef ( $Dmg$ )	1,46 ± 0,29	1,15 ± 0,02	1,23 ± 0,24	1,44 ± 0,58
Índice de Shannon – Wiener ( $H$ )	1,80 ± 0,02	1,46 ± 0,86	1,98 ± 0,27	1,95 ± 0,19
Equitatividad ( $E$ )	2,37 ± 0,53	2,15 ± 1,40	2,34 ± 0,68	2,08 ± 0,23



### Las cuatro estaciones

El número de especies detectadas fue de 17, con un total de 1109 individuos. Cabe destacar el gran número de individuos de la especie *Milvus milvus*, con 547 avistamientos, casi la mitad de los datos totales (tabla v). Otras especies abundantes fueron el busardo ratonero (*Buteo buteo*), el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*) y el cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*), que aparecían en 27, 20 y 20 itinerarios, respectivamente, de los 32 realizados. Estas especies coinciden con los valores IKA más altos: 0,600 para *Milvus milvus*, 0,164 para *Buteo buteo*, 0,154 para *Circus aeruginosus* y 0,104 para *Falco tinnunculus*. Por otra parte, los que presentan valores IKA más bajos son *Neophron percnopterus* con 0,001, *Hieraaetus pennatus* con 0,003 y *Falco naumanni* y *Circus pygargus* con 0,004 (tabla v).

**Tabla v.** Número de individuos avistados de cada especie durante todo el estudio (mayo de 2018 – mayo de 2019), número de itinerarios en los que fueron avistados e índice de abundancia por kilómetro teniendo en cuenta la suma de los kilómetros recorridos en cada estación (910,4 km).

	Total de individuos avistados	Número de itinerarios en los que se ha avistado	Índice de abundancia por kilómetro (IKA) (ind./km)
<i>Accipiter gentilis</i>	7	7	0,007
<i>Accipiter nisus</i>	5	4	0,005
<i>Aquila chrysaetos</i>	6	4	0,006
<i>Buteo buteo</i>	150	27	0,164
<i>Circaetus gallicus</i>	6	5	0,006
<i>Circus aeruginosus</i>	141	20	0,154
<i>Circus cyaneus</i>	5	5	0,005
<i>Circus pygargus</i>	4	3	0,004
<i>Falco columbarius</i>	5	5	0,005
<i>Falco naumanni</i>	4	1	0,004
<i>Falco subbuteo</i>	6	2	0,006
<i>Falco tinnunculus</i>	95	20	0,104
<i>Gyps fulvus</i>	43	7	0,047
<i>Hieraaetus pennatus</i>	3	3	0,003
<i>Milvus milvus</i>	547	19	0,600
<i>Milvus migrans</i>	81	11	0,088
<i>Neophron percnopterus</i>	1	1	0,001

Los valores totales de los índices de diversidad muestran un total de 17 especies, con valores de  $Dmg = 2,28$ ,  $H = 2,39$  y  $E = 2,02$  para los índices de Margalef, Shannon – Wiener y equitatividad, respectivamente.

## DISCUSIÓN

### *Las rapaces del área de estudio*

Los resultados indican una gran disparidad en el número de individuos de las diferentes especies avistadas. Seis de las 17 especies presentan más de 80 individuos, mientras que las 11 restantes no superan los 7 individuos en total (tabla v). Las especies con mayor número de ejemplares por lo general son especies sedentarias con poblaciones más o menos estables pero que, en determinadas épocas del año, reciben ejemplares de otros países. Este sería el caso de especies como el busardo ratonero (*Buteo buteo*), el cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*) o el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), que en invierno a la población autóctona se le suman aves del norte y centro de Europa (MOLINA y MARTÍNEZ, 2008). Estas variaciones en el número de individuos pueden observarse en las tablas I, II, III y IV, correspondientes a cada estación del año.

El busardo ratonero (*Buteo buteo*) es una de las falconiformes más abundantes de Europa. Destacan sobre todo las poblaciones de Alemania, Francia, Polonia y Rusia. En España se considera el ave rapaz más abundante, con densidades de 0,5 parejas / 10 km<sup>2</sup> en zonas del norte de la Península. Sobre todo en Aragón y en Cataluña las densidades más altas se encuentran en mosaicos submediterráneos, con valores de hasta 0,4 parejas/km<sup>2</sup>. Estos valores (0,025 individuos/km<sup>2</sup>; TAPIA, 2016) son inferiores a los obtenidos en este estudio, con una densidad de 0,164 individuos/km (tabla v), debido probablemente a que Aragón es la quinta comunidad autónoma con mayor territorio ocupado por esta ave por detrás de Castilla y León, Andalucía, Castilla – La Mancha y Extremadura (TAPIA, 2016). La alta densidad de esta rapaz en la zona de estudio recalca la importancia de conservar este espacio.

En cuanto al cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*), en Europa están citadas entre 282 000 y 300 000 parejas, mientras que en España hay entre 20 000 y 24 000 (FERGUSON-LEES y CHRISTE, 2004). Si se tienen en cuenta los datos



del *Atlas español*, se detecta una tendencia a la baja de la población de esta especie, pero la ausencia de datos específicos para la misma hace difícil cuantificar y evaluar la tendencia real. Sin embargo, en algunas regiones, como por ejemplo Aragón, los autores no detectan esta tendencia y describen mayor abundancia en invernada que en reproducción (SAMPIETRO y cols., 2000). Esta tendencia también ha sido observada en este trabajo; durante la época invernal se encontró un mayor número de individuos en la zona de estudio, aumentando su densidad en valores de hasta 0,211 individuos/km (anexo IV), mientras que en la época de cría los valores más altos muestran una densidad de 0,106 individuos/km (anexo III).

Los datos más recientes referentes al aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), posteriores al primer censo nacional en 1990, muestran una población mínima de 817-851 parejas reproductoras en España (MOLINA y MARTÍNEZ, 2008). Dieciséis años después, esta población ha aumentado hasta las 1149-1494 parejas reproductoras. Andalucía es la comunidad autónoma con mejores poblaciones, en torno a las 187-207 parejas, mientras que en el resto los datos de los que se dispone no son recientes. En Aragón se citaron en 1994 un total de 69 parejas. Actualmente existen censos parciales que permiten mostrar una recuperación en las poblaciones nidificantes de esta especie. En algunas comunidades autónomas como Andalucía, Navarra o La Rioja se habla de hasta más del 50 % (MOLINA y MARTÍNEZ, 2008). En el área de estudio se ha observado un notable aumento de las poblaciones de esta ave con el paso del tiempo. Cada vez son más los ejemplares que pasan el invierno en la zona; es la tercera rapaz más observada, con una densidad de 0,154 individuos/km (tabla v).

Cabe destacar el alto número de milanos reales (*Milvus milvus*), que fueron avistados en su gran mayoría en otoño e invierno. Aunque es un ave estival, en gran parte de la Península se comporta como residente (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2007). A esta población reproductora se le une un importantísimo contingente de individuos procedentes del resto de países europeos, sobre todo de Alemania y de Francia. Estos permanecen aquí durante las épocas frías y al subir las temperaturas emigran a África tropical (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2007). La población europea de la especie se estima entre 19 000 y 25 000 parejas (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2007). En España se contabilizaron alrededor de 3800 parejas reproductoras; sin embargo,

actualmente se ha estimado una población nidificante que no supera los 3000 individuos (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2007). En Aragón no existen censos suficientemente precisos de esta especie, pero durante el invierno de 1993 se llevó a cabo un estudio de los dormideros de las provincias de Zaragoza y Huesca en el que se obtuvo un total de 2053 ejemplares, de los cuales 970 se encontraban en Huesca y 883 en Zaragoza. En este estudio el milano real fue el ave más avistada y con la mayor densidad obtenida, de 0,600 individuos/km (tabla v). Aunque no está presente durante todo el año, supera con creces a la población del busardo ratonero. Sin embargo, se trataría de una población migrante y no residente en la zona. La última revisión, realizada para la elaboración del *Libro rojo de las aves de España*, ha supuesto la inclusión del milano real en la categoría “En peligro” la máxima de amenaza (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2007).

De igual manera, el milano negro (*Milvus migrans*) es un ave estival de paso cuyos individuos reproductores invernan en África (SEO, 2018a). La Sociedad Ornitológica Española, junto con varios técnicos encargados de llevar el seguimiento del milano negro, contabilizaron durante el año 2018 un total de 21 999 ejemplares que atravesaban los puertos del Somport y Portalet (SEO, 2018a). Esta migración hacia territorios más cálidos en estas épocas del año como son otoño e invierno puede apreciarse en los anexos III y IV, dado que no se ha contabilizado ningún individuo de esta especie en esos periodos. No existen estimaciones fiables recientes de amplias áreas, por lo que en general se desconoce el tamaño de la población española (BLANCO y VIÑUELA, 2003). Hacia 1989 se estimaba una población de alrededor de 9000 parejas residentes, con las mejores densidades en Extremadura, Castilla y León y Aragón. Actualmente, es posible que la población reproductora esté sobreestimándose en algunas áreas debido a la inclusión de individuos no reproductores procedentes de Centroeuropa. Sin embargo, hay que destacar el gran declive que ha sufrido esta especie con el paso de los años, ya que estudios realizados en 1977 estimaron la población reproductora en más de 25 000 parejas (BLANCO y VIÑUELA, 2003). Nuestro estudio no ha logrado determinar ejemplares residentes de esta especie en el área de estudio, lo que apoyaría la teoría de los autores anteriormente mencionados. En las épocas de primavera y verano se detectó la llegada de migrantes procedentes de Centroeuropa, pero hasta la fecha ninguno ha llegado a nidificar en la zona (DURÓ y LAVEDÁN, 2019; comentario personal).

En cuanto al resto de las especies, los valores del número de individuos oscilan entre 1 y 7 ejemplares. Se trata de especies menos generalistas y que no se conforman con cualquier tipo de hábitat, ya que requieren de unas condiciones mínimas. Algunas de ellas son difíciles de observar, como el alcotán y el esmerejón. La población española de alcotán (*Falco subbuteo*) se estima en 2300-3000 parejas (MADROÑO y cols., 2004). Debido a las características de esta especie (rapaz forestal de pequeño tamaño, que se reproduce tardíamente, con fluctuaciones poblacionales importantes en años consecutivos y que puede pasar inadvertida si no se aplica una metodología de censo apropiada), la estimación mostrada únicamente puede ser una simple aproximación (MADROÑO y cols., 2004). La mitad norte de España alberga más del 80 % de esta población, con las mayores cantidades en Castilla y León, Galicia, Aragón (11 %), Cataluña y Navarra. Actualmente no se conoce la tendencia poblacional de esta especie, ya que varía según el lugar y el autor. Además, debido al comportamiento de la especie y a las metodologías empleadas, únicamente pueden hacerse estimaciones (MARTÍ y MORAL, 2003). En nuestro estudio, esta especie únicamente se avistó durante la estación de verano, en la que se observó un total de 6 ejemplares (tabla v). Según las estimaciones anteriormente comentadas, la población aragonesa debería presentar un total de 308 ejemplares; por lo tanto, dado que únicamente se avistaron 3 parejas, se trataría de un valor bajo en la zona de estudio.

La población invernante de esmerejón (*Falco columbarius*) no está cuantificada en España. Sin embargo, los datos mostrados en las bases para la elaboración del plan de gestión de las rapaces de medios abiertos incluidas en el catálogo vasco de especies amenazadas aseguran que es un ave poco común y que únicamente unos pocos miles de ejemplares pasan el invierno (JUANA y cols., 1988). Durante los itinerarios solo se avistaron 6 y 5 individuos de estas especies, respectivamente. Sin embargo, se sabe de la presencia de más individuos en la zona de estudio. Las características de ambas especies, que son más pequeñas que el resto de las rapaces estudiadas y con las técnicas de vuelo a alta velocidad y a muy baja altura, hacen que sean difíciles de ver. Algo similar ocurre con el gavilán, un ave que necesita grandes masas boscosas para poder nidificar y que tiene una alimentación ornitófaga. Solamente se avistaron 5 ejemplares durante el desarrollo de los 32 itinerarios, todos ellos en invierno, pero se sabe de la

presencia de más individuos, ya que en otras salidas ajenas a este trabajo se ha llegado a observar un número superior de individuos dentro del área de estudio. La población peninsular de esta especie se estima entre 6000 y 10 000 parejas, de las que las poblaciones más numerosas se encuentran en Galicia, Castilla y León y Cantabria (BARONE y ATIENZA, 2004). En la década de los ochenta se registró un descenso poblacional muy acusado que hasta hace diez años aún era moderado. Actualmente se cree que está en crecimiento, en parte por la expansión de la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*) y la tórtola doméstica (*Streptopelia risoria*) (BARONE y ATIENZA, 2004).

Para la interpretación de los resultados de este trabajo hay que tener en cuenta que fueron tomados siguiendo una metodología basada en itinerarios realizados de forma periódica en una misma zona, por lo que un mismo ejemplar pudo ser anotado en varias estaciones del año, varios itinerarios o incluso en el mismo itinerario. Este podría ser el caso de los individuos de las especies águila real (*Aquila chrysaetos*), aguilucho cenizo (*Circus cyaneus*) y cernícalo primilla (*Falco naumanni*). En el caso de las águilas, son individuos que llevan varios años asentados en la misma zona y nidifican y se reproducen en el mismo lugar año tras año, por lo que es común observarlas. Los datos globales más recientes sobre el tamaño de la población española de águila real (*Aquila chrysaetos*) corresponden al año 2008, en el que se estimaba un total de 1553-1769 parejas (ARROYO, 2017). Andalucía tiene el mayor número de parejas (329), seguida de Aragón (300). Es una especie que en una situación ideal se distribuye regularmente, lo que se interpreta como un mecanismo que permite a las especies de comportamiento territorial maximizar la distancia al individuo más próximo. Normalmente esta distancia suele estar influenciada por la distribución del alimento, los lugares de nidificación, la persecución o las relaciones interespecíficas (ARROYO, 2017). Estos resultados son congruentes con los nuestros, en los que únicamente se encontraron 3 parejas en todo el territorio prospectado, que resulta un valor de 0,33 parejas por cada 100 kilómetros recorridos, lo que favorece la teoría del comportamiento territorial que presenta esta especie. En comparación con los datos nacionales y autonómicos, se trata de un valor bajo.

El cernícalo primilla (*Falco naumanni*) se detectó en un punto concreto del área de estudio. En 1988 Duró y Lavedán encontraron una colonia en

una antigua masía situada entre las poblaciones de Castelflorite y Santalecina, en el municipio de San Miguel de Cinca. Actualmente esa masía ha sido restaurada y acondicionada por medio del Decreto 233/2010, de 14 de diciembre, del Gobierno de Aragón y forma parte de un proyecto LIFE para la conservación del hábitat de esta especie (BOA, 2010). De acuerdo con el *Libro rojo de las aves de España* la población europea se estima entre 21 000 y 33 000 parejas reproductoras, de las que en España hay más del 50 % (BOA, 2010). En Aragón se ha hecho un seguimiento sistemático de la población desde 1986, y esta se ha incrementado en las últimas décadas. Su evolución ha ido desde las 80-100 parejas en 1988 hasta las 1065 en 2004, aumentando además su área de distribución. Este incremento se ha debido en parte a los planes de conservación de su hábitat y a proyectos LIFE basados en la restauración de viejas masías, como es este caso (BOA, 2010). Estos datos no son coincidentes con nuestros resultados, ya que en comparación con los valores obtenidos en 1988 ha habido un descenso de la población. Sin embargo, durante el periodo que comprende 2012-2015, la población de esta especie en la zona de estudio triplicó la observada en 1988. Llegaron a verse más de 15 parejas en la misma masía, y en la actualidad únicamente han aparecido 2, lo que resulta en un valor de 0,22 parejas por cada 100 kilómetros prospectados. Por lo tanto, serían necesarios estudios anuales para poder establecer una tendencia poblacional de la especie.

El aguilucho cenizo (*Circus cyaneus*) es un ave que en ocasiones emplea campos de cereal para nidificar. La mecanización de la agricultura actual ha provocado que en alguna ocasión los nidos sean destruidos por las cosechadoras o que queden expuestos a depredadores (MARTÍNEZ y cols., 2003). Además, la viabilidad a largo plazo de las poblaciones también depende de factores aleatorios como las oscilaciones interanuales del éxito reproductor, la razón de sexos de los pollos o las tasas de endogamia (MARTÍNEZ y cols., 2003). Se estima que en el territorio nacional, excluyendo las comunidades de Aragón, Navarra y La Coruña, hay un total de 4393-5493 parejas (SEO, 2018b), con un descenso poblacional de en torno al 19-23 % respecto al año 2006. Esta disminución también es notable en la zona de estudio, en la que las parejas disminuyeron. Únicamente se identificaron 3 parejas, es decir, 0,33 parejas por cada 100 kilómetros. Parece existir cierta tendencia a la progresiva sustitución de hábitats de cría naturales por

cerealistas, por lo que las acciones sobre este medio en el sur de Europa parecen trascendentales para su conservación a medio y largo plazo (ARROYO y GARCÍA, 2007).

En general, el área de estudio sería una zona con una riqueza y diversidad media–baja. Presenta valores de 2,28 para el índice de Margalef y 2,39 para el índice de Shannon–Wiener. Para poder considerarla como zona con diversidad alta debería presentar valores superiores a 5,00 en el índice de Margalef y superiores a 3,00 en el índice de Shannon–Wiener. Se trata de un resultado esperado, si se tienen en cuenta los cambios que está teniendo el entorno. El factor humano es de gran importancia y es el principal causante de la disminución de los valores de diversidad y de equitatividad. Esto provoca que las preferencias de las aves por determinados lugares cambien y escojan zonas con menos influencia humana o menos antropizadas.

### *Comparativa 1988 vs. 2018*

En el año 1988 el estudio se realizó en el periodo que comprende los meses de febrero, marzo, abril y mayo (DURÓ y LAVEDÁN, 1998). Se llevaron a cabo 12 salidas diferentes, con un recorrido total de 905 kilómetros. A lo largo de estas salidas se anotaron todos y cada uno de los ejemplares de aves rapaces diurnas que se observaban. En 2018 el estudio abarcó el periodo comprendido por los meses de invierno y primavera, es decir, desde diciembre hasta junio. En este caso se realizaron un total de 16 salidas, recorriendo 455,2 kilómetros.

Tanto en 1988 como en 2018 la especie dominante es el busardo ratonero (*Buteo buteo*). En el año 1988 mostró una densidad de 0,068 individuos por kilómetro, habiéndose avistado en 10 de los 12 itinerarios realizados, con un total de 62 individuos. En el año 2018 mostró una densidad de 0,191 individuos por kilómetro, con un total de 87 ejemplares avistados en la totalidad de los itinerarios ejecutados. Sin embargo, en ambas épocas hay una especie que presenta mayor densidad que el ratonero, el alcotán (*Falco subbuteo*) en 1988 y el milano real (*Milvus milvus*) en 2018. Estos mostraron valores de 0,070 y 0,942 individuos por kilómetro, respectivamente. Resulta interesante la gran población de ejemplares de *Falco subbuteo* hace treinta años, mientras que no se vio ninguno durante la realización de este estudio.

La ejecución de itinerarios tres veces más largos, ya que únicamente se vieron en un tercio del total de los recorridos, y los factores que intervienen en la época de migración de estas aves pueden ser los causantes de esta gran disparidad. Durante la toma de datos en 2018, en la estación de primavera aún no se habían observado ejemplares de esta especie, mientras que en verano sí. Esto puede indicar que la llegada de contingentes de esta especie a la zona de estudio se ha retrasado con respecto a hace treinta años.

El cernícalo primilla (*Falco tinnunculus*) fue visto únicamente en la colonia identificada en una antigua masía posteriormente reformada y acondicionada en ambos periodos. En 1988 se observaron 14 ejemplares, los cuales llegaron en primavera y ya pudieron ser anotados durante el mes de mayo. Sin embargo, durante la primavera de 2018 no fue posible encontrarlos a pesar de conocer el lugar exacto donde se hallaban, lo que sugiere que todavía no habían llegado. Esta llegada tardía por parte de las especies estivales también puede observarse en el caso del alimoche (*Neophron percnopterus*). Durante la primavera de 1988 apareció en un total de 5 itinerarios, con 22 ejemplares avistados, mientras que treinta años después no se vio hasta el verano. Además, al igual que se ha comentado anteriormente con otras especies, se sabe de la presencia de varias parejas en la zona de estudio que no fueron anotadas durante los muestreos, ya que no fue posible observarlas.

Solamente hay una especie que se avistó en 1988 pero no en 2018. Se trata del halcón peregrino (*Falco peregrinus*). En 1988 se sabía de la presencia de una pareja en uno de los recorridos realizados (DURÓ y LAVEDÁN, 1998). En 2018 esa pareja había desaparecido y se desconocía la presencia de algún otro ejemplar de esta especie en la zona.

En general, teniendo en cuenta los valores de los índices de riqueza, diversidad y equitatividad de cada época, podemos encontrar notables diferencias. El número de especies diferentes ha aumentado, sobre todo aquellas que no son residentes. En 1988 se avistaron un total de 11 especies, mientras que tres décadas después aparecían 14. Todos los años las migraciones y el número de contingentes que migra son diferentes. Durante el invierno de 2018 algunas especies aún no habían emprendido sus rutas migratorias, como el gavián, el esmerejón y el milano real, por lo que no aparecen en los recorridos de 1988. Además, para la comparación de los

datos se ha tomado un periodo más amplio de tiempo que abarca desde diciembre hasta junio, mientras que DURÓ y LAVEDÁN (1998) en su trabajo incluyeron desde febrero hasta mayo.

La diferencia más grande puede observarse en los valores de diversidad entre ambas épocas. En 1988 la diversidad muestra un valor de 3,12 con una equitatividad de 5,46, mientras que en 2018 estos índices muestran valores más bajos, de 2,05 y 1,70, respectivamente. Todos los cambios que se han producido con el paso del tiempo en el entorno, y sobre todo el factor humano, han propiciado que exista una clara dominancia de las especies más generalistas y menos selectivas frente a las más sensibles a la alteración del hábitat. La destrucción de los ecosistemas y la roturación de las escasas zonas arboladas en el cambio del sistema de riego en varios de los agrosistemas pueden haber propiciado el desplazamiento de aves migratorias que en su día eran residentes a otras zonas menos antropizadas.

### *Agricultura y ganadería*

El incremento de la agricultura y de la ganadería intensiva ha producido un cambio en el territorio. Hasta hace relativamente poco se había conservado un mosaico de cultivos arbolados, cereal y monte bajo que permitía una diversidad alta de fauna silvestre. Sin embargo, la superficie ocupada por los cultivos cerealistas de secano ha sufrido una considerable reducción desde principios de la década de los ochenta debido a la conversión en regadío o la política de abandono voluntario promovida por la Unión Europea (MARTÍNEZ y cols., 2003). Estos cambios han podido apreciarse sobre todo en los agrosistemas Regadío de 50 años y Regadío de 130 años, donde se han venido realizando diferentes roturaciones para la puesta en regadío de numerosas fincas de secano tradicional sin dotación de agua de riego, fragmentando así el territorio y provocando la destrucción de las pocas zonas arboladas, compuestas principalmente por pinos (*Pinus halepensis*) y carrascas (*Quercus ilex*), que servían de hábitat y refugio para multitud de especies. Sin embargo, en los agrosistemas Huerta y Secano estos cambios no han sido tan notables: se han conservado en cierta medida zonas menos antropizadas o con un mayor volumen de árboles en lugar de especies herbáceas. En el caso de Huerta, la chopera, empleada para la producción de madera, supone una masa arbórea continua. En Secano, las formas geomorfológicas fruto de la



erosión a lo largo de los años y los bosques de repoblación de pino carrasco dan lugar a la aparición de multitud de nichos ecológicos que pueden ser aprovechados por las especies sedentarias y estivales.

Los principales factores de riesgo sobre las poblaciones de rapaces nidificantes son la alteración del hábitat y la modernización de las labores agrícolas. La sustitución de cultivos de secano por cultivos de regadío o la unificación de las parcelas causan la desaparición de los márgenes arbustivos, de las lindes de vegetación o de los ribazos, que son empleados preferentemente por algunas especies para obtener refugio y alimento. Además, la mecanización del campo supone una considerable reducción del tiempo empleado en la siega, con lo que los nidos de especies que crían en los campos de cereal, como el aguilucho cenizo y el aguilucho pálido, quedan al descubierto demasiado pronto cuando no son triturados por las máquinas (MARTÍNEZ y cols., 2003).

Por otra parte, la ganadería intensiva ha supuesto un problema, debido a la generación de residuos que provocan problemas de contaminación. Durante el proceso de construcción y explotación de las granjas se genera un impacto y unas molestias que pueden llegar a desplazar a determinadas especies de rapaces (DURÓ y LAVEDÁN, 2019; comentario personal). Por otra parte, la reducción en el número de cabezas de ganado extensivo disminuye la disponibilidad de alimento para determinadas aves rapaces oportunistas y/o necrófagas. En el caso del área de estudio, se ha aumentado considerablemente el número de explotaciones ganaderas dedicadas al sector porcino, especialmente en los agrosistemas Regadío de 50 años y en Secano. En el año 1988 el número total de cabezas de cerdo en la provincia de Huesca era de 969 341 (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2019). En 2004 ya había 2 298 196 (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2019). Actualmente, Aragón se sitúa como la principal comunidad autónoma productora de porcino en España, adelantando a Cataluña, con un valor récord de 8 073 140 cabezas (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2018).

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean agradecer al Centro de Estudios de Monzón y Cinca Medio la subvención de parte de este proyecto con la XXXIII Beca de Investigación Ciudad de Monzón, otorgada a Álvaro Duró.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROYO, B. (2017). Águila real – *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Disponible en <<https://cutt.ly/lhHPThe>>.
- ARROYO, B., y J. GARCÍA (2007). *El aguilucho cenizo y el aguilucho pálido en España. Población en 2006 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.
- BARONE, R., y J. C. ATIENZA (2004). Gavilán común – *Accipiter nisus*. En A. Madroño, C. González y J. C. Atienza (eds.), *Libro rojo de las aves de España*: 142-143. Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife). Madrid
- BLANCO, G., y J. VIÑUELA (2003). *Inventarios nacionales. Milano negro* – *Milvus migrans*. Disponible en <<https://cutt.ly/thHPWeF>>.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (BOE) (2010). Decreto 233/2010, de 14 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se establece un nuevo régimen de protección para la conservación del cernícalo primilla (*Falco naumanni*) y se aprueba el plan de conservación de su hábitat.
- CASTILLO MIRALBÉS, M. (2007). “La fauna en la comarca del Cinca Medio”. En J. Sanz Ledesma (coord.). *Comarca del Cinca Medio*: 65-77. Gobierno de Aragón (Territorio, 26). Zaragoza. Disponible en <<https://cutt.ly/2hHPba1>>.
- DURÓ, I., y J. LAVEDÁN (1988). *Densidad, hábitat y productividad de las rapaces nidificantes en el Bajo Cinca durante 1988*. Informe inédito.
- FERGUSON LEES, J., y D. CHRISTE (2004). *Rapaces del mundo*. Omega. Barcelona.
- GOBIERNO DE ARAGÓN (2007). *Catálogo de especies amenazadas de Aragón*: 26, 34, 100, 104, 112, 148, 152. Departamento de Medio Ambiente. Zaragoza.
- GOBIERNO DE ARAGÓN (2018). *El sector de la carne de cerdo en cifras*. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Madrid. Disponible en <[https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicoscarnedecerdo2017comentarios\\_tcm30-379728.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicoscarnedecerdo2017comentarios_tcm30-379728.pdf)>.
- GOBIERNO DE ARAGÓN (2019). *Estadísticas del porcino aragonés*. Disponible en <<https://cutt.ly/uhHPgAF>>.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (2018). Análisis provincial del censo de animales por tipos. Ganado porcino. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Madrid. Disponible en <<https://cutt.ly/UhMfZLv>>.
- JUANA, E. de, F. DE JUANA y S. CALVO (1988). *La invernada de las aves de presa (O. Falconiformes) en la península ibérica*: 97-122. Sociedad Española de Ornitología. SEO/BirdLife (Monografías, 1). Madrid.
- LLAMAS, Ó., A. LUCIO y F. J. PURROY (1987). Comunidades de falconiformes en la llanura cerealista del SE de la provincia de León. *I Congreso Internacional de Aves Esteparias*: 339-346. León.

- MADROÑO, A., C. GONZÁLEZ y J. C. ATIENZA (2004). Alcotán europeo – *Falco subbuteo*. En *Libro rojo de las aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad / SEO / BirdLife. Madrid.
- MARTÍ, R., y J. C. DEL MORAL (2003). *Atlas de las aves reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza / Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- MARTÍNEZ, J. A., J. E. MARTÍNEZ, I. ZUBEROGOITA, J. T. GARCÍA, R. CARBONELL, M. DE LUCAS y M. DÍAZ (2003). La evaluación del impacto ambiental sobre las poblaciones de aves rapaces: problemas de ejecución y posibles soluciones. *Ardeola*, 50 (I): 85-102.
- MCCLURE, C. J., J. R. WESTRIP, J. A. JOHNSON, S. E. SCHULWITZ, M. Z. VIRANI, R. DAVIES y R. BUIJ (2018). State of the world's raptors: Distributions, threats, and conservation recommendations. *Biological Conservation International*, 18 (3): 242-259.
- MOLINA, B., y F. MARTÍNEZ (2008). *El aguilucho lagunero en España. Población en 2006 y método de censo*. SEO / BirdLife. Madrid.
- RANGEL-SALAZAR, J. L., P. ENRÍQUEZ-ROCHA, M. A. ALTAMIRANO GONZÁLEZ-ORTEGA, C. MACÍAS, E. CASTILLEJOS, P. GONZÁLEZ, J. A. MARTÍNEZ y R. M. VIDAL (2013). Diversidad de aves: un análisis espacial. En *La biodiversidad en Chiapas: estudio de Estado: 329-337*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Gobierno del Estado de Chiapas.
- SAMPIETRO, F., F. PELAYO, F. HERNÁNDEZ, M. CABRERA y J. GUIRAL (2000). *Atlas de Aragón. Atlas de especies nidificantes*. DGA. Zaragoza.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ORNITOLOGÍA (SEO) (2018a). *Más de 20 000 milanos negros protagonizan el paso migratorio de aves por Aragón*. Disponible en <<https://cutt.ly/phHPibi>>.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ORNITOLOGÍA (SEO) (2018b). *El aguilucho cenizo ha descendido cerca del 20 % mientras que el aguilucho pálido ha descendido cerca del 50 %*. Disponible en <<https://cutt.ly/EhHONK7>>.
- SUNYER, C., y J. VIÑUELA (1994). Invernada de rapaces (O. Falconiformes) en España peninsular e islas Baleares. En J. Muntaner y J. Mayol (eds.), *Biología y conservación de las rapaces mediterráneas*: 361-370. SEO / BirdLife (Monografías, 1). Madrid.
- TAPIA, L. (2016). Busardo ratonero – *Buteo buteo* (Linnaeus, 1758). En A. Salvador y M. B. Morales (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales / Departamento de Zoología y Antropología Física. Universidad de Santiago de Compostela. Madrid. Disponible en <<https://cutt.ly/dkjRMFy>>.

**Anexo I.** Número de individuos de cada especie avistados en los diferentes agrosistemas e índice de abundancia por kilómetro (IKA) en la estación de *primavera*.

Agrosistemas: Huerta (*H*), Regadío de 50 años (*R50*), Regadío de 130 años (*R130*) y Secano (*S*). La letra *a* muestra el primer itinerario y *b* el segundo.

	<i>Total de individuos avistados</i>	<i>Agrosistemas en los que fueron avistados</i>	<i>(IKA) para cada agrosistema (ind. / km)</i>
<i>Accipiter gentilis</i>	3	<i>R130b</i> (1), <i>Sa</i> (1), <i>Sb</i> (1)	0,021 ( <i>R130</i> ) 0,033 ( <i>S</i> )
<i>Buteo buteo</i>	26	<i>Ha</i> (1), <i>Hb</i> (4), <i>R50a</i> (6), <i>R130a</i> (2), <i>R130b</i> (8), <i>Sa</i> (5)	0,190 ( <i>H</i> ) 0,063 ( <i>R50</i> ) 0,212 ( <i>R130</i> ) 0,083 ( <i>S</i> )
<i>Circaetus gallicus</i>	3	<i>R50a</i> (1), <i>Sa</i> (1), <i>Sb</i> (1)	0,010 ( <i>R50</i> ) 0,033 ( <i>S</i> )
<i>Circus aeruginosus</i>	24	<i>Hb</i> (2), <i>R50a</i> (6), <i>R50b</i> (5), <i>R130b</i> (9), <i>Sa</i> (2)	0,076 ( <i>H</i> ) 0,116 ( <i>R50</i> ) 0,191 ( <i>R130</i> ) 0,033 ( <i>S</i> )
<i>Circus cyaneus</i>	1	<i>Sa</i> (1)	0,016 ( <i>S</i> )
<i>Circus pygarrus</i>	2	<i>R50a</i> (2)	0,021 ( <i>R50</i> )
<i>Falco columbarius</i>	1	<i>R50b</i> (1)	0,010 ( <i>R50</i> )
<i>Falco tinnunculus</i>	17	<i>Hb</i> (2), <i>R50a</i> (5), <i>R50b</i> (3), <i>R130b</i> (5), <i>Sa</i> (1), <i>Sb</i> (1)	0,076 ( <i>H</i> ) 0,084 ( <i>R50</i> ) 0,106 ( <i>R130</i> ) 0,033 ( <i>S</i> )
<i>Gyps fulvus</i>	6	<i>Ha</i> (1), <i>Hb</i> (2), <i>Sa</i> (3)	0,114 ( <i>H</i> ) 0,050 ( <i>S</i> )
<i>Hieraaetus pennatus</i>	2	<i>Sa</i> (1), <i>Sb</i> (1)	0,033 ( <i>S</i> )
<i>Milvus migrans</i>	36	<i>Ha</i> (6), <i>Hb</i> (12), <i>R50a</i> (2), <i>R130a</i> (3), <i>R130b</i> (12), <i>Sa</i> (1)	0,687 ( <i>H</i> ) 0,021 ( <i>R50</i> ) 0,318 ( <i>R130</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Milvus milvus</i>	17	<i>Hb</i> (2), <i>R50b</i> (4), <i>R130b</i> (11)	0,076 ( <i>H</i> ) 0,042 ( <i>R50</i> ) 0,233 ( <i>R130</i> )

**Anexo II.** Número de individuos de cada especie avistados en los diferentes agrosistemas e índice de abundancia por kilómetro (IKA) en la estación de *verano*.

Agrosistemas: Huerta (*H*), Regadío de 50 años (*R50*), Regadío de 130 años (*R130*) y Secano (*S*). La letra *a* muestra el primer itinerario y *b* el segundo.

	<i>Total de individuos avistados</i>	<i>Agrosistemas en los que fueron avistados</i>	<i>(IKA) para cada agrosistema (ind./km)</i>
<i>Buteo buteo</i>	22	<i>Hb</i> (1), <i>R50a</i> (10), <i>R50b</i> (5), <i>R130b</i> (5), <i>Sa</i> (1)	0,038 ( <i>H</i> ) 0,158 ( <i>R50</i> ) 0,106 ( <i>R130</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Circaetus gallicus</i>	3	<i>R50a</i> (2), <i>Sb</i> (1)	0,021 ( <i>R50</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Circus aeruginosus</i>	21	<i>R50a</i> (4), <i>R50b</i> (8), <i>R130b</i> (5), <i>Sb</i> (4)	0,126 ( <i>R50</i> ) 0,106 ( <i>R130</i> ) 0,067 ( <i>S</i> )
<i>Circus pygargus</i>	2	<i>R50a</i> (1), <i>Sa</i> (1)	0,010 ( <i>R50</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Falco naumanni</i>	4	<i>R50b</i> (4)	0,042 ( <i>R50</i> )
<i>Falco subbuteo</i>	6	<i>R50a</i> (4), <i>Sa</i> (2)	0,042 ( <i>R50</i> ) 0,033 ( <i>S</i> )
<i>Falco tinnunculus</i>	13	<i>R50a</i> (1), <i>R50b</i> (5), <i>R130b</i> (3), <i>Sa</i> (2), <i>Sb</i> (2)	0,063 ( <i>R50</i> ) 0,063 ( <i>R130</i> ) 0,067 ( <i>S</i> )
<i>Gyps fulvus</i>	5	<i>R50b</i> (3), <i>Sb</i> (2)	0,031 ( <i>R50</i> ) 0,033 ( <i>S</i> )
<i>Hieraetus pennatus</i>	1	<i>Sb</i> (1)	0,016 ( <i>S</i> )
<i>Milvus migrans</i>	45	<i>Ha</i> (19), <i>Hb</i> (1), <i>R50a</i> (5), <i>R50b</i> (6), <i>R130b</i> (14)	0,763 ( <i>H</i> ) 0,116 ( <i>R50</i> ) 0,297 ( <i>R130</i> )
<i>Milvus milvus</i>	5	<i>Ha</i> (2), <i>R50a</i> (3)	0,076 ( <i>H</i> ) 0,031 ( <i>R50</i> )
<i>Neoprhon percnopterus</i>	1	<i>Sb</i> (1)	0,016 ( <i>S</i> )

**Anexo III.** Número de individuos de cada especie avistados en los diferentes agrosistemas e índice de abundancia por kilómetro (IKA) en la estación de *otoño*.

Agrosistemas: Huerta (*H*), Regadío de 50 años (*R50*), Regadío de 130 años (*R130*) y Secano (*S*). La letra *a* muestra el primer itinerario y *b* el segundo.

	<i>Total de individuos avistados</i>	<i>Agrosistemas en los que fueron avistados</i>	<i>(IKA) para cada agrosistema (ind./km)</i>
<i>Accipiter gentilis</i>	2	<i>R50b</i> (1), <i>R130a</i> (1)	0,010 ( <i>R50</i> ) 0,021 ( <i>R130</i> )
<i>Aquila chrysaetos</i>	2	<i>Sb</i> (2)	0,033 ( <i>S</i> )
<i>Buteo buteo</i>	41	<i>Ha</i> (3), <i>Hb</i> (3), <i>R50a</i> (6), <i>R50b</i> (14), <i>R130a</i> (3), <i>R130b</i> (6), <i>Sa</i> (2), <i>Sb</i> (4)	0,229 ( <i>H</i> ) 0,211 ( <i>R50</i> ) 0,191 ( <i>R130</i> ) 0,100 ( <i>S</i> )
<i>Circus aeruginosus</i>	32	<i>Ha</i> (1), <i>Hb</i> (1), <i>R50a</i> (1), <i>R50b</i> (17), <i>R130b</i> (8), <i>Sa</i> (3), <i>Sb</i> (1)	0,076 ( <i>H</i> ) 0,179 ( <i>R50</i> ) 0,169 ( <i>R130</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Circus cyaneus</i>	2	<i>R50b</i> (1), <i>Sa</i> (1)	0,010 ( <i>R50</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Falco columbarius</i>	2	<i>R50a</i> (1), <i>Sb</i> (1)	0,010 ( <i>R50</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Falco tinnunculus</i>	28	<i>R50a</i> (2), <i>R50b</i> (7), <i>R130a</i> (6), <i>R130b</i> (5), <i>Sa</i> (4), <i>Sb</i> (4)	0,095 ( <i>R50</i> ) 0,233 ( <i>R130</i> ) 0,134 ( <i>S</i> )
<i>Gyps fulvus</i>	26	<i>Sb</i> (26)	0,436 ( <i>S</i> )
<i>Milvus milvus</i>	113	<i>Hb</i> (3), <i>R50a</i> (6), <i>R50b</i> (27), <i>R130a</i> (1), <i>R130b</i> (72), <i>Sa</i> (4)	0,114 ( <i>H</i> ) 0,348 ( <i>R50</i> ) 1,528 ( <i>R130</i> ) 0,067 ( <i>S</i> )

**Anexo IV.** Número de individuos de cada especie avistados en los diferentes agrosistemas e índice de abundancia por kilómetro (IKA) en la estación de *invierno*.

Agrosistemas: Huerta (*H*), Regadío de 50 años (*R50*), Regadío de 130 años (*R130*) y Secano (*S*). La letra *a* muestra el primer itinerario y *b* el segundo.

	<i>Total de individuos avistados</i>	<i>Agrosistemas en los que fueron avistados</i>	<i>(IKA) para cada agrosistema (ind./km)</i>
<i>Accipiter gentilis</i>	2	<i>Ha</i> (1), <i>R50a</i> (1)	0,038 ( <i>H</i> ) 0,010 ( <i>R50</i> )
<i>Accipiter nisus</i>	5	<i>R50a</i> (1), <i>R50b</i> (1), <i>Sa</i> (2), <i>Sb</i> (1)	0,021 ( <i>R50</i> ) 0,050 ( <i>S</i> )
<i>Aquila chrysaetos</i>	4	<i>R130a</i> (2), <i>R130b</i> (1), <i>Sb</i> (1)	0,063 ( <i>R130</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Buteo buteo</i>	61	<i>Ha</i> (1), <i>Hb</i> (1), <i>R50a</i> (21), <i>R50b</i> (21), <i>R130a</i> (4), <i>R130b</i> (6), <i>Sa</i> (5), <i>Sb</i> (2)	0,076 ( <i>H</i> ) 0,443 ( <i>R50</i> ) 0,212 ( <i>R130</i> ) 0,117 ( <i>S</i> )
<i>Circus aeruginosus</i>	64	<i>Hb</i> (4), <i>R50a</i> (21), <i>R50b</i> (26), <i>R130a</i> (2), <i>R130b</i> (9), <i>Sb</i> (2)	0,152 ( <i>H</i> ) 0,496 ( <i>R50</i> ) 0,233 ( <i>R130</i> ) 0,033 ( <i>S</i> )
<i>Circus cyaneus</i>	2	<i>R50a</i> (1), <i>Sb</i> (1)	0,010 ( <i>R50</i> ) 0,016 ( <i>S</i> )
<i>Falco columbarius</i>	2	<i>R50a</i> (1), <i>R50b</i> (1)	0,021 ( <i>R50</i> )
<i>Falco tinnunculus</i>	37	<i>Ha</i> (3), <i>Hb</i> (2), <i>R50a</i> (9), <i>R50b</i> (11), <i>R130b</i> (4), <i>Sa</i> (3), <i>Sb</i> (5)	0,190 ( <i>H</i> ) 0,211 ( <i>R50</i> ) 0,084 ( <i>R130</i> ) 0,134 ( <i>S</i> )
<i>Gyps fulvus</i>	6	<i>R130a</i> (6)	0,122 ( <i>R130</i> )
<i>Milvus milvus</i>	412	<i>H1</i> (1), <i>Hb</i> (4), <i>R50a</i> (338), <i>R50b</i> (22), <i>R130a</i> (3), <i>R130b</i> (23), <i>Sa</i> (8), <i>Sb</i> (13)	0,190 ( <i>H</i> ) 3,801 ( <i>R50</i> ) 0,455 ( <i>R130</i> ) 0,352 ( <i>S</i> )





## EL TRANSPORTE FLUVIAL DE MADERA POR EL RÍO GÁLLEGO (PROVINCIAS DE HUESCA Y ZARAGOZA)

José Antonio CUCHÍ<sup>1</sup>

**RESUMEN.**— El presente artículo se centra en la conducción de madera mediante flotación por el río Gállego, a partir de datos históricos y de la memoria oral, así como en algunas consideraciones sobre la finalización de esta actividad, que se vincula con la construcción del ferrocarril de Huesca a Jaca, y sobre aspectos de religiosidad popular relacionados con san Nicolás y la Virgen del Puente de La Peña.

**ABSTRACT.**— This work focuses on the transportation of wood by floating them down the Gállego River, based on historical data and oral memory. It also looks at the ending of the activity, associated with the construction of the Huesca to Jaca railway, and some aspects of popular religiosity related to Saint Nicholas and the Virgin of Puente de La Peña.

**KEYWORDS.**— Timber rafting, *Nabata*. Almadía. Gállego River. Provinces of Huesca and Zaragoza (Spain).

### INTRODUCCIÓN

El bosque, en sentido amplio, produce muchos servicios en forma de madera: leña para las viviendas y los hornos (para pan, cerámica, ladrillos y caleras); carbón vegetal para calefacción y para las fraguas; madera de

Recepción del original: 22-10-2019

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

hinca, pilastras y vigas para puentes y azudes; vigas, puertas y muebles en viviendas, y por último madera naval, que tiene que ser obviamente trasladada hasta el mar. La producción de traviesas ferroviarias, postes telefónicos y pasta para papel son importantes usos recientes. Algunas especies tenían usos específicos, como los troncos de litonero para hacer horcas agrícolas y tablas de carnicero. De los enebros se obtenía la pez, indispensable para impermeabilizar los cueros y las maderas.

El transporte de troncos era parte de un largo proceso que iba desde la identificación y el marcado de los árboles para ser apeados, la corta, el desenramado y el descortezado, la saca y el desembosque, el transporte, el aserrado y los procesos de carpintería y ebanistería. Las actividades en el bosque altoaragonés han sido magistralmente descritas por PALLARUELO (1984 y 2008), a donde se remite al lector interesado.

Históricamente la madera se desemboscaba mediante tracción animal, salvo algunas tiraderas y toboganes. Para mayores distancias, la flotación ha sido durante siglos una de las técnicas y, en muchos casos, prácticamente la única para el transporte de grandes piezas de madera. Se realizaba bien en forma libre, con las maderas sueltas, o trabadas en almadías o *nabatas*. En ríos de bajo caudal, la madera se conducía en piezas aisladas, manejadas por los gancheros, que aprovechaban los deshielos e incluso las tormentas estivales. Ocasionalmente, se podían generar avenidas artificiales mediante desembalse de presas específicas o inclusas. En ríos de altos caudales y fuertes velocidades, como el Indo, los maderos también se transportaban sueltos, dado que la conducción mediante almadías tripuladas, por razones de seguridad de los operarios, solo se puede realizar en corrientes de caudales importantes y velocidades moderadas. Este método facilita el manejo de piezas regularizadas, reduce la dispersión de la madera, dificulta el robo y disminuye las pérdidas por inmersión (maderos hundidos).

La flotación aún se emplea en grandes ríos de Asia, África y América que cruzan zonas de bosque. En Europa, donde aún se utiliza en el norte, hay numerosos ejemplos históricos de transporte fluvial de madera. Como ejemplo están los grandes ríos de la periferia alpina, como el Drava, donde hoy se bajan almadías para uso turístico. El caso más estudiado es el entorno veneciano a través, sobre todo, de los ríos Brenta y Piave. Este último contaba con presas especializadas (*cíbolos*) para la retención y la

suelta controlada de troncos. Aguas abajo estaban las serrerías y posteriormente se formaban almadías con las maderas aserradas que también transportaban mercancías y pasajeros con destino a Venecia, siempre necesitada de madera para su arsenal (CANIATO, 1993; AGNOLETTI, 1995). En el Pirineo francés, las almadías fueron muy utilizadas en el siglo XVIII con destino a sus flotas de guerra (CHIMITS, 1975). Una consecuencia de esta actividad es el espectacular Chemin de la Mâtüre, tallado en un acantilado del valle de Aspe.

En España se practicaba la flotación en las cuencas de los ríos Ebro, Tajo, Júcar, Turia, Segura y Guadalquivir (NAVARRO, 1872). BARÓ (1916) señala almadías en el Ebro, explicitando en el Irati y en el valle de Roncal, así como las maderadas del Tajo y de varios ríos levantinos. Los documentados trabajos de PIQUERAS y SANCHÍS (2001 y 2015) y GIL OLCINA (2006) amplían la información sobre la flotación en el Ebro, aunque centran gran parte del trabajo en las maderadas de los ríos levantinos y en el Tajo, donde estas se siguen rememorando en Peralejos de las Truchas. TRESACO (1968) y ARAQUE (2007 y 2010) describen la actividad en las sierras de Segura y Cazorla, incluyendo las grandes flotaciones para Renfe en la inmediata posguerra. En las cuencas del norte hay también indicios de transporte fluvial, incluso en Muniellos (BAUER, 1980). En la Cantabria del siglo XVIII hubo trabajos de construcción de presas para sueltas inspiradas en ejemplos austriacos (SIERRA, 2006). Pero no todo fueron transportes de maderos sueltos, especialmente en el Ebro. Además, como presenta LAIRÓN (2001), incluso hubo almadías en el Júcar, en Alcira.

La flotación era frecuente en numerosos ríos de la cuenca del Ebro. Desde luego el transporte fluvial de madera fue muy importante, como reflejan los dibujos de Anton van den Wyngaerde del siglo XVI con grabados de la actividad en Zaragoza, Lérida y Tortosa. Lógicamente esta última localidad, con un interesante puente de barcas, astilleros y puerto de embarque, era punto final de la flotación fluvial del Ebro. Durante siglos la madera de Tortosa, bien de los cercanos Puertos de Beceite o de cuenca arriba, fue utilizada en la costa mediterránea desde Barcelona a Cartagena.

En las últimas décadas la flotación de madera en el Ebro ha despertado interés: véanse los trabajos de IDOATE (1979) y LABEAGA (1992) para Navarra;

ROCAFORT (1912), CANALS (1971) y PORTET y cols. (1992) para Cataluña; así como BALCELLS (1983) y PALLARUELO (1984 y 2008) para Aragón. Prácticamente se utilizaba en todos los ríos con áreas maderables, incluso en los afluentes menores como el Onsella (LABEAGA, 1992), el Guadalope y el Algás. En la misma línea, el *Catálogo* de la Exposición de Agricultura de 1857 cita en su página 182 una concesión a Antonio Vallés de Castilsabás en 1854 para facilitar la flotación de maderas en el Guatizalema, desde Nocito a la Almunia del Romeral, por la que cobraba 7,4 reales por madero. A modo de curiosidad, cabe reseñar que hubo intentos un tanto peculiares como el uso de almadías de toneles por el Ebro, a finales del XVIII, descrito por GIMÉNEZ LÓPEZ (2012).

Hoy toda esta actividad ha desaparecido, salvo los descensos con fines testimoniales y etnológicos, de *almadías* (Roncal, Hecho), *rais* (La Pobla de Segur) y *nabatas* (Laspuña, Murillo de Gállego).

En el Gállego, de menor cabecera pirenaica que el Aragón o el Cinca, la flotación de maderas ha pasado desapercibida para la mayoría de autores, como PIQUERAS y SANCHÍS (2001) y GIL OLCINA (2006). De hecho, los primeros ni representan este río en un mapa sintético, aunque lo incluyen en un trabajo mejorado realizado años más tarde (PIQUERAS y SANCHÍS, 2015), pero señalan la pobreza de la información que han podido recoger.

El presente artículo recoge diversa información histórica y de memoria popular sobre esta actividad en el Gállego, acompañada de algunos aspectos sobre el fin de la actividad y sobre religiosidad.

## EL RÍO GÁLLEGO

El río Gállego, con un curso de 192 kilómetros desde la divisoria de aguas pirenaica, el collado del Portalet, desemboca en el Ebro ligeramente aguas abajo de Zaragoza. La cuenca abarca una superficie algo superior a los 4000 km<sup>2</sup> y va desde el Pirineo axial al valle del Ebro cortando transversalmente ambas unidades.

El cauce principal tiene un trazado compuesto por dos tramos rectilíneos norte-sur, en ambos extremos enlazados por un tramo zigzagueante, a modo de un cuatro inverso en deriva suroeste, desde el Hostal de Ipiés hasta La Peña. Se identifican, pues, tres tramos bien diferenciados: desde la cabecera

a Sabiñánigo, desde esta localidad hasta La Peña y, por último, de allí a la desembocadura en el Ebro.

En la cabecera, desde el nacimiento junto a la muga de Francia, bien en la clásica fuente del Portalet, hoy bajo el aparcamiento de las Ventas de Formigal, o en alguno de los barrancos vecinos, el río discurre en dirección sureste por un amplio valle entre prados, deslizamientos de ladera y pistas de esquí hasta Sallent, donde confluye con el Agualémpeda, cuya cuenca está rodeada por varios picos de más de 3000 metros. A partir de la depresión de Lanuza, el río desciende derecho hacia el sur, cortando los estrechos de Lanuza-Escarrilla donde recibe al Escarra. En la gran depresión de El Pueyo, Saqués y Búbal recoge al Caldarés. Luego entra en los estrechos de Polituara hasta Santa Elena, y aparece en Tierra de Biescas, en un ancho valle de clara morfología glaciar, donde cruza la morrena de Senegüé, acoge al Aurín y cruza la Val Ancha, separada de la Val Estrecha por los Capitiellos, pasando junto a Sabiñánigo y recogiendo de paso al Basa por la izquierda.

Desde El Puente de Sabiñánigo el río inicia su cruce del sinclinorio del Guarga. Pasa en zigzag las rallas de Rapún y sigue inicialmente por un cauce rectilíneo, hacia el sur, jalonado por una terraza fluvial, hasta Baranguá. Gira al oeste hasta Latrás, otra vez al suroeste, recibiendo al Guarga y al Matriz hasta pasar Caldearenas, donde toma una clara dirección oeste hasta Anzánigo y su puente tras recibir al Moro. De allí zigzaguea tres veces hasta llegar a la depresión de La Peña. Recoge al Asabón y se lanza directo, en plan bravo, a cruzar el Prepirineo por la Gorgocha, desde La Peña hasta la playa de Murillo. Su inicio es el punto más angosto del cauce, con unas impresionantes y temidas *marmitas de gigante*, hoy desaparecidas bajo la presa (véanse imágenes en LAFUENTE y GRAGERA, 2013: 91 y ss.), que indican fuertes remolinos, especialmente en las avenidas. Aguas abajo, diversos deslizamientos siembran el cauce de grandes bloques. El más importante es el de Peña Rueba, en la orilla izquierda, responsable del complicado *embudo* para los practicantes de aguas bravas.

La depresión del Ebro se alcanza a la altura de Riglos y el río sigue una clara dirección sur, festoneada de meandros, por un valle inicialmente estrecho y encajado entre altas terrazas cultivadas hoy de cereal, en el pasado de olivos y viñas. Pasados el puente de hierro de Santolaria (Santa Eulalia) de Gállego, Erés y Biscarrués, tras Ardisa, el valle comienza a ampliarse y se

dota de una terraza baja que se esboza entre Puendeluna y Piedratajada. Desde Gurrea el valle se amplía entre blancos acantilados en yesos, y pasa junto a las huertas de La Paúl, Ontinar, Zuera, Villanueva, Peñaflor, San Mateo y Montañana. Ya en un entorno muy antropizado, tras saltar varios azudes, llega al Ebro aguas abajo de Zaragoza, aunque no siempre llevando agua.

Hay numerosas obras en su trayectoria. Hubo y hay bastantes puentes históricos en Biescas, Senegüé, El Puente de Sabiñánigo – Sardas, Pardina Fanlo, Anzánigo, La Peña, Murillo, Puendeluna, Zuera y Zaragoza. En este último punto, la salida hacia Barcelona, hubo puentes de madera, madera y piedra, piedra, colgantes y de acero y hormigón. Los interesados pueden consultar LABAÑA (1611), LÓPEZ ARRUEBO (1979), IRANZO (1983), BLÁZQUEZ y PALLARUELO (1999: 662), CASTÁN (2016) y otros. Históricamente tuvo varios molinos harineros, aunque solo los más importantes disponían de azudes: Biescas con su Tornagua, Baranguá, Ipiés, Anzánigo (de la familia Atarés), Yeste, Murillo (de la familia Gállego), Molinaz (de la familia Urriés), Ballestar y Gurrea (de la familia Gurrea), Puendeluna, Piedratajada, Marracos y La Paúl. Hoy desaparecidos, algunos se transformaron o sirvieron en parte para las primeras centrales hidroeléctricas, complementadas por el conjunto luego construido por Eléctricas Reunidas de Zaragoza (ERZ). Además del pantano de La Peña, en el tramo alto están los embalses de Lanuza y Búbal, con un cortejo de otras obras hidroeléctricas en los afluentes de cabecera como Respomuso o Brazato. Aguas abajo de Ardisa, en el término de Biscarrués, por una presa hoy bastante aterrada, se inicia el canal de enlace hacia el embalse de La Sotonera. Es la mayor merma de caudales, complementada por los azudes para riegos en Gurrea, Camarera-Candevanía, Rabal (que tuvo al menos cinco emplazamientos) y Urdana (BLÁZQUEZ y PALLARUELO, 1999).

La cuenca es alargada. La mayoría de sus afluentes más importantes, como el Agualémpeda, Caldarés, Basa, Guarga y Sotón, lo son por la orilla izquierda. Tan solo el Aurín, en el valle de Acumuer; el Moro, procedente del Sudoruel, y el Asabón, que recoge la amplia tierra de las Pardinias, al noroeste de La Peña, aportan algo de agua al río por la derecha. El Guarga (41,4 kilómetros de longitud y una cuenca de 255,8 km<sup>2</sup>) es el afluente de más extensión en las depresiones internas, con muy reducidos caudales estivales, tormentas aparte. El Basa, al norte del anterior, tiene una longitud de

20,1 kilómetros y una cuenca de 89,84 km<sup>2</sup>. Ya en la depresión del Ebro, el afluente más importante es el Sotón, combinación de diversos afluentes (Astón, Riel y Benia), con una superficie de 385 km<sup>2</sup> y una aportación natural media de 47,5 hm<sup>3</sup>. En su tramo final se encuentra el ya citado embalse de La Sotonera, que se llena en derivación del río Gállego por el canal de enlace que da origen al canal de Monegros.

### *Breve descripción geológica y geomorfológica*

De modo resumido, la cuenca del Gállego atraviesa en dirección nortesur y transversalmente dos grandes unidades, el Pirineo y el valle del Ebro, con una disposición general este-oeste. Su geología ha sido estudiada por numerosos autores como MALLADA (1878), PUIGDEFÁBREGAS (1975), CÁMARA y KLIMOWITZ (1985), ARENAS (1993), BENITO y cols. (1998), SERRANO (1998), OLLERO y cols. (2004), MILLÁN y cols. (2006), SANCHO y cols. (2007) y MONTES (2009).

El río nace en materiales del Paleozoico, calizas en la frontera y blandos materiales pizarrosos con problemas por deslizamientos de laderas en Formigal, mientras que Agualémpeda y Caldarés se abren parcialmente en granitos. Desde Lanuza a Biescas el Gállego corta las calizas del Cretácico y del Eoceno de la muralla de las Sierras Interiores, las cuales en Santa Elena cabalgan el blando *flysch*, también del Eoceno, que a su vez, conforma el ondulado paisaje de Tierra de Biescas hasta Senegüé. Este material cabalga las margas grises de Sabiñánigo, relacionadas parcialmente con las de Arguis – La Peña. De El Puente de Sabiñánigo y hasta Anzánigo, el río zigzaguea aprovechando los tramos blandos para derivar al oeste y cortando perpendicularmente los tramos duros a través del sinclinorio del Guarga, de eje este-oeste y formado por una alternancia de areniscas y arcillas del Oligoceno que se inicia en las crestas de Rapún. En la Garoneta reaparecen las margas grises de depresión de La Peña. Desde ella el cauce, por la Gorgocha, entra en las calizas del Cretácico superior y del Eoceno de las Sierras Exteriores, con algunos cabalgamientos más, para atravesar los conglomerados de Riglos, Peña Rueba y Agüero y llegar a la cuenca miocena del Ebro. Pasada esta relativamente estrecha cinta de *mallos*, ya fuera del Pirineo, con rapidez se entra en areniscas horizontales que cada vez alternan

con mayores capas de arcilla. A partir de Riglos las terrazas fluviales, testimoniales aguas arriba, comienzan a tomar importancia. En Gurrea empiezan a aparecer los blancos yesos que continúan hasta Zaragoza, aunque hay un recubrimiento creciente de las propias gravas, con muchos cantos de la cuenca superior, en forma de terrazas. Los interesados pueden complementar la información en OLLERO y cols. (2004).

En la cuenca alta domina la morfología propia de la alta montaña, con fuertes rasgos glaciares hasta Sabiñánigo, en un cauce claramente *braided* desde Biescas hasta la confluencia con el Aurín, aunque hoy canalizado entre escolleras y afectado por la extracción de áridos. Se ha mencionado que en el pasado el Gállego formaba parte de la cuenca del Aragón, por lo cual debió de ser capturado por el curso medio. El cruce zigzagueante a través del sinclinorio del Guarga se traduce en un nuevo cauce estrecho, sembrado de bloques derivados de deslizamientos de ladera. El río parece aprovechar la mayor erodabilidad de las capas arcillosas en su deriva hacia el oeste hasta aparecer en la depresión de La Peña. El cañón a través de las Sierras Exteriores podría ser resultado de una superposición fluvial, como se ha sugerido para el Alcanadre. Es evidente la juventud del encajamiento más profundo, en los materiales del Mioceno desde Riglos, que se traduce en abundantes caídas de bloques al río y deslizamientos de ladera. Además, se ha sugerido la posible existencia de una gran falla norte-sur que condiciona el discurrir del río. En esta zona hay abundantes capturas en los afluentes de la izquierda, especialmente en la cuenca del Sotón, mientras que los pequeños cauces de la derecha muestran saltos relativamente importantes, aún no adaptados al mencionado encajamiento. Por debajo de Piedratajada, los depósitos de grava, bastante afectados por la extracción de áridos, son importantes. El río vuelve a tener una morfología de barras y canales. Desde Zuera, el espesor fluvial es importante, del orden de los 100 metros, bajo el actual cauce del río, que para algunos autores podría estar relacionado con la karstificación de yesos. La entrada en el Ebro en Zaragoza se realiza en un ambiente muy antropizado, con encauzamientos, ocupaciones de cauce, extracciones de áridos y vertidos de escombros y basuras.

En resumen, el Gállego es el resultado de una compleja historia poco dilucidada todavía.



### *Clima e hidrología*

Hay diversos estudios climáticos sobre la cuenca del Gállego, entre ellos los de LISO y ASCASO (1969), CREUS (1983) y DEL VALLE MELENDO (1996), que ponen de manifiesto que el Gállego discurre a través de un fuerte gradiente climático desde los agonizantes glaciares de la cabecera del Caldarés hasta las pseudoestepas del entorno de Zaragoza. Con valores medios desde unos 1100 milímetros por año en la frontera hasta los 350 de Zaragoza. Este gradiente, más el efecto de la altitud y las irregularidades intra- e interanuales, tiene incidencias tanto en la hidrología del río como en la vegetación arbórea de su cuenca.

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. De régimen pluvial, con matices nivales en el alto Caldarés, presentaba, antes de la regulación actual, un largo estiaje en verano y más corto en invierno. Los niveles de aguas altas se relacionaban con las lluvias de otoño y primavera, más la fusión de las nieves (*mayenco*). El río es conocido por sus importantes riadas, muchas relacionadas con las tormentas estivales, que tenían su efecto en el transporte de maderas y dañaban puentes y azudes. No es este el lugar para hacer una enumeración exhaustiva pero hubo riadas en 1321, 1348, 1469, 1578, 1707, 1738, 1743 (el 16 de junio), 1809 (el 7 de febrero), 1833, 1839, 1841, 1900, 1907, 1908, 1926, 1927, 1936, 1937 (el 28 de octubre), 1938, 1942 (el 28 y 29 de agosto), 1950, 1960, 1979, 1982, y 2012 (20 de octubre) (BLÁZQUEZ y PALLARUELO, 1999; LAFUENTE y GRAGERA, 2013; DEL VALLE y cols., 2007; CASTÁN, 2016).

### *Vegetación arbórea*

El gradiente climático de la cuenca del Gállego se traduce también en un fuerte contraste en la vegetación, desde el bosque eurosiberiano hasta las áridas llanuras del Ebro. Véanse, por ejemplo, BRAUN-BLANQUET y DE BOLÒS (1957); MONTSERRAT (1971); VILLAR y cols. (1997 y 2002). A efecto del presente artículo, solo interesan las especies maderables utilizadas para la construcción y, evidentemente, flotables. Sobre esto hay abundantes escritos, como CLAVER (1950), y numerosos informes técnicos que desbordan este artículo. De forma resumida, en la zona alta pirenaica del Gállego

son las siguientes: pino negro, abeto (*pinabete*), haya y pino silvestre (*royo*). Hacia el sur, aparecen los cajigos y el pino laricio (*nasarrón*) y posteriormente el pino carrasco y la encina, que llegan hasta los montes de Zuera. También se han cortado chopos, enebros, sabinas y otros árboles para diversos usos. Por ejemplo, la sabina albar del centro del valle del Ebro se ha utilizado para tablestacados de las zapatas del puente de Piedra en Zaragoza. Pero la madera flotable está formada fundamentalmente por abetos y pinos negros, silvestres y laricios, que proporcionan fustes rectos y que flotan bien. El pino carrasco suele dar troncos retorcidos, aunque es más que probable también que se haya transportado por vía fluvial.

De cualquier manera, hay que tener en cuenta que desde hace muchos siglos el paisaje forestal de esta cuenca ha sido profundamente alterado por la actividad humana. Probablemente desde el Neolítico el pastoreo con quemas sistemáticas ha transformado importantes superficies de bosques en pastos para el ovino trashumante en la cabecera del Gállego, en el valle de Panticosa y en la cuenca del Escarra, dado que muchos puertos están por debajo de la *timberline*. Durante la Edad Media, escalios y artigueo fueron habituales, obligando a establecer vedados (Peñaflor, Piedrafita de Jaca). Ya en 1588 el Quiñón de Sallent prohíbe talar troncos en sus selvas y en 1612 en Panticosa no se permite cortar desde el río Brazato a Plandibón (GÓMEZ DE VALENZUELA, 2005).

La sobrepoblación de muchos lugares entre el siglo XVI y mediados del XX y los fríos de la Pequeña Edad del Hielo llevaron a un abancalado sistemático con sus efectos sobre el bosque, sobre todo en el Prepirineo. Véanse BLECUA (1792) y CUCHÍ (2015). Para los más pobres, el carboneo junto con la corta de coscojas y aliagas para venta era un recurso de subsistencia quizás más impactante que las cortas de grandes fustes, normalmente controlados por ayuntamientos y señores. De todos modos, sorprende que en 1522 el Concejo de Almudévar arrendara por diez años el carboneo de la sierra de Almudévar (GÓMEZ DE VALENZUELA, 2006a: 114), zona en la que hoy no parece factible tal actividad. Las cabras, otro recurso de pobres, debieron de influir también de forma importante.

En el siglo XIX el efecto de las desamortizaciones de Mendizábal y de Madoz fue complejo. Una parte de los bosques enajenados fueron roturados por venta a particulares, pero otra quedó en manos del Estado y fue

gestionada por el Cuerpo de Ingenieros de Montes, que procedieron a una gestión más racional (véase, por ejemplo, SABIO, 1997). De cualquier manera, a mediados del siglo XX la cuenca del Gállego se podía considerar como un territorio ampliamente deforestado, como muestran las fotografías de los vuelos americanos de 1946 y 1956. Desde mediados del siglo XX, las políticas del Patrimonio Forestal del Estado llevaron a importantes repoblaciones en la cuenca del Gállego (TARAZONA, 2019). Como consecuencia aumentó la superficie forestal, acrecentada por la despoblación de la cuenca media del río, el cambio de combustibles domésticos, la desaparición de la ganadería ovina trashumante y los rebaños de cabras locales, así como la crisis de la explotación forestal local por la competencia de maderas nórdicas. Hoy se asiste a un claro retorno del bosque y de la fauna.

Los bosques productivos del Gállego son modestos comparados con los del Aragón, Cinca o Segre. LACARRA (1960) apunta que “en Tena no se hace gran caso de sus maderas, pues abundan más las frondosas que las coníferas”. A pesar del descenso de las cortas de las últimas décadas y la disminución en la actividad forestal extractiva, aún se reconocen algunas zonas de calidad como el bosque del Asieso, con una producción de 3000 m<sup>3</sup>/año de abeto, pino negro y algo de haya, donde abunda la madera de tipo *coral*. Monte Cuasta e Iguarra son otros montes buenos de Biescas. Se recuerdan también algunas zonas en Lanuza, Yésero y Gavín, Acumuer, los abetales de El Pueyo y Satué, las cabeceras del Basa y del Guarga, los *pacos* de Rasal o las pardinas del Asabón. Esta última zona, en el pasado, era en su mayor parte propiedad del monasterio de San Juan de la Peña y también de la familia Urriés (pardinas Rompesacos y Visús), hasta la desamortización del primero y la liquidación del patrimonio de esta familia noble a mediados y finales del siglo XIX. Entre 1950 y 1960 muchas pardinas pasaron a formar parte del Patrimonio Forestal del Estado (MARTÍN, 2017).

La masa forestal de la cuenca del Gállego sustentó una actividad maderera modesta pero evidente. Además de los maderistas, locales y foráneos, estaban los transportistas, actividad que ha dejado alguna canción y los aserraderos. Se localizan algunos por el topónimo, como la Sarra de Sallent. En el siglo XVI hay una *sarra* entre Búbal y Piedrafita; en 1571 otra en la Partacua; en 1625 en Plandibón (probablemente en el emplazamiento del balneario); en 1738 se cita la Sarra Gayón en Panticosa. La del barranco

Espomuso, cerca de Santa Elena, generó una serie de conflictos entre tenesinos y biesquenses (GÓMEZ DE VALENZUELA, 2003a y b, 2005 y 2006a y b y 2009). Posiblemente en muchas de estas se servían de sierras asturianas, manuales, pero hay algunas referencias a sierras movidas por agua, que también se denominaban *molinas* (Luis Fernando Orús, comentario personal). A este tipo parece corresponder la situada en 1616 en el Sudoruel, utilizada por un carpintero de Jaca. Mucho más recientemente, a principios del siglo xx se instaló una de este tipo en Biescas (Francisco Lacasa, comentario personal). Con el inicio de la electrificación hacia 1920 las serrerías, como los molinos de grano, pasaron a utilizar esa nueva energía que las independizaba de los cauces fluviales y sus problemas. Hay o hubo serrerías en Biescas, Sabiñánigo, Martillué, Gillué, La Peña, Triste, Ardisa y Zaragoza, actividad hoy en recesión. De cualquier manera, es evidente que la historia forestal y maderera de la cuenca del Gállego está por escribir.

En el apartado siguiente se presenta una revisión de diversos documentos sobre el transporte de madera por el Gállego como vía fluvial. Al igual que en temas similares, es un estado de la cuestión que puede ser superado con trabajos posteriores.

Un fleco de esta actividad es el de los maderistas del Gállego fuera de su tierra, que evidentemente campaban por donde podían. PIQUERAS y SANCHÍS (2015: 282) mencionan que en 1840 un tal Miguel Arbués, apellido muy frecuente en la Galliguera, baja una maderada por el Turia (Archivo General y Fotográfico de la Diputación de Valencia, caja 14, exp. 332). PALLARUELO (2008: 203) cita a un maderista de Triste, Joaquín Hualde, que solicita con urgencia flotar 1000 piezas de madera por el río Estarrún hasta Esculabolsas, en el Aragón (*Boletín Oficial de la Provincia de Huesca*, 15 de marzo de 1929).

### *Documentación*

La flotación fluvial de maderas se practicaba en el Piave en época romana (CANIATO, 1993; DE VESCOVI, 2013). Es difícil saber si hubo en esa época transporte de madera en la cuenca del Ebro que era navegable desde Zaragoza al mar. De cualquier manera, Caesaraugusta tenía puerto fluvial (ERICE, 2011) y necesitaba maderas de buenas dimensiones para diversos usos, incluido su puente.

Es evidente que la época musulmana supuso, en el valle del Ebro, la división política de los afluentes de la orilla izquierda en dos comunidades con violentos enfrentamientos periódicos que supondrían una lógica afectación a la trashumancia ovina y a la flotación de madera. Es de reseñar que esta era practicada en la España musulmana, como señalaba al-Idrisi (PIQUERAS y SANCHÍS, 2015: 163).

En 1118 Alfonso el Batallador reúne tropas junto a la laguna de Ayerbe y desciende por la ribera del Gállego para tomar Almudévar y Zuera, camino del asedio de Zaragoza. En este participa Gastón IV de Bearne, veterano de la toma de Jerusalén, donde dirigió las máquinas de guerra; el mismo que también en el sitio de Zaragoza construyó algunas torres de asedio. Tras la toma fue primer teniente de esta ciudad (LACARRA, 1952). Como Tudela se conquista después de Zaragoza, una hipótesis factible es que los maderos para las máquinas de asedio fueran bajados por el Gállego.

LACARRA (1960), en su clásico libro sobre el Aragón medieval, cita el comercio almadiero en los ríos del Alto Aragón.

En 1317 Jaime II concede durante ocho años a tres de sus cortesanos y a un ciudadano de Barcelona el poder cortar maderas en los bosques de Biescas y transportarlas por el Gállego “aptas para antenas, escalas, remos y timones de galeras” (Archivo de la Corona de Aragón [ACA], Can., reg. 214, f. 32r, en GÓMEZ DE VALENZUELA, 2006a: 38). El mismo rey de Aragón, en agosto de 1318, pide al justicia de Zaragoza que elimine los obstáculos que impiden la libre circulación de la madera que su armero, Pedro Meseguer, hacía bajar por el Gállego (ACA, Can., reg. 245, f. 5r-v [5/8/1318], en FERRER, 1990). Al parecer los troncos causaban daños en los azudes. El rey pedía paso a la madera por ser de utilidad, pero los propietarios de esta tenían que pagar los daños (ACA, Can., reg. 245, ff. 8v-9r [12/8/1318]).

Tres años más tarde, en 1320, se emiten dos mandatos de Jaime II que limitan el artiguelo en Biescas por necesitar la madera para la construcción naval (ACA, Can., reg. 245, f. 300v [15/3/1320] y ACA, Can., reg. 246, f. 104r [13/10/1320], y en FERRER, 1990).

El mismo rey envía en 1332 a Pedro Messeguer a Biescas y otros lugares a hacer cortar la madera para la armada destinada a Cerdeña (ACA, Can., reg. 246, f. 334r [10/1/1322], en FERRER, 1990).

El 12 de octubre de 1452 “Juan Pérez de Scureaga, vezino de Sant Sevastián del Regno de Castilla [...] bendo a vos Blascho Aznárez habitant en la villa de Biescas Sobirón [...] cinquenta piezas de fusta de pino [...]. Possada et livrada en la Ciudad de Caragoça a mis costas, periglos e menoscabos [...]. Et la dita fusta dar bos possada fuera del agua en la dita Ciudad allí do más cerca se pora possar” (Archivo de Casa Lucas de Panticosa, en GÓMEZ DE VALENZUELA, 1998: 40). Como no se menciona el cauce de transporte, es también posible que la madera se llevara por el Aragón.

En octubre de 1458 el Concejo de Biescas arrienda sus montes por diez años. Entre las condiciones, “Item yes condición que los de la dita billa ni alguno dellos no puedan prender ni tallar ninguna fusta que por el río enta iusso aya de ir de la Gorgoja enta iuso...” (protocolo de Martín Pérez de Escuer, ff. 56r-57r, Archivo de Casa Lucas de Panticosa, en GÓMEZ DE VALENZUELA, 2009: 54).

El 22 de junio de 1529 se firma un acuerdo entre Bartolomé Omiste, notario de Murillo, en nombre del Concejo de Murillo y sus aldeas, y Miguel de Aoyz, procurador de Hugo de Urriés, señor de Ayerbe. El primer punto señala que toda *nabata* que pase por el azud del molino del Gállego, o sea, el *molinaz*, propiedad de los Urriés, ha de pagar un madero por almadía, al igual que se hace en los otros azudes de este río (Archivo Histórico Provincial de Zaragoza [AHPZ], Luis Sora, ff. 197-199, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 318).

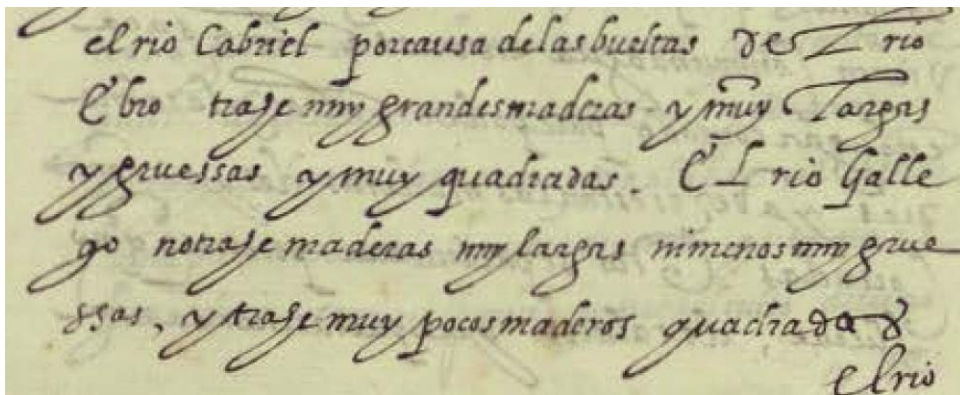
En este mismo trabajo figuran varios documentos que también testimonian el transporte de madera. En 1531 “Juan de Astasso almadiero vezino del lugar de yest de la Penya de las montanyas ribera del Gállego atendiendo e considerando que Domingo Navarro almadiero vezino del lugar de Morillo...” (AHPZ, Juan Arruego, f. 785v-r, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 324). En 1532 Berbat Fuster y Francisco Cit acuerdan que el primero compre toda la madera que este lleve a Zaragoza, incluyendo *fusta* del Gállego. Se incluyen precios por pieza, incluidos remos y barreles (AHPZ, Domingo Monzón, f. 169 y dos sin numerar, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 335). En 1536 se forma una compañía en Zaragoza para comerciar con madera y se menciona madera “gruessa y menuda” del Gállego (AHPZ, Miguel Español, ff. 104-107v, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 337-338). En 1537 Jaime Marín, fustero de Zaragoza, arrienda la madera de la pardina de

Nofuentes al abad de San Juan de la Peña (AHPZ, Juan Navarro, ff. 209v-210v, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 344).

El 28 de octubre de 1540 Antón de Baylo, vecino de Murillo, vende 124 maderos a Jerónimo Balguázar (AHPZ, Pedro Martínez de Insausti, ff. 1467v-1468, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 353). En mayo de 1541 Juan de Montori, habitante de “Sancta Olaria” (Santa Eulalia de Gállego), vende 100 maderos para ser puestos en la rambla del Ebro en la Pascua de Pentecostés del año siguiente (AHPZ, Pedro Martínez de Insausti, f. 320v, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 56). En 1542 Johan López y Juan Bombáu se asocian para comprar madera: “Que toda la madera que hubieren menester para sus casas de Manblas la hayan de tomar en puesta en la barca alta de Gállego” (AHPZ, Miguel de Uncastillo, dos folios sin numerar entre 699 y 700, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 357). En diciembre de 1544 Juan Ximénez de Morán y Miguel Íñiguez de Murillo venden 300 maderos a Juan Alcober, “puestos pasados la Gorgocha” (AHPZ, Pedro Martínez de Insausti, ff. 3v-4, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 362). En noviembre de 1545 Juan de Arbins y Juan de Juan Pérez venden 400 maderos, puestos a un precio dado desde la pardina Ferrera hasta Zaragoza (AHPZ, Pedro Martínez de Insausti, ff. 676v-677, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 366).

En 1544 Juan Gombáu, sastre y tratante de *fusta*, concierta con Ximeno, de Murillo un suministro de madera del barranco de Ferrera al Asabón. En 1560 las autoridades de la capital aragonesa pregonan que prohibieron la reventa de madera con la excusa de que había personas que acaparaban la madera que llegaba a la ciudad a carretadas desde los montes de Biel, por el Ebro o por el Gállego (Archivo Municipal de Zaragoza [AMZ], Pregones, 9-1560, 18, en BLÁZQUEZ y PALLARUELO, 1999, I: 54-55). En 1598 varios expertos hacen un informe a instancias de los jurados sobre los precios que debe tener la madera en Zaragoza, en el que aparece especificada la que viene por el Gállego (AMZ, caja 127, en GÓMEZ URDÁÑEZ, 1988: 397).

Hacia las mismas fechas se redactan *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*, donde se lee que “el río Gállego no trae maderas muy largas ni menos muy gruesas, y trae muy pocos maderos cuadrados” (LASTANOSA, ca. 1560, t. 4, f. 247r). Durante un tiempo atribuido al ingeniero italiano Juanelo Turriano, su autor parece conocer bien el territorio aragonés y ha sido más recientemente relacionado con Pedro Juan de Lastanosa.



**Fig. 1.** Texto sobre el Gállego en el manuscrito de *Los veintidós libros de los ingenios y de las máquinas* (LASTANOSA, ca. 1560, t. 4, f. 247r).

La obra presenta varias imágenes sobre el trabajo de la madera, incluida una almadía muy parecida a las que se hacen actualmente que ha sido reproducida en varias publicaciones. La figura 1 reproduce el texto sobre el Gállego.

En 1573 Martín de Guinea queda como arrendador de la cequia del Rabal. En el contrato se mencionan “derechos de almadías, fustes” (BLÁZQUEZ y PALLARUELO, 1999: 33-34).

En 1583 Mateo Alcober, mercader de madera, capitula con Pedro de Vera, labrador, la adquisición de “settecientos fustes redondos cortados puestos en el azud de Murillo en el azud de Ayerbe y en el azud de Belles-tar, en seco en los ataderos como es costumbre” (AHPZ, protocolo notarial de Juan de Lurbe, f. 768, en BLÁZQUEZ y PALLARUELO, 1999: 53).

El 10 de julio de 1588 Miguel Cábez, vecino de Murillo, acuerda con el abad de San Juan de la Peña, ante el notario Jaime Villacampa, la conducción en el plazo de un año de 2500 fustes redondos y cuadrados desde la confluencia de Vayetola y Asabón hasta sacarlos del Ebro en Zaragoza “en era que se le dirá”. Si el abad vende toda o parte de la madera en el camino, se hará la deducción correspondiente, y si no hay acuerdo se tasará por el maestro Zalaya de Huesca y el alcaide de Anzánigo como especial de Pequera (pardina entre Santa Bárbara y Longás). Los fustes se llevaron sueltos hasta el Gállego confiando en tronadas para sacarlos y ponerlos a secar en



el secadero y *ligadero* de la *zut* de Murillo. Allí se hacían las *nabatas* hasta el Ebro, sin pagar el camino, y Zaragoza, por ser franco el abad. Si se pasaban maderos por culpa de avenidas, Cábez estaba obligado a recuperarlos y unirlos en almadías, así como a tomar precauciones para evitar pérdidas por robos e impedir los efectos de las riadas (Archivo Histórico Provincial de Huesca [AHPHu], 00936, vol. 281, ff. 135r-137r, en PALLARUELO, 2003 y 2009). Cabe recordar que en 1571 se llevaron a cabo obras de restauración en la diócesis de Jaca, por mandato de Felipe II, a costa de bienes de este monasterio.

El 21 de marzo de 1616 los jacetanos Agustín Xalón y Juan Andréu establecen una sociedad para cortar y vender 800 pinos en la pardina de Ordolés. Además, hay una venta de la mitad de un molino de serrar en Sarsa (AHPHu, protocolos de Mateo del Conte, ff. 261-266r, en GÓMEZ DE VALENZUELA, 2016: 309). La pardina de Ordolés está en la cuenca del río Moro, afluente del Gállego, pero como se habla de sierra y animales de arrastre es posible que la madera serrada se evacuara por tierra.

El archivo del Ayuntamiento de Zaragoza guarda un documento de 1625 (ES 50297, AMZ 01.02, caja 7018, sign. 62-2) donde se presenta un pleito por aprehensión recabado por Juan Sanz, señor de Latrás, que impide el paso a maderos. El documento, en el que intervienen diputados del Reino y de Zaragoza y numerosos testigos, entre ellos varios maderistas, es muy interesante y merece un detallado estudio. El río era camino público e incluso real. De forma resumida se deduce que en la zona alta se bajaban los maderos sueltos, y estos se ataban en La Peña de Murillo formando almadías para abastecer de madera y leña a Zaragoza (“Que la madera cuadrada se bajaba por el Aragón y la redonda y alguna cuadrada pero poca por el dicho Río Gállego”) y que la madera del Gállego era imprescindible para los azudes del “Gállego, La Güerba y Xalón”.

En 1629, en Aragüés del Puerto, el mercader zaragozano Juan de Val protesta porque las almadías de Diego Irigoyen y Juan Macaya han atascado la garganta de La Peña en el río Gállego y no puede bajar su madera:

atento tiene cierta cantidad de maderos en el río Gállego debajo el puente del lugar de la Penna de la val de Trist y aquellos están detenidos en dicha garganta encargados y entarquilados unos sobre otros y ocupan el río Gállego que es camino real de tal manera que no puede persona alguna navegar su madera por dicho río Gállego mientras no se desocupe de dichas cargadas

que están en dicha garganta del puente de La Penna y más abajo y esto en notable daño del rey nuestro Señor y de sus vasallos y del dicho Joan de Val por tener cierta cantidad de madera más atrás en el mismo río Gállego la cual tiene detenida más atrás por no estar desocupado dicho río y garganta de La Penna a fin y efecto de llevarla y almadiarla por dicho río Gállego al río Hebro o a otras partes. (AHPHu, Valentín Sánchez de Sallent, ff. 87v-89v, en GÓMEZ DE VALENZUELA, 2006: 372)

En mayo de 1630 Alexandre Lacasta, de Agüero, concuerda con Vicente López, de Zaragoza, un abasto de madera que debía colocarse para el día de San Juan Bautista en la orilla del Ebro del puente de madera.

Durante una parte del siglo XVIII la Marina española se hace cargo de la gestión forestal, en la línea de lo descrito por APPUHN (2009) para Venecia. La lámina número 22 del álbum de construcción naval de Juan José Navarro, marqués de la Victoria (NAVARRO, 1740; Archivo del Museo Naval, ms. 2463-022), es una combinación de un plano forestal de la cuenca del Ebro con una amplia leyenda informativa sobre bosques, flotación y cañamo. Acerca del Gállego, presente en la figura 2, donde se graffian Zuera, Marracos, Ballestar, Ardisa, Santa Eulalia, Morillo y Sabiñánigo, se menciona: “Descripción del río Gálligo. Este Río, y los Montes que tiene no son de consideración, pues sus árboles aunque son corales, son tuertos y delgados, y muy difíciles a conducir”. Hay que señalar que la clasificación clásica de la madera entre *melis* y *coral* no se refiere a especies concretas, sino a la relación entre albura y duramen en los fustes, con evidentes diferencias en el color y otras propiedades de la madera. La segunda calidad no tiene que ver con la presencia de *tea*, un alto contenido en resina en la madera.

Para la Marina del siglo XVIII tampoco tiene interés su cañamo: “en las del Gálligo no son buenas para fábrica de jarcia por ser flaco y basto”. Cifra la producción, de Puendeluna a Sabiñánigo, en 229 arrobas. Aparentemente, según MELERO (1991: 156), este mapa, o tal vez uno muy parecido, fue realizado el 7 de abril de 1739 por Juan de Valdés y Castro, capitán de fragata, y Antonio Gállego de Montemayor, comisionado de Marina. Ambos realizaron sendos informes (Archivo General de Simancas, Secretaría de Marina, 553) a partir de un largo viaje por el interior del país (MARTÍNEZ GONZÁLEZ, 2014). Es posible que la opinión sobre el bajo interés del Gállego para la Marina se deba a que esta buscaba árboles de gran porte para arboladuras, como aparece en la recensión de BAUER (1980: 444-445).



**Fig. 2.** Vista parcial de la cuenca del río Gállego, en NAVARRO (1740).

El documento citado señala, para otras cuencas, algunas medidas de mejora como la retirada de algunas rocas. En el siglo XVIII se hacen voladuras en la Gorgocha de La Peña (LAFUENTE y GRAGERA, 2013: 186). De este hecho queda recuerdo popular, como se habla más adelante. Es posible que fuera realizado en relación con la información anterior.

Según la documentación que se encuentra en el Archivo Histórico de la Nobleza (ES 45168, AHNOB, Parcent, caja 148, doc. 12), en junio de 1743, tras una gran riada, Juan de Soler, administrador de la condesa de Atarés, en compañía de Roque Casañal, sorprende a varios vecinos de Alcalá de Gurrea (Jorge y Lorenzo Sarasa, Agustín Bercero, Diego Lanuza, Miguel Obered, Esteban y Domingo Mallada, Antonio Dieste, Martín Juan Liarte, Manuel de Valero, Joseph Barcis) cuando acarreaban maderos desde el soto de Doña Blanca a esta localidad. Se confiscan varios pares de mulas para su devolución. Algunos de los citados reconocen por escrito los hechos ante testigos como Francisco Carrera y Diego del Til. Un escrito del administrador ante Rafael Pilares, alcalde y juez ordinario de Gurrea, afirma sobre la condesa de Atarés y del Villar: “la dicha Exma. señora tiene construidos dos azudes, por los quales siempre que han pasado almadías han pagado y pagan un madero por cada una de dichas azudes”. Continúa señalando que

había un acopio de estos maderos junto al azud de Bellestar; que una gran avenida, del 14 al 17 de junio, había movido esta madera con la de otros particulares al soto de Doña Blanca; que, como ya había sucedido en el pasado, la baronía de Gurrea mandaba recoger dicha madera, y si “parecía dueño la mandaban restituir” o se pagaba, y si no aparecía el propietario, se empleaba en las fábricas señaladas. Un testigo, Antonio Sarraseca, de 44 años, señala que, habiendo tomado un madero y puesto en un pajar propio, con permiso del administrador, Isidro Abiό, apareció el dueño, Antonio Pérez de Murillo, y se le pagó, como estaba recogido en las Ordenaciones de Gurrea. El testigo también menciona que, estando recogiendo por bando, en las fechas mencionadas, la madera para un puente sobre el Sotón, sorprendieron a varios vecinos de Alcalá. Uno de ellos, Lorenzo Crespo, se llevó un madero que era de un almadiero. Que ofreció pagar un cahíz de trigo pero que le pareció poco precio al almadiero. Y que había impedido a Joseph Burro, Domingo Mallada, el herrero de Alcalá, Francisco de Maruja, Joseph Chiclo y Lucas Sanz que tronzaran un madero de más de 70 palmos. Por su parte, Antonio Mallada, de 64 años, responde que, en el pasado, la villa de Gurrea había pagado al almadiero Patricio de Huesca por dos maderos que había empleado, recogidos de una avenida. Y que el ya referido Crespo había tronzado en tres partes un madero de un almadiero.

Hay testimonios indirectos de un tráfico de maderos por vía terrestre, entre las eras de Ballestar y Huesca, según consta en el AHPZ (J/001303/0011). En 1753 Diego Maurel, vecino de Huesca, que transportaba madera desde el Gállego para casas en Huesca con unos bueyes, suplica que se permita que sus animales pudieran pastorear, léase sin pagar, durante el camino. Había tenido problemas con Pablo Salcedo, arrendador del castillo de Rosel, que le secuestró dos bueyes que estaban en ese monte y envió a Ayerbe a otros dos que pastaban en el monte de esta localidad. En el castillo de Artasona, seis o siete personas con escopetas y palos le habían exigido 5 reales por buey y llevaba ocho animales. Se le quedaron una capa de cordellate a medio servir, que no le habían devuelto. En el castillo de Algás tampoco le permitían usar las hierbas. No aparece resolución judicial salvo una primera decisión para que se devolviera la prenda. La demanda de madera para grandes obras en Huesca no podía ser resuelta por las cercanas sierras, en aquellos momentos ya sometidas a una fuerte presión por el carboneo.

En 1776 Antonio Gállego, de Santolaria de Gállego, suplica que el alcalde de Riglos no le impida el paso de madera que ha cortado para un nuevo azud en el Gállego (AHPZ, J/001306/0013). El conflicto tenía un precedente dos años antes, cuando el alcalde no dejó pasar una partida del mismo maderista a través del muro y la calle única de la localidad, prendiendo a Antonio Gil y Antonio Arbués, criados de Gállego. Dos años más tarde, Gállego tiene un acuerdo con Francisco Abió, vecino de Zuera e interventor y director de la nueva obra del azud de Camarera, para proporcionar madera para la presa y cinco puestos de ribera. Los problemas se repiten, pero al pedir informe la Real Audiencia al alcalde de Riglos comparece Martín Francisco Fuertes, rector de la parroquia, quien dice que el paso de los maderos afectaban a una porción de vino que estaba en su bodega producto de los diezmos, dado que el paso de los maderos levanta las brisas y agrian el vino. El conflicto entre los obstinados maderista y cura tiene aspectos interesantes, como las ausencias interesadas de Gállego para retrasar el recibo de los mandamientos judiciales, un paso de parte de los maderos como hecho consumado y nuevos requerimientos y contraescritos. Al final se ordena una visura que realiza Alexos García, abogado oscense. Este señala que la madera de las Articas y el Serradero se saca por los Apeles al Escalar y, tras pasar el camino de La Peña, a sitio oportuno para atarlas. Más al sur, señala que la madera de las partidas Espinabla, Turón y Chuan de Ena pasaba por el pueblo hacia el camino del vado de Cocula, donde se ligaba. Pero da la razón al rector de los problemas, tanto en los lagares como para la seguridad de los vecinos del pueblo, y señala que hay alternativas más cómodas para todos. En una última comparecencia, el rector informa que Gállego está sacando las últimas maderas por un camino alternativo. La Audiencia acaba ordenando que en el futuro no pasen maderas por la calle principal de Riglos, advierte al alcalde que sea más puntual y obediente y condena a Gállego a pagar las costas. Gállego alegaba que era imperioso llevar los maderos para evitar que los estiajes impidieran conducirlos y que las avenidas continuaban creando problemas.

En 1777 Gil Pérez, de 25 años y también de Santolaria, solicita ayuda a la justicia para que vecinos de Murillo, Concilio, Ayerbe, Biscarrués, Orés, Venta de Rosel, Gurrea, Alcalá, Marracos, Piedratajada, Ardisa, Molmesa y Bellestar le devuelvan gran parte de los 370 maderos que había

comprometido con Abió para llevar en almadías hasta la Torre de la Camarera y que habían sido arrastrados por una avenida en abril antes de que pudieran atarlos. El documento acaba con la solicitud, y probablemente solo consiguió recuperar una parte de su madera.

El de 1783 fue un año de grandes problemas sanitarios en Aragón que se ha sugerido (CUCHÍ, 2015) en relación con una importante erupción de un volcán islandés que contaminó la atmósfera europea. Un documento en el AMH (caja 504) informa de un escrito, del 23 de enero de 1783, de varios gremios zaragozanos (arquitectos, carpinteros, ensambladores y escultores) relacionados con la madera para facilitar el tránsito de almadías por el Gállego, que fue remitido al intendente de Aragón y del que este pide informe al Ayuntamiento en agosto. El documento señala la mala calidad y el alto precio de la madera que viene del Aragón, por el agotamiento de los bosques de sus montes, por los muchos días de transporte (de 30 a 36) y por las pechas por entradas y salidas de los reinos de Navarra, Aragón y Castilla, así como por los pasos de puentes y azudes, que suponen un 25 % de incremento del precio. La solución estaba en el Gállego, pero no se podía extraer por “hallarse este muy estrecho en una porción de su curso en el término o partida q<sup>e</sup> llaman la Gorgocha”. Los interesados pedían que un ingeniero determinara algún medio para *desancharla*. El Ayuntamiento en relación con los gastos de visura señala que está por la labor, pero que también tienen que contribuir los dueños de los montes de donde se extraen las maderas, así como los proyectistas que las usen. Debió de hacerse proyecto porque hay una nota en el expediente diciendo que, en enero de 1785, Jacinto Carreras, mayordomo mayor de los carpinteros, Miguel Cubero, *behedor* de los mismos, y Juan Duarte habían valorado el coste en 3600 libras jaquesas. El expediente, con plan y proyecto, llega al conde de Floridablanca, quien en septiembre de 1786 ordena recabar informe del Ayuntamiento. Este asegura que el proyecto es beneficioso, pero que en lugar de que la ciudad ponga dinero sería conveniente poner un pago de un 10 % a las maderas que pasaran por el estrecho.

El 21 de septiembre de 1787 una riada se llevaba la barca de Gurrea y destruía su azud Molina, según documentación procedente de Casa Parcent.

Dos años más tarde, se ensancha la Gorgocha de La Peña (LAFUENTE y GRAGERA, 2013: 186).

BLECUA (1792: 55), en su descripción del partido de Huesca, menciona maderas para construcciones llevadas por el río Gállego desde la carbonera propia del conde de Atarés.

ASSO (1798: 24), muy interesado en temas económicos, cita la actividad de *nabatas* en el Aragón y el Cinca. Para el partido de Jaca solo menciona “la construcción de una nueva carretera en el Monte de San Juan de la Peña para la conducción de los árboles de la real Armada”. PIQUERAS y SANCHÍS (2015: 79) suponen que se llevaban al cauce del Gállego, pero también podían conducirlos al Aragón.

En 1800 María Josefa de Azlor, viuda de Pedro Jordán Vicente de Urriés, marqués de Ayerbe y de Rubí, se subroga en un pleito de este y la Real Hacienda sobre el producto que rendían las almadías que bajaban por el río Gállego.

El 6 de junio de 1856 una inesperada avenida arrastra una almadía, que choca con la barca de Santolaria, rompiéndole la sirga y arrastrándola al azud del molino de Ayerbe, donde perecen la barquera y el almadiero, según *La Esperanza* del día 17.

Hay una breve referencia a la flotación en el Gállego en la *Memoria sobre los productos de la agricultura española reunidos en la Exposición general de 1857*: “El Gállego, con todos sus afluentes, desde la altura de Biescas es flutable parte del año por almadías de dos tramos y da fácil salida a los productos de su cuenca para los mercados de Huesca, Zaragoza y Tortosa: la inspección de las almadías se halla en el pueblo de La Peña” (PIQUERAS y SANCHÍS, 2015: 72). La figura 3 presenta la nomenclatura y el dimensionado de maderas en la provincia de Huesca.

En abril de 1874 muere Antonio Sesé, de *La Vilella* (léase Lavelilla, en el Ara), al partirse su *nabata* en la *escorra* de Riglos y desaparecer en el agua. Recuperado el cadáver, días más tarde fue enterrado cuidadosamente en el cementerio de Murillo. Los documentos describen su indumentaria y el dinero que llevaba encima (Archivo Municipal de Murillo de Gállego, en CUCHÍ, 2017).

*El Diario de Huesca* del 7 de febrero de 1885 presenta una carta firmada por X, desde Biescas, donde se señala que el 6 de octubre del año anterior Juan Cirilo Teruel pidió permiso para la conducción a flote de

**MARCO USADO EN HUESCA.**

NOMBRES.	LARGO.	TABLA.	CANTO.	CARGAS.	DIÁMETRO.
	Palmas aragonesas.	Palmas aragonesas.	Palmas aragonesas.		
Árboles.....	de 140 á 150	»	»	»	3 á 4,50
Entenas.....	120 130	»	»	»	3 4
Sesentenas.....	60 70	4	4	6	»
Cincuentenas.....	50 60	4	4	5	»
Cuarentenas.....	40 50	4	4	4	»
Veintecuatrenas.....	24 30	2, 5 á 3	1,75	2	»
Dobleros.....	34 40	1, 5 2	1,50	2	»
Filas.....	26 30	1, 5 2	1,25	1	»
Fustos.....	30 36	1,25 1 y 2	1,25 á 2	1	»
Filetas.....	30 34	1 1,50	1 1,50	0,66	»
Medias cargas.....	24 28	0,75 1	0,75 1	0,50	»
Maderas redondas.....	18 32	»	»	»	0,50 á 1
Trillos.....	12 15	»	»	»	2 3

La leña se vende por cargas á 0,50 rs.

**Fig. 3.** Dimensionado de maderas en Huesca (*Memoria sobre los productos de la agricultura española reunidos en la Exposición general de 1857*, p. 467).

El palmo aragonés equivale a 0,193 metros.

41 956 piezas de pino por el barranco Asabón y el Gállego hasta Zuera. El anónimo informante asegura que no se trata de bajarlas en almadías, sino sueltas; que esto afectará a los maderistas situados aguas arriba, que usan almadías cuya velocidad es quince veces mayor; que las maderas sueltas, impulsadas por avenidas, pueden arrastrar las almadías que encuentren a su paso y pueden chocar con las cinco barcas de pasaje que hay entre La Peña y Zuera. La carta es un evidente conflicto de intereses que recuerda la tragedia de 1856 e incluso evoca la terrible avenida que destruyó Sangüesa en 1787.

El 7 de noviembre de 1900 el mismo diario informaba de que José Palomar Mur había presentado una instancia para conducir por el río Gállego madera, leña y demás productos de su finca Castillo de Rosel, sita en el término municipal de Ortila.

Desde 1919 en adelante al menos once maderistas, comenzando por Manuel Hualde, flotaron maderas por el Asabón y el pantano de La Peña hasta la estación de Santa María y La Peña. El peaje del paso de la madera por el pantano era de un madero por cada quinientos. Una riada en el



Asabón que arrastró la madera del mencionado maderista ocasionó la rotura de un puente (LAFUENTE y GRAGERA, 2013: 184), probablemente el paso de cabañera, que tiene varios pilares distintos. El 31 de mayo de 1924 un escrito de Ciriaco Hualde al presidente del Sindicato de La Peña señala que tiene 2000 pies en Campo de Oro, en el Asabón, para llevarlos en almadías hasta la estación de La Peña (fig. 4).

Sr. Sr. Sr.

Don Ciriaco Hualde vecino de Ciriaco  
Mayor de edad, Jefe de profesión  
residente en el R. G. con el respectivo de vi.  
de el p. m.

Que tiene contratado una cantidad  
de madera que consta de 2000 pies  
para depositarla en la Estación de  
Campaña, esta madera la tiene  
depositada en las riberas del Río, y para  
el transporte de ella de Oro hasta al  
puerto del Pantano y desde la como  
propiedad e disposición de la tran-  
sporte por el puente de las almadías  
hasta la Estación con el todo es un  
para y para llevarlo a efecto. Me refiero  
la capacidad que constancia en  
del momento de un día por el  
ca. Por lo cual  
a. V. G. Republica el correspondiente a ser  
micro para llevarlo a efecto

Gracia que era dada a la  
del R. G. para el de V. G. una vida que  
de San Martín de los Andes

Dada el 31 de Mayo de 1924  
Ciriaco Hualde

Sr. Presidente del Sindicato de  
Campaña del Gallego a la Peña  
L. Gragera

**Fig. 4.** Instancia de Ciriaco Hualde al Sindicato del Pantano de La Peña.

En 1930 un informe del Distrito Forestal señalaba que:

Término de Acumuer.— Se ha empleado el río Aurín para el transporte de maderas del término, hasta su confluencia con el Gállego, empleando el procedimiento de piezas sueltas en la época de primavera que mayor caudal conduce.

Término de Secorún.— Desde tiempo inmemorial se emplean para el transporte de maderas, las aguas de los ríos Basa y Guarga, hasta su confluencia con el Gállego, en los términos de Sabinánigo y Jabarrella empleando el procedimiento de piezas sueltas, en los meses de Noviembre a Abril en que por las lluvias y deshielos es mayor el caudal de agua, calculándose en diez mil las piezas que anualmente se transportan en dicha forma. (AHPHu, A 1760, en PALLARUELO, 2008: 33)

Después de la Guerra Civil la motorización, el avance en la construcción de pistas y algunas extracciones por cable hacia 1960 hicieron desaparecer paulatinamente el barranqueo. Así, SATUÉ (1983) indica que todavía *se barranquiaba* en Val de Basa hasta 1940 y que aún vivían personas que habían hecho lo mismo en el Guarga.

Años más tarde en Sobrarbe se volvieron a construir *nabatas* con fines etnológicos. En el Gállego también, en 2001, con propósitos reivindicativos desde la *placha* de Murillo al puente de hierro de Santolaria, aunque algunas *nabatas* han descendido hasta Erés. En 2014 este conjunto de actividades fueron declaradas Bien de Interés Cultural Inmaterial por el Gobierno de Aragón.

### *Peajes*

Aunque se consideraba que los ríos eran caminos reales, es evidente que se pagaban peajes al paso de los azudes de grandes molinos y sindicatos de riegos (Anzánigo, Murillo, Molinaz, Ballestar, Gurrea, Candevanía, Rabal y Urdán). Ya se ha comentado el pago en especie, un madero por *nabata*, en el Molinaz, Ballestar y Gurrea. Probablemente sería similar en los restantes. Evidentemente podía haber cierta tendencia a pasar sin pagar, amén de que no siempre sería posible el parar un peso muerto de varias toneladas como es una *nabata*. Caso aparte eran los daños que la madera pudiera ocasionar en estas obras, que iban a costa del que los ocasionaba. Se pagaban peajes en los azudes y de allí el interés del documento ya citado, en el que el abad de San Juan de la Peña insiste en señalar, en 1588, que su madera

estaba exenta de peajes en Zuera y Zaragoza, posiblemente relacionados con sus puentes. PALLARUELO (2008: 74), al hablar del acuerdo de 1588 entre el abad de San Juan de la Peña y el *nabatero* Miguel Cabez, especifica que se le dan 150 maderos para pagar peajes y madera perdida.

Otro documento francamente interesante es la carta firmada el 11 de mayo de 1501 donde los jurados de Zaragoza exponían que, conforme a los privilegios de dicha ciudad, los zaragozanos eran francos de pagar pasajes y derechos de azud en el transporte de madera por el Gállego, el Ebro y otros ríos, por lo que requerían la devolución de los ya tomados (Real Academia de la Historia, 09-00890 [m-84], f. 9). Es de suponer que también estuvieran exentas de peajes las conducciones para la Marina durante el siglo XVIII. En el XIX, estos peajes desaparecieron, como señalan IDOATE (1979) y GUERRERO (1992) para los almadieros navarros, al igual que lo hacían los privilegios de la mayoría de los señoríos.

Tema irresuelto por ahora es saber si también pagaban en el paso por determinados señoríos (castillajes). No parece casual que los Urriés tuvieran palacio junto a los puentes en la Gorgocha de La Peña y Asabón, al tiempo que la familia Gurrea, antagonista de los anteriores en tantas cosas, era dueña del estratégico castillo de Ballestar, inicio del camino terrestre de la madera hacia Huesca. Tampoco se ha encontrado información sobre si se pagaba en determinados puentes (Zaragoza, Zuera), o si alguna localidad o convento pudiera tener algún tipo de derecho, al estilo de lo descrito en el Aragón por LABEAGA (1992).

El precio final de la madera en destino está relacionado con la especie, el tamaño de la pieza y la calidad. Pero también con el coste del transporte, donde intervienen la mano de obra y los diferentes peajes. Como por el Gállego hasta Zaragoza el descenso era más corto que por el Aragón, y además no se cruzaba ninguna frontera, esto debía de notarse en el precio.

### *La memoria popular*

Habiendo desaparecido la navegación en *nabatas* hace unos ciento cuarenta años, queda muy poca memoria popular. Cuando se comenzó la construcción de *nabatas* en 2001, apareció un vecino de Riglos que recordaba haber participado en el transporte fluvial de madera. Posiblemente trabajó

en los movimientos por el Asabón. En Santolaria de Gállego hay recuerdo de una *Casa Navatero* y se mantiene el apellido Buisán, que indica un origen sobrarbense. Algunas ganchas se exhiben en un mesón en el Asabón y otra, encontrada en Otal, está en el Museo de Artes de Serrablo (Enrique Satué, comentario personal).

LÓPEZ ARRUEBO (1981) cita el recuerdo oral familiar de un *nabatero* muerto frente a Latrás, al clavarse un remo tras chocar este contra una piedra. Señala, además, que los *nabateros* estaban autorizados a dejar solas las almadías al llegar al estrecho de La Peña para repararlas en Murillo. Pero él no debió de verlas en persona porque el dibujo que acompaña al texto, de probable factura propia, refleja mal la disposición de los remos delanteros.

VIÑAS (2011: 58) indica que las *nabatas* tenían que ser desmontadas en La Peña y armadas de nuevo más abajo, y escribe: “Se procedió a drenar esa parte del río, creo que en el reinado de Carlos III. El trabajo se hizo con penados que de noche se llevaban a Cacabiello”.

### *Los maderos*

Otros testigos mudos de la flotación son los maderos transportados por el río. Muchos ya han desaparecido, especialmente los utilizados en obras hidráulicas. Pero conforme ha ido avanzando el interés por el transporte de madera en la cuenca del Ebro se han localizado algunos maderos en la basílica del Pilar y en el Paraninfo de la Universidad de Zaragoza, que pudieron bajar por el Aragón o por el Gállego. En la cuenca de este último río es posible que se encuentren algunos maderos fluviales en edificaciones que ostentan, en sus dinteles, fechas de los siglos XVIII o XIX. Para evitar confusiones con los maderos de arrastre puramente terrestre, en las maderas de inequívoco transporte fluvial han de observarse apuntamientos en ambos extremos con *mortesas*, rebajes longitudinales en los extremos de los maderos y uno o más agujeros perpendiculares para ligarlos mediante *verdugos* a las *traveseras*.

### *El fin de la flotación en el Gállego*

Salvo en el Asabón, no hay una fecha clara para la finalización de la flotación en el Gállego. La carretera de Zaragoza a Francia llegó a Murillo

hacia 1862, tras la construcción del puente de esta localidad. Desde La Peña subía por la orilla derecha hasta Anzánigo, juntándose en la Garoneta con el viejo camino Jaca – Zaragoza. Del puente de Anzánigo subía por Bernués y el puerto de Oroel hasta Jaca, dejando ya a un lado la cuenca alta del Gállego. La carretera era de tracción animal, y así siguió hasta finales del siglo XIX: parece poco atractiva para transporte de grandes maderos. De hecho, como muestra el accidente de 1874, se siguió utilizando el río en fechas posteriores.

El ferrocarril llegó a Huesca en 1862. El 30 de julio de 1891 lo hacía la primera locomotora a Ayerbe, pero la estación estaba unos 4 kilómetros alejada del río. El 8 de febrero de 1893 llegaba el tren a Sabiñánigo. Aunque la estación se construyó en 1910, y con ello el desarrollo de su barrio adjunto, es posible que ya hubiera un cargadero de madera en fechas anteriores. Aquí sí que es posible que se cargara la madera del valle de Tena a finales del siglo XIX.

Los azudes molineros y de riego eran, ya de antiguo, un problema para la flotación en general y las almadías en particular, que se salvaba con riesgos, daños y peajes. La construcción de presas de mayores dimensiones, para riego o producción de energía eléctrica, añadió problemas insalvables. Como señala GIL OLCINA (2006), la legislación de aguas del siglo XIX, en parte vigente hasta finales del XX, consideraba la flotación como un aprovechamiento hidráulico con derecho sobre los nuevos usos. Los avances tecnológicos que permitieron la construcción de grandes presas llevaron a conflictos con el transporte de maderas. Así, en un artículo anónimo publicado en la *Revista de Montes* en 1924, al hablar del proyecto del embalse de Yesa, y haciéndose cargo de la alegación presentada por el ingeniero jefe del Distrito de Huesca, se señalaba “que la vigente Ley de Aguas, en su artículo 141, ha dispuesto: que en los ríos flotables no se autorizará la construcción de presa alguna, sin las esclusas y portillos o canalizos”.

En el Gállego, las nuevas obras hidráulicas se inician con el siglo XX. Un poco más arriba de la Garoneta, la sociedad Hidroelectricidad de Huesca (HidroHuesca), fundada en 1903 y participada por Severino Bello, construyó una pequeña central con un azud en arco (fig. 5) para suministrar a la capital del Alto Aragón. En 1904, para iluminar Zaragoza, se inauguraron las centrales eléctricas del azud de Puendeluna – Salto del Lobo y del



**Fig. 5.** Azud de la central de HidroHuesca en el río Gállego, que fue afectado por la riada de 1942.

de la Garoneta – central de Carcavilla. Esta última, con un azud recto (fig. 6) situado aguas arriba del anterior, tomaba un caudal de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor medio del estiaje. Su energía llegaba a Zaragoza el 24 de agosto de 1904. El azud de Puendeluna (fig. 7), también recto, está situado aguas abajo del castillo de Ballestar.

En el sentido mencionado, hoy en día los azudes de la Garoneta e HidroHuesca presentan una escotilla en su parte central que pudiera entenderse compatible con la flotación de madera, algo que no se observa en el de Puendeluna. Sin embargo, la barrera más importante a inicios del siglo XX era el pantano de La Peña.

Las obras de este pantano se realizaron de 1904 a 1913 bajo la dirección de Severino Bello Poeyusán sobre un modificado del proyecto redactado en 1900 por Antonio Lasierra Purroy y José María Royo Villanova (LAFUENTE y





**Fig. 6.** Azud de la central de Carcavilla en la Garoneta, sobre el río Gállego.



**Fig. 7.** Azud de Puendeluna. No se observa ninguna estructura para el descenso de *nabatas*.

GRAGERA, 2013). Su construcción, entre otras cosas, obligó a la realización de una variante, puente incluido, de la carretera de Zaragoza a Francia y un nuevo tendido ferroviario de 4081 metros. La obra construida no parece contar con ninguna alternativa para facilitar la flotación río abajo (Javier Estallo, comentario personal). No hay ni rampas exteriores ni ningún tipo de grúa como en Ardisa. El descenso por los aliviaderos subterráneos se puede calificar como muy peligroso. Conocida la profesionalidad de Bello (véanse los artículos anónimos de 1908 y 1910; BELLO, 1916, y LAFUENTE y GRAGERA, 2013), se hace extraño que no hubiera tomado las medidas oportunas si hubiera sido necesario.

Unos años más tarde, al hablar de la actual presa de Ardisa, se escribe: “De la flotación en el Gállego no es preciso ocuparse, pues no existe ya en el Gállego; pero si se restableciera el aliviadero daría en todo tiempo paso fácil a las almadías” (NICOLÁU y DE LOS RÍOS, 1913).

Aparentemente, a principios del siglo XX la flotación de maderos desde la cabecera del Gállego y desde Murillo parece que ya había cesado. En resumen, el uso de *nabatas* en el Gállego debió probablemente desaparecer hacia la década de 1890 por efecto del ferrocarril. A modo de ejemplo sirve la imagen de un tren maderero en el libro sobre el Canfranc de PARRA (1988: 206).

### *Advocaciones religiosas: la Virgen del Puente de La Peña y san Nicolás*

Es evidente que el oficio de *nabatero* era muy peligroso. El estrecho y profundo paso de la Gorgocha de La Peña, hoy represada, era uno de los puntos temidos por los *nabateros*. LEANTE (1889: 327-333), al describir la ermita de Nuestra Señora del Puente, escribe:

Siendo el estrecho o garganta que las peñas forman en aquel sitio, uno de los puntos más peligrosos para los armadieros que conducen maderas por el Gállego, aquella sagrada Imagen fue siempre adorada de los que se ven precisados a ganar el sustento con tan fatigoso trabajo, y más de una vez habrán resonado en las cavernas de las empinadas rocas, las Salves que entonaban estos viajeros a la Santísima Virgen, antes de entrar en el peligroso paso; como más de una vez el cielo los habrá librado de la muerte por la intercesión del Ángel de aquellas Termópilas.

FACI (1739: 179) señala que el templo estaba asociado a la parroquial de La Peña, que fue renovada “pocos años ha”. La imagen es de tejo, sentada



sobre un banquillo donde aparecen los “escudos de la Religión de Santo Domingo y el Santo Tribunal de la Inquisición”. Tuvo cofradía desde 1601, procesión el 9 de mayo, san Gregorio Ostiense, patrón contra la langosta, y rogativas contra las sequías. La ermita fue incendiada en el siglo XIX. LEANTE (1889: 327) indica que la ermita estaba patrocinada por la familia García, de La Peña. Además, señala que a pesar de estar a más de 50 metros de altura sobre el nivel de las aguas, en avenidas de 1787, del 28 de julio de 1834 y del 5 de agosto de 1880, las aguas llegaron hasta el edificio. En 1889 se señalaba que el nuevo túnel de la carretera evitaría esos problemas. La ermita original está hoy bajo las aguas del pantano. UBIETO (1984) habla de un edificio de 13 metros de longitud y 5 de altura. Con la construcción del embalse se elevó una nueva junto al puente metálico actual. Imágenes de la ermita antigua aparecen también en VIÑAS (2011). En las cercanías está el puente, hoy también bajo las aguas, y unas ruinas que MADOZ (1848: 283) dice que eran el palacio del marqués de Ayerbe (léase de la familia Urriés).

Una segunda advocación a considerar es la de san Nicolás, obispo de Mira, hoy en la actual Turquía. En Occidente es conocido como de Bari, a donde fueron trasladados sus restos en el siglo XI. Fue famoso por su caridad y sus milagros en triplicado. Al margen de la evolución de su figura hasta su actual santa Claus, san Nicolás fue patrón de navegantes, incluidos los de agua dulce, y otros muchos colectivos como los ladrones y los presidiarios. En asuntos de flotación san Nicolás era patrón de los *zattieri*, en el Piave véneto, donde se dedicaron cuadros exvotos por los supervivientes de tragedias *nabateras* (CANIATO, 1993: 144-145). En Clamecy, en el Yonne francés, la Confrérie Saint-Nicholas agrupaba a los transportistas de leñas por vía fluvial hacia París. Mucho más cerca, san Nicolás es patrono de los almadieros de Burgui, en el Roncal (AGUIRRE, 2011). Es posible que en el Ebro medio existiera algún gremio y su correspondiente cofradía bajo esta advocación.

En el Gállego, san Nicolás es patrono de las iglesias de El Puente de Sabiñánigo (MADOZ, 1848), Puendeluna (fig. 8) y Gurrea de Gállego. Antiguas iglesias dedicadas a este santo hay en Bujaruelo, Sarsamarcuello, Lacasta, El Frago y Zaragoza, y una desaparecida parroquial en Jaca. Además hay o hubo ermitas, como en Abiego, capillas como la del desaparecido retablo de Velilla de Ebro y estatuas y dedicaciones al santo en numerosas iglesias.



**Fig. 8.** Capilleta de san Nicolás de Bari en Puendeluna.

## CONCLUSIONES

A través del río Gállego y sus afluentes, procedentes de sus bosques, durante siglos se transportaron por flotación, de forma suelta o en *nabatas*, grandes cantidades de madera.

Se pueden definir varios núcleos madereros en esta cuenca: los bosques de Biescas, Gavín y Yésero y el valle de Acumuer. En la depresión interior, sobre todo en las cabeceras del Basa y del Guarga, así como en la cuenca del Asabón, que aparece como un territorio de vocación forestal diseñado desde el monasterio de San Juan de la Peña.

El transporte fluvial se realizaba mediante barranqueo por los cauces menores, aprovechando las avenidas ligadas a tormentas. Probablemente las maderas del Asabón se transportaban sueltas hasta Murillo, donde se hacían más *nabatas* y se rehacían las dañadas.

En el Gállego se construían *nabatas* desde la zona de Biescas, que tenían que atravesar el peligroso estrecho de La Peña, donde se crearon problemas de cruzamiento de maderos y posiblemente los almadieros podían abandonarlas temporalmente. La playa de Murillo, cerca del molino, parece ser un

punto clave en la navegación, como desaguadero y ligadero. Otro problema son las abundantes grandes piedras que desde Sabiñánigo a Ardisa tapizan las orillas y, ocasionalmente, el centro del cauce. Evidentemente se sorteaban mejor con las avenidas del *mayenco*. Las grandes avenidas eran francamente muy peligrosas y arrastraban los maderos acopiados junto al cauce, de difícil recuperación, en parte por robo de los ribereños.

En su viaje las *nabatas* tenían que cruzar varios azudes, donde pagaban peaje en especie. Es posible que abonaran algún tipo de castillaje en La Peña (los Urriés) y Ballestar (los Gurrea), así como para la construcción de los puentes de madera en Zuera y Zaragoza.

El transporte en almadías parece cesar a finales del siglo XIX, cuando el ferrocarril llega al actual Sabiñánigo, una década antes de la construcción de los azudes hidroeléctricos de la Garoneta, HidroHuesca y Puendeluna y de la doble presa de La Peña. Hasta los años treinta parece deducirse que aún se construye alguna *nabata* por este último pantano desde la desembocadura del Asabón a la estación de ferrocarril de Santa María y La Peña. Asimismo, se barranqueó en el Basa y el Guarga hasta después de la Guerra Civil.

El trabajo era peligroso y se han encontrado referencias de algunos accidentes mortales. Se menciona la advocación de la Virgen del Puente de La Peña, en la entrada del estrecho. Probablemente la de san Nicolás en algunas localidades de la cuenca esté también asociada al transporte fluvial de madera.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la ayuda, los comentarios y las opiniones de Ignacio Pérez Soba, Ángel Gari, Francisco Fábregas, Luis Buen, Ricardo Mur, Francisco Lacasa, Rafael Vidaller, Carlos Tarazona, Víctor Martín, Enrique Satué, Jesús Gragera, Javier Estallo, François Valla y Raju Singh. También la compañía de M.<sup>a</sup> Dolores Giménez, Pedro Boráu, Gabriel de Buen, Ramón Luna, Encarna Domínguez, Ángel Marcuello, Pilar Almárcegui y José y Jesús Torralba, de Nabateros d'a Galliguera. Asimismo, nuestro agradecimiento al personal de las bibliotecas de la Escuela Politécnica Superior de Huesca y del IEA, así como de los Archivos Históricos Provinciales de Huesca y Zaragoza y del Museo Naval de Madrid.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNOLETTI, M. (1995). From the Dolomites to Venice: Rafts and River Driving along the Piave River in Italy (13<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> Centuries). *The Journal of the Society for Industrial Archeology*, 21 (1): 15-32.
- AGUIRRE, A. (2011). La fiesta de San Nicolás en Navarra. *Cuadernos de Etnología y Etnografía de Navarra*, 43 (86): 7-31.
- ANÓNIMO (1908). Pantano de la Peña: fundación de las ataguías por aire comprimido. *Revista de Obras Públicas*, 1730: 553-555.
- ANÓNIMO (1910). Un triunfo de la Ingeniería: el pantano de La Peña y D. Severino Bello. *Revista de Obras Públicas*, 1812: 389-395.
- ANÓNIMO (1924). El pantano de Yesa y la flotación de maderas. *Revista de Montes*, 1102: 555-556.
- APPUHN, K. (2009). *A forest on the sea: Environmental expertise in Renaissance Venice*. The John Hopkins UP. Baltimore. 361 pp.
- ARAQUE, E. (2007). Conducciones fluviales de madera desde las sierras de Segura y Cazorla (1894-1949). *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 40 (1): 81-105.
- ARAQUE, E. (2010). Explotaciones forestales de Renfe en las sierras de Segura y Cazorla. *Transportes, Servicios y Telecomunicaciones*, 19: 112-136.
- ARENAS, C. (1993). *Sedimentología y paleogeografía del Terciario del margen pirenaico y sector central de la cuenca del Ebro (zona aragonesa occidental)*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- ASSO, I. J. de (1798). *Historia de la economía política de Aragón*. Francisco Magallón. Zaragoza. 508 pp.
- BALCELLS, E. (1983). Almadías y almadieros: el interés de su estudio histórico. *Pirineos*, 19: 109-147.
- BARÓ, F. (1916). Saca y transporte de las maderas. *Enciclopedia Espasa*, t. 31, entrada "Madera (tecnología)", p. 1325. Espasa. Barcelona.
- BAUER, E. (1980). *Los montes de España en la historia*. Ministerio de Agricultura. Servicio de Publicaciones Agrarias. Madrid. 613 pp.
- BELLO, S. (1916). *Nota sobre los servicios de carácter social de las obras del pantano de La Peña*. Velasco. Madrid. 62 pp. + 2 planos.
- BENITO, G., A. PÉREZ-GONZÁLEZ, F. GUTIÉRREZ y M. J. MACHADO (1998). River response to Quaternary subsidence due to evaporite solution (Gállego River, Ebro Basin, Spain). *Geomorphology*, 22 (3-4): 243-263.
- BLÁZQUEZ, C., y S. PALLARUELO (1999). *Maestros del agua*. Departamento de Educación y Cultura. Gobierno de Aragón. Zaragoza. 2 tomos. 735 pp.
- BLECUA, P. (1792). *Descripción topográfica de Huesca y todo su partido en el Reyno de Aragón*. Ed. de A. Naval. Guara Editorial. Zaragoza. 1987. 298 pp.

- BRAUN-BLANQUET, J., y O. DE BOLÒS (1957). *Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Èbre et leur dynamisme*. Estación Experimental de Aula Dei (Anales de la Estación Experimental de Aula Dei, 5 [1-4]). Zaragoza.
- CÁMARA, P., y J. KLIMOWITZ (1985). Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica (cuencas de Jaca–Tresp). *Estudios Geológicos*, 41 (5-6): 391-404.
- CANALS, R. (1971). *En balsa por el Ebro: 30 días de navegación*. Montblanc. Barcelona. 227 pp.
- CANIATO, G. (ed.) (1993). *La via del Fiume dalle Dolomiti a Venezia*. Cierre Edizioni. Sommacampagna. 390 pp.
- CASTÁN, A. (2016). *Puentes históricos de Huesca, II: Cuenca del río Gállego*. Pirineo. Huesca. 286 pp.
- Catálogo de los productos presentados en la exposición de Agricultura celebrada en Madrid el año de 1857 precedido de algunos apuntes sobre la misma*. Imprenta Nacional. Madrid. 1857.
- CHIMITS, P. (1975). L'exploitation des forêts pyrénéennes par flottage. *Revue Forestière française*, xxvii-1: 61-68.
- CLAVER, I. (1950). Reseña forestal de la provincia de Huesca. *Argensola*, 3: 205-224.
- CREUS, J. (1983). *El clima del Alto Aragón occidental*. IEP (Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 109). Jaca. 233 pp. + 1 anejo.
- CUCHÍ, J. A. (2015). Posibles efectos de la erupción de Laki (Islandia) en 1783-1784 sobre el Alto Aragón. *Lucas Mallada*, 17: 159-175.
- CUCHÍ, J. A. (2017). Navatero muerto en el Gállego. *Comarca*, 93.
- DE VESCOVI, A. (2013). *Dal bosco all'Arsenale: appunti di viaggio di un abete rosso del Cadore*. Corso di laurea in Tecnologia ed industrie del legno. Università degli Studi di Padova. Padua. 61 pp.
- ERICE, R. (2011). El puerto fluvial de Caesaraugusta. En J. Arce y B. Goffaux, *Horrea d'Hispanie et de la Méditerranée romaine*: 143-158. Casa de Velázquez. Madrid.
- FACI, R. A. (1739). *Aragón, reyno de Christo y dote de María Santíssima*. Oficina de Joseph Fort. Zaragoza. 550 pp. + 8 de índice.
- FERRER, M.<sup>a</sup> T. (1990). Boscos i deveses a la corona catalanoaragonesa (segles XIV-XV). *Anuario de Estudios Medievales*, 20: 485-540.
- GIL OLCINA, A. (2006). Importancia y desaparición de un uso tradicional del agua: la flotación de maderas. *Eria*, 69: 57-74.
- GIMÉNEZ LÓPEZ, E. (2012). Almadías en el Ebro y en el Consejo de Castilla: el proyecto de navegabilidad de Mateo Jaime (1776-1790). En M.<sup>a</sup> J. Pérez Álvarez y A. Martín (eds.), *Campo y campesinos en la España moderna: culturas políticas en el mundo hispano*: 901-909. Fundación Española de Historia Moderna. León.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (1997). Los Abarca: señores de Gavín y de Serué. *Serrablo*, 103: 25-28.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (1998). *Documentos sobre artes y oficios en la diócesis de Jaca (1444-1629)*. IFC (Fuentes Históricas Aragonesas, 27). Zaragoza. 255 pp.

- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (2003a). *Capitulaciones matrimoniales de Jaca (1420-1791)*. El Justicia de Aragón. Zaragoza.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (2003b). *La vida en el valle de Tena en el siglo XVI*. IEA. Huesca / Ayuntamiento de Sallent de Gállego.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (2005). *La vida en el valle de Tena en el siglo XVII*. IEA. Huesca / Ayuntamiento de Sallent de Gállego. 256 pp.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (2006a). *Diplomatorio tensino (1315-1700)*. Real Sociedad Aragonesa de Amigos del País / Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja. Zaragoza. 383 pp.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (2006b). *Arte y trabajo en el Alto Aragón (1434-1750)*. IFC (Fuentes Históricas Aragonesas, 41). Zaragoza. 480 pp.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (2009). *La vida de los Concejos aragoneses a través de sus escrituras notariales (1442-1775)*. IFC (Fuentes Históricas Aragonesas, 51). Zaragoza. 630 pp.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, M. (2016). *Antología de documentos de derecho civil histórico aragoneses (1423-1798)*. El Justicia de Aragón. Zaragoza.
- GÓMEZ URDÁÑEZ, C. E. (1988). *Arquitectura civil en Zaragoza en el siglo XVI*, t. II. Ayuntamiento de Zaragoza. Zaragoza.
- GUERRERO, M.<sup>a</sup> C. (1992). Estudio de las almadías en sus diversos aspectos históricos, geográficos y culturales. *Cuadernos de Etnología y Etnografía de Navarra*, 24 (59): 7-24.
- IDOATE, F. (1979). *Almadías*. Dirección de Turismo, Bibliotecas y Cultura Popular (Temas de Cultura Popular, 38). Pamplona. 31 pp. 4.<sup>a</sup> ed.
- IRANZO, M.<sup>a</sup> T. (1983). Puentes medievales en la provincia de Huesca: aspectos económicos y sociales. *Aragón en la Edad Media*, 5: 45-68.
- LABAÑA, J. B. (1611). *Itinerario del reino de Aragón*. IFC/Prames. Zaragoza. Edición facsímil (2006). 384 pp.
- LABEAGA, J. C. (1992). *Almadías en Navarra, merindad de Sangüesa*. Gobierno de Navarra. Pamplona. 322 pp.
- LACARRA, J. M.<sup>a</sup> (1952). Gastón de Bearn y Zaragoza. *Pirineos*, 23: 127-143.
- LACARRA, J. M.<sup>a</sup> (1960). *Aragón en el pasado*. Espasa-Calpe. Madrid. 227 pp.
- LAFUENTE, J., y L. GRAGERA (2013). *El siglo de La Peña, 1913-2013: historia de un pantano centenario en el río Gállego*. Doce Robles. Zaragoza. 249 pp.
- LAIRÓN, A. J. (ed.) (2001). *Libre de diverses statuts e ordenacions fets per lo consell de la vila de Algezira*. Universidad de Valencia. Valencia. 254 pp.
- LASTANOSA, P. J. de (ca. 1560). *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*. BNE, mss. 3372-3376. 5 volúmenes de 84, 172, 73, 104 y 80 hojas.
- LEANTE, R. (1889). *Culto de María en la Diócesis de Jaca; o sea, Memoria histórica y religiosa de todos los Santuarios, Ermitas e Iglesias no parroquiales consagradas a la Santísima Virgen en este Obispado*. Imprenta Marina. Lérida. 467 pp.

- LISO, M., y A. ASCASO (1969). Introducción al estudio de la evapotranspiración y clasificación climática del valle del Ebro. *Anales de Aula Dei*, 10: 5-505.
- LÓPEZ ARRUEBO, S. (1979). El puente de Fanlo. *Serrablo*, 31: 1-4.
- LÓPEZ ARRUEBO, S. (1981). Los nabateros. *Serrablo*, 41: 13-14.
- MADOZ, P. (1848). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Establecimiento Litográfico y tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti. Madrid. 16 vols.
- MALLADA, L. (1878). *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España: descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Imprenta y Fundición de Manuel Tello. Madrid. 439 pp. + 2 mapas. (Facsimil, IEA, Huesca, 1990).
- MARTÍN, Ó. (2017). *Las pardinas del río Asabón: crónicas de un mundo olvidado*. Diputación Provincial de Huesca. Huesca. 216 pp.
- MARTÍNEZ GONZÁLEZ, A. J. (2014). La elaboración de la Ordenanza de Montes de Marina, de 31 de enero de 1748, base de la política oceánica de la monarquía española durante el siglo XVIII. *Anuario de Estudios Americanos*, 71 (2): 571-602.
- MELERO, M.<sup>a</sup> J. (1991). "A la mar madera": la madera en la arquitectura naval española. En B. Torres Ramírez (coord.), *Andalucía, América y el mar: actas de las IX Jornadas de Andalucía y América (Universidad de Santa María de la Rábida, octubre 1989)*: 145-157. Diputación de Huelva. Sevilla.
- Memoria sobre los productos de la agricultura española reunidos en la Exposición general de 1857 presentada al Sr. Ministro de Fomento por la Junta Directiva de aquel concurso*. Imprenta Nacional. Madrid. Entre 1859 y 1861. 1128 + CXLVII pp., [42] h. de lám., 4 h. pleg. Disponible en <<http://bdh.bne.es/bnearch/detalle/bdh0000012774>>.
- MILLÁN, H., B. OLIVA y A. POCOVÍ (2006). La transversal de Gavarnie-Guara: estructura y edad de los mantos de Gavarnie, Guara-Gèdre y Guarga (Pirineo centro-occidental). *Geogaceta*, 40: 35-38.
- MONTES, M. J. (2009). *Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno de la cuenca de Jaca (sinclinal del Guarga)*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 59). Huesca. 396 pp.
- MONTSERRAT, P. (1971). *La Jacetania y su vida vegetal*. Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja. Zaragoza. 109 pp. + 40 fotos + mapa en color a 1 : 200 000.
- NAVARRO, J. J. (1740). *Álbum de construcción naval del marqués de la Victoria*. *Diccionario de Arquitectura Naval Antigua y Moderna*. AMN, ms. 2643.
- NAVARRO, J. (1872). Transportes fluviales. *Revista Forestal*, v: 86-93 y 113-124.
- NICOLÁU, J., y F. DE LOS RÍOS (1913). Presa y canal del Gállego. *Revista de Obras Públicas*, 1 (1967): 283-285.
- OLLERO, A., M. SÁNCHEZ, J. M.<sup>a</sup> MARÍN, D. FERNÁNDEZ, D. BALLARÍN, D. MORA, R. MONTORIO, S. BEGUERÍA y M. ZÚNIGA (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. IFC / Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

- PALLARUELO, S. (1984). *Las navatas: el transporte de troncos por los ríos del Alto Aragón*. Instituto Aragonés de Antropología. Huesca. 88 pp.
- PALLARUELO, S. (2003). Almadías en el Gállego. *Comarca*, 38: 11-13.
- PALLARUELO, S. (2008). *Navateros*. Prames. Zaragoza. 268 pp.
- PALLARUELO, S. (2009). Almadieros en el Gállego. *Comarca*, 61: 18-19.
- PARRA, S. (1988). *El ferrocarril de Canfranc y los transpirenaicos*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Madrid. 281 pp.
- PIQUERAS, J., y M.<sup>a</sup> C. SANCHÍS (2001). El transporte fluvial de madera en España: geografía histórica. *Cuadernos de Geografía*, 69-70: 127-162.
- PIQUERAS, J., y M.<sup>a</sup> C. SANCHÍS (2015). *La conducción fluvial de maderas en España*. Universidad de Valencia. Departamento de Geografía. Arcís Ediciones. Valencia/ Ayuntamiento de Cofrentes. 392 pp.
- PORTET, A., R. BOIXAREU y P. DALMAU (1992). *Rais y raiers del Pirineu: imatges*. Garsi-neu. Tremp. 104 pp.
- PUIGDEFÁBREGAS, C. (1975). *La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca*. IEP. Jaca. 188 pp.
- ROCAFORT, C. (1912). Els raiers: transport fluvial de la fusta en les comarques lleydetanes. *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya*, XXII. 10 pp.
- SABIO, A. (1997). *Los montes públicos en Huesca, 1859-1930: el bosque no se improvisa*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 43). Huesca. 313 pp.
- SANCHO, C., J. L. PEÑA, G. BENITO, C. LEWIS, E. McDONALD y E. RHODES (2007). Datos cronológicos del sistema de terrazas Pleistoceno medio-superior en la cuenca del río Gállego (Pirineos-Depresión del Ebro). En J. Lario y P. G. Silva (eds.), *Contribución al estudio del periodo cuaternario. Resúmenes de la XII Reunión Nacional del Cuaternario*: 29-30. AEQUA. Escuela Politécnica Superior de Ávila. Ávila.
- SATUÉ, E. (1983). A barranquiada d'a val de Basa. *Serrablo*, 48: 3-4.
- SERRANO, E. (1998). *Geomorfología del Alto Gállego*. IFC. Zaragoza. 501 pp.
- SIERRA, J. (2006). De Idria a Cantabria: arqueología de dos presas para flotación de maderas en la cabecera del río Miera a finales del siglo XVIII. *Eria*, 70: 191-209.
- TARAZONA, C. (2019). *Pinos y penas*. Bartolo Ediciones. 850 pp.
- TRESACO, J. (1968). Flotaciones de traviesas por ríos de Andalucía. *Montes*, 141: 261-267.
- UBIETO, A. (1984). *En torno al pantano de La Peña*. Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja. Zaragoza. 32 pp.
- VALLE, J. del (1996). *El clima del Prepirineo central y occidental aragonés y sus somontanos*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 327 pp.
- VALLE, J. del, A. OLLERO y M. SÁNCHEZ (2007). *Atlas de los ríos de Aragón*. Prames. Zaragoza. 487 pp.
- VILLAR, L., J. A. SESÉ y J. V. FERRÁNDEZ (1997 y 2002). *Atlas de la flora del Pirineo Aragonés*, 2 tomos. IEA/ Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Huesca.
- VIÑAS, A. (2011). *Anzánigo e Izarbe desde los límites del recuerdo*. Sociedad Cultural Aladrada. Zaragoza. 269 pp.



## EVOLUCIÓN VEGETAL DEL PUERTO DE SANTA OROSIA Y SU RESPUESTA A LAS QUEMAS PRESCRITAS DE MATORRAL

Noel CITOLER<sup>1</sup>

**RESUMEN.**— La matorralización es uno de los procesos que mayor impacto están teniendo en las áreas del Pirineo y el Prepirineo aragonés, consecuencia del descenso de la población rural y de la cabaña ganadera. La quema prescrita de matorral de *Echinopartum horridum* se plantea como una solución a este problema. El análisis de la vegetación y las dinámicas naturales que han provocado la densificación de las áreas de matorral y arbolado, así como su comportamiento tras la realización de las quemas prescritas, se consideran aspectos de especial interés a la hora de proteger los montes. Los resultados verifican que la recuperación del pasto tras el fuego, junto con una mayor colonización del matorral, va poniendo en duda la efectividad de su uso sin ninguna actuación simultánea.

**ABSTRACT.**— The scrubbing is one of the processes with the greatest impact in the Aragonese Pyrenees and Pre-Pyrenees areas, as a consequence of the decline of rural population and livestock. The prescribed burning of *Echinopartum horridum* scrub is proposed as a method to solve this issue. The analysis of vegetation and natural dynamics that have caused the densification of the scrub and tree areas, and their behavior after completing the prescribed burns, are considered as critical points to protect the forests. The results confirm that the recovery of the grass after the fire, together

Recepción del original: 11-11-2019

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [noel.citoler@gmail.com](mailto:noel.citoler@gmail.com)

with the greater colonization of the scrub, lead to question the effectiveness of the use of fire without any simultaneous action.

**KEYWORDS.**— Natural dynamics. Prescribed fire. *Echinopartum horridum*. Pasture. Pyrenees (Aragón, Spain).

## INTRODUCCIÓN

La ganadería ha tenido históricamente un papel esencial en España. El territorio se explotaba de manera extensiva por cabañas ganaderas familiares de forma trashumante, aprovechando diferentes espacios que se alternaban según el periodo del año. Los puertos pirenaicos, las praderas de fondo de valle, los barbechos agrícolas, las riberas de los ríos y los montes comunales han alimentado al ganado español durante siglos (MONTSERRAT, 1981; LASANTA, 1989a; VICENTE-SERRANO, 2001).

Desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, especialmente durante el siglo XX, se llevan a cabo numerosos movimientos de población en los pueblos pirenaicos. La comarca del Alto Gállego, al igual que el resto de las comarcas pirenaicas oscenses, también se ve afectada por el proceso de éxodo rural que se lleva a la población de los pueblos a las ciudades. Los vecinos de estas comarcas, dedicados tradicionalmente al desempeño de actividades del sector primario como la agricultura, la ganadería y la explotación forestal, abandonan sus localidades y los espacios que ocupaban.

Como consecuencia del descenso de la población rural, que aprovechaba los recursos naturales en los espacios pirenaicos y prepirenaicos (especialmente los pastos para la alimentación del ganado y los recursos madereros para venta, combustible y construcción), se produce un descenso de las cabañas ganaderas que se alimentan en los puertos y en los montes. Al reducirse la población, las necesidades de producción alimentaria se reducen, lo que favorece el abandono y el descenso de la presión sobre los espacios menos apropiados para el aprovechamiento agroganadero, además de la concentración de las actividades de un modo más intensivo en los mejores puertos para el ganado y los fondos de los valles para la alimentación humana. Por lo tanto, este descenso de la presión ganadera acelera el proceso natural de sucesión vegetal y favorece los cambios en la estructura de los montes y los puertos, perdiéndose así la cultura del pastoreo y los vestigios de

los modos de vida ancestrales (MONTSERRAT, 1968, 1979 y 1981; LASANTA, 1989a; VICENTE-SERRANO, 2001; GARCÍA RUIZ y LASANTA, 2018).

Los cambios en las cubiertas vegetales, en las zonas en las que tradicionalmente han existido pastos y han estado dominadas por herbáceas, se denominarán a lo largo de este artículo *proceso de matorralización*. Este proceso se define como el aumento en cobertura, densidad y biomasa de las plantas leñosas autóctonas sobre los espacios de pasto (MONTSERRAT y cols., 2017).

En este proceso de matorralización son protagonistas los matorrales de erizón, también conocidos en otros espacios como *alizón* o *arizón* (*Echinopartum horridum*). El descenso de la presión ganadera permite que esta planta descienda desde sus hábitats primarios, que se caracterizan por ser crestas y laderas pedregosas con poca profundidad de suelo, a los llanos y espacios de pasto aprovechados y gestionados tradicionalmente por el ganado y los pastores (BADÍA y cols., 2017).

La falta de registro, de localización, de normativas y de planes de actuación para las extensas áreas pirenaicas y prepirenaicas donde habitualmente se ha llevado a cabo una gestión tradicional de los recursos naturales a todos los niveles por parte de los habitantes locales, expone a una gran parte del territorio oscense a observar la densificación de los montes y los puertos sin control por el abandono de las prácticas usuales ganaderas (LASANTA, 1989a; ALADOS y cols., 2011).

Conocido el problema, las alteraciones que generan los procesos de despoblación en el medio natural y las actuaciones de quemas prescritas realizadas por el Gobierno de Aragón en zonas concretas del puerto de Santa Orosia (Yebra de Basa) donde el matorral avanzaba a gran velocidad colonizando los pastos, se tenía un escenario con las condiciones y las variables necesarias para desarrollar un estudio en esta línea de trabajo planteada.

El seguimiento de las quemas puede permitir conocer la eficacia de estas prácticas, establecer si es necesario plantear métodos de trabajo diferentes o seguir la misma línea de gestión proactiva, con el objetivo final de alcanzar una gestión eficiente de los recursos naturales en los términos de los pueblos del Pirineo y el Prepireneo. Esta gestión eficiente es la que debe contribuir positivamente en el ámbito socioeconómico y ambiental, favoreciendo

desde el mantenimiento de la población y el aprovechamiento de los recursos naturales de los pueblos, hasta la reducción del riesgo de incendio por reducción de la cantidad de biomasa, al mismo tiempo que se mantiene el componente cultural de los usos tradicionales de los puertos y se preservan los paisajes (CANCER, 1995; LASANTA y ERREA, 1997; VICENTE y cols., 2000a; ALDEZÁBAL, 2001; VICENTE-SERRANO, 2001; SARDAÑA y REINÉ, 2015; GARTZÍA y cols., 2016; BADÍA y cols., 2017).

La matorralización de espacios emblemáticos de la comarca como es el puerto de Santa Orosia amenaza con homogeneizar el territorio, eliminando el componente cultural de siglos de tradición de pastoreo y el paisaje resultante de este uso (CANCER, 1995). Este proceso y su alteración natural con la pérdida de carácter de los espacios pirenaicos se plantean como una amenaza al gran desarrollo que se ha llevado a cabo del sector servicios en esta comarca, donde destacan el turismo y las actividades de ocio y descanso (CANCER, 1995; ALDEZÁBAL, 2001).

Numerosa bibliografía muestra los resultados de estudiar los pastos del Pirineo y su evolución, con una gran producción científica en diferentes disciplinas, pero destaca la generada por la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos a través de su revista *Pastos*, y son abundantes los estudios en lugares de especial interés como el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP).

Las características de Ordesa lo convierten en un enclave destacado por su interés turístico, cultural y científico, además de la importancia que tiene socioeconómicamente para las localidades que lo rodean. La cercanía del PNOMP a la zona de trabajo de este estudio (25 kilómetros sobre el plano) permite plantear patrones similares de comportamiento vegetal, ya que en la bibliografía consultada de este sector pirenaico se estudia la matorralización y las variaciones en la vegetación, entre otros aspectos (ALDEZÁBAL, 2001; ALADOS y cols., 2011 y 2016; MONTSERRAT y cols., 2017).

Pero, en este contexto, también encontramos trabajos de estudio de la evolución a escala de valle, como los de Aísa (LASANTA y cols., 2010), Boráu (VICENTE y cols., 2000a y 2000b; VICENTE-SERRANO, 2001; LASANTA y cols., 2000), Broto, Gistaín o Bestué (LASANTA, 1989b; MANRIQUE y REVILLA, 2011), o la ecogeografía de toda la comarca del Alto Gállego (CANCER, 1995), que permiten contextualizar las dinámicas y los aspectos de uso y

aprovechamiento. Y existen algunos que ponen su enfoque en el área de estudio de este artículo, en concreto en el término de Yebra de Basa (SARDAÑA y REINÉ, 2015; BADÍA y cols., 2017; GÓMEZ y cols., 2018).

Para toda la cordillera pirenaica en su vertiente española también encontramos numerosa bibliografía que trata sobre la evolución de los usos del suelo, las dinámicas ganaderas, los aprovechamientos tradicionales y los cambios que se han llevado a cabo en distintos puntos (PUIGDEFÁBREGAS y FILLAT, 1986; MONTSERRAT, 1979; BIELZA DE ORY, 1993; MÉTAILIÉ, 2006; GARCÍA-RUIZ y cols., 2015; GARTZÍA y cols., 2016; LASANTA y cols., 2017); algunos trabajos abordan en detalle el estudio de las comunidades de erizón (MONTSERRAT y cols., 1984; BADÍA y cols., 2017; GÓMEZ y cols., 2018) y otros se centran en la quema y el desbroce de matorral (BAEZA y cols., 2005; ZEA y cols., 2007; DOPAZO y cols., 2012; BADÍA y cols., 2014), la comparación entre quema y desbroce en los cercanos montes de Tella (ALADOS y cols., 2018) o la respuesta del suelo al paso del fuego (ARMAS-HERRERA y cols., 2016; GIRONA y cols., 2018).

Todos estos trabajos presentan un nexo de unión común: la existencia, el avance y la capacidad de colonización de los matorrales de *Echinopartum horridum* sobre los pastos y los espacios donde históricamente se realiza una actividad de pastoreo, así como los modos de gestión tradicional de los puertos con uso del fuego.

En este contexto se sitúa este artículo, dentro de una temática con una tradición amplia en su estudio, como hemos podido ver, pero sin embargo afrontándola desde nuevas perspectivas, generadas, por un lado, por la aparición de nuevas políticas de gestión del territorio y al mismo tiempo por la disponibilidad de nuevos enfoques favorecidos por las nuevas tecnologías, que permiten la obtención de imágenes de mayor detalle y precisión para la cartografía.

La experiencia y la historia del pastoreo en los montes y los puertos altoaragoneses reflejan que la realización de quemas para el control de matorral era una actuación que se repetía de manera periódica sobre el territorio (MONTSERRAT, 1978 y 1979). Las nuevas figuras de protección, que abarcan diferentes espacios, presentan un reto a la hora de preservar el equilibrio entre actividades ganaderas tradicionales (pastoreo de carácter

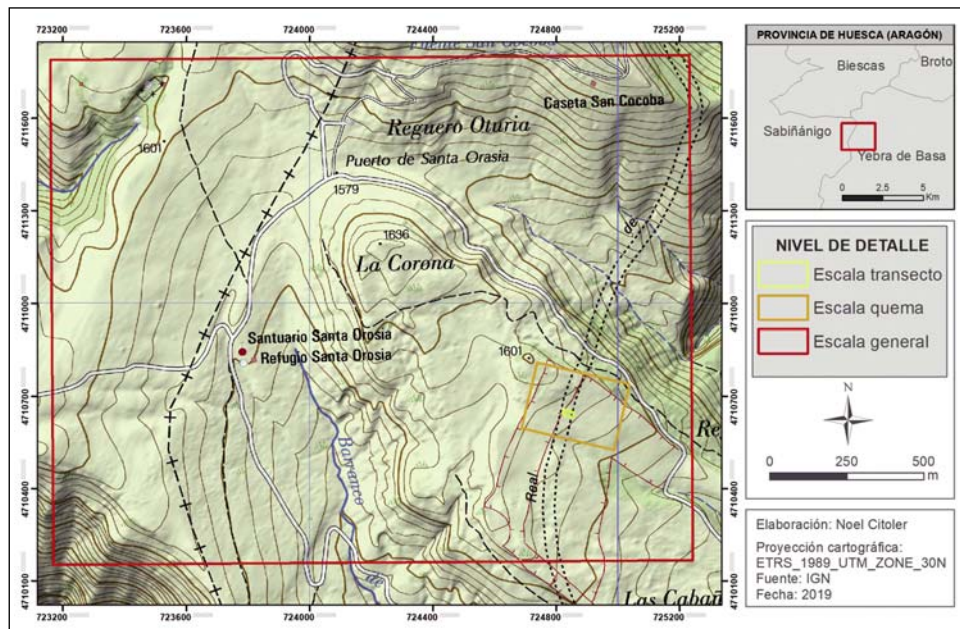
extensivo), conservar el paisaje modelado por el hombre y la componente cultural que esto conlleva.

El objetivo de partida de este artículo es analizar los procesos de colonización y de densificación de las masas de matorral y de arbolado en el entorno de la ermita de Santa Orosia, en la localidad de Yebra de Basa, desde el año 1945 hasta la actualidad, mediante el análisis cartográfico de fotografías aéreas e imágenes de satélite. Con esta base, que nos permite contextualizar los cambios a nivel general, se podrían destacar los siguientes objetivos: cuantificar y localizar espacialmente los diferentes procesos de colonización y de densificación de matorral y de arbolado, y representarlos en cartografía; analizar la dinámica vegetal a detalle tras las quemadas de erizón, y evaluar la eficacia de las quemadas prescritas realizadas con el objetivo de controlar el matorral y recuperar el pasto. Además, se plantea la formulación de propuestas que permitan una gestión eficiente del entorno de Yebra de Basa, con una repercusión socioeconómica y ambiental directa, y establecer directrices que permitan extrapolar los resultados de este estudio a otras áreas pirenaicas afectadas por la matorralización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área donde se desarrolla este estudio es el puerto de Santa Orosia. Se ubica en el extremo norte de la localidad a la que pertenece en su mayoría, Yebra de Basa, aunque también abarca superficies de Sabiñánigo en el sector occidental (fig. 1). Este espacio se localiza en la mitad sur de la comarca del Alto Gállego, una de las cuatro comarcas altoaragonesas que hacen de frontera con el país gallo, limitando al este con el Sobrarbe y al oeste con la Jacetania. La localidad presenta una clara tendencia a la despoblación desde principios del siglo xx (INE). Este proceso de éxodo rural y el consiguiente descenso de la cabaña ganadera son elementos que tendrán una afección directa sobre el fenómeno de matorralización.

El puerto de Santa Orosia presenta altitudes que rondan desde los 1400 a los 1900 msnm, con la máxima altitud en el pico Oturia (1921 m). En cuanto a las características litológicas y estructurales, predominan los conglomerados masivos en el extremo norte del sinclinal de Basa, constituido por calizas y areniscas procedentes del *flysch*, donde se localiza la



**Fig. 1.** Mapa de localización del área de estudio.  
Base topográfica IGN 1 : 25 000, hoja 210.

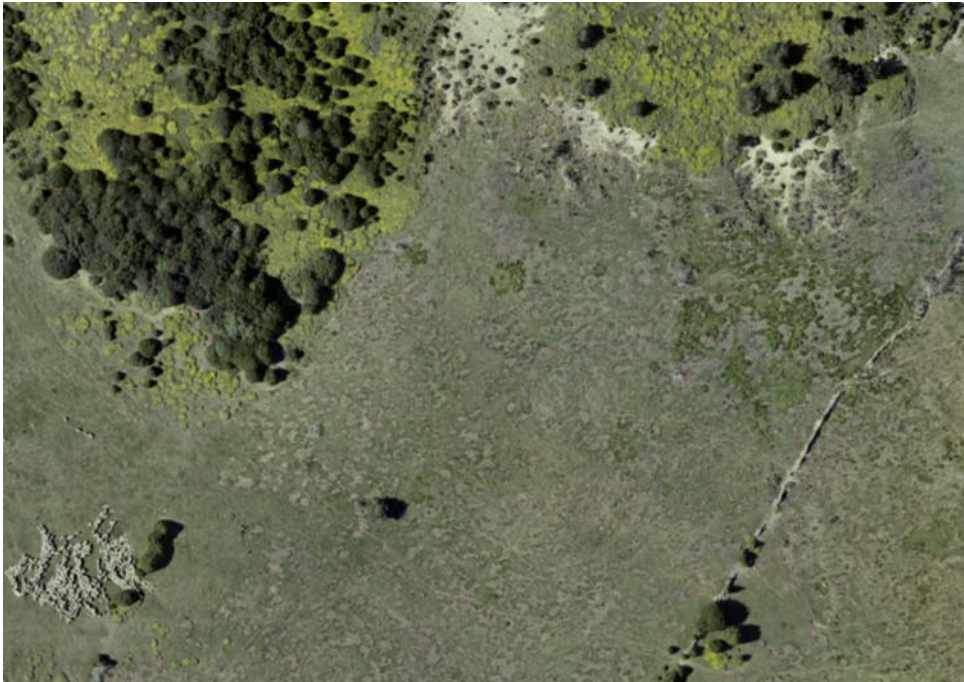
zona de estudio en el puerto de Santa Orosia (SOLER-SAMPERE y PUIGDEFÁBREGAS, 1972; IGME; PEÑA y cols., 2002). La ladera del puerto se caracteriza por la erosión diferencial entre conglomerados, areniscas y margas. El espacio sobre el que se trabaja corresponde al dominio bioclimático eurosiberiano. Las condiciones climáticas del entorno son las propias de un espacio de transición del clima mediterráneo al oceánico. En cuanto a los valores de temperatura, la media es de 8,5 °C y un promedio anual de precipitación de 1050 milímetros (CUADRAT y cols., 2007). Durante el invierno, son comunes las heladas y la precipitación en forma de nieve. En cuanto a los suelos del área de estudio, nos encontramos sobre un suelo tipo cambisol, endoléptico, éutrico (franco, húmico), y una profundidad de entre 50 y 100 centímetros, con una textura francoarenosa (BADÍA y cols., 2017).

Los elementos climáticos y los suelos descritos condicionan la vegetación existente; estos espacios representan ambientes subhúmedos, favorables para la presencia de bosques de coníferas y montes donde la aparición



de pastos es extendida. Dentro de estos espacios, en las zonas donde los suelos tengan menos profundidad, mayor energía de relieve y pedregosidad, las coníferas no tienen capacidad de enraizar. Estos lugares serán el hábitat primario y más característico donde encontramos el erizón.

En la actualidad, las superficies en el entorno del pico Oturia y la ermita de Santa Orosia reflejan un paisaje de transición donde se ve un dominio de base del pastizal (*Bromion erecti*), el cual ha sido y es conservado por el interés económico para los ganaderos en verano (CANCER, 1995). El descenso de las cargas ganaderas y las normativas de protección facilitan el avance y el desarrollo de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) mezclado con pino negro (*Pinus uncinata*), tanto en masas de bosque como de forma dispersa (fig. 2); además, una gran presencia de matorrales de erizón (*Echinopartum horridum*) junto con la de pies de arbustos como el boj (*Buxus sempervirens*), que varían su densidad según la topografía y la antigüedad de abandono del terreno (BADÍA y cols., 2017).



**Fig. 2.** Ganado pastando sobre las zonas revegetadas tras el fuego.





**Fig. 3.** Ejemplar de *Echinopartum horridum*.

La especie comúnmente denominada *erizón* (*Echinopartum horridum*) es un arbusto de la familia de las leguminosas (*Leguminosae*). Es una especie endémica del Pirineo, que se ubica principalmente entre los 1000 y los 1700 msnm. Sus valores de densidad más altos se encuentran en el Prepirineo, no obstante, se puede encontrar localizada en toda la franja pirenaica y los somontanos, donde presenta variaciones en su densidad y distribución. En cuanto a su morfología, es muy compacto y espinoso. Sus dimensiones van desde los 50 centímetros de altura a más de 1 metro de diámetro. Conforme se desarrolla, a partir de los primeros años, presenta unos tallos con ápices muy espinosos. Los tallos de la planta son caducos y depositan en su base una gran cantidad de biomasa muy inflamable (fig. 3), lo que aumenta significativamente el riesgo de incendio en el entorno (BADÍA y cols., 2017). Por sucesión secundaria se adentra en los pastos cercanos y parcelas de cultivo tras su abandono o el descenso de la presión en los mismos. Se asocia en los somontanos y espacios prepirenaicos con carrascas (*Quercus ballota*), quejigo (*Quercus cerroides*) y en laderas solanas es común que aparezca junto a boj (*Buxus sempervirens*), y con *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata* en espacios de mayor altitud, en torno a los 1500 msnm (BADÍA y cols., 2017). El carácter pirófito de la

planta provoca que las quemadas puedan contribuir a su control pero no a su eliminación total.

### *Materiales*

Para la elaboración de la cartografía se cuenta con diferentes productos. De la web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se seleccionan fotografías aéreas del vuelo americano de 1945, del vuelo interministerial de 1973 y del vuelo quinquenal de 1998. De la Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón (IDEAragón) se toman las imágenes de los vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de los años 2012 y 2015. Del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) se descarga el Mapa Topográfico Nacional 1 : 25 000, hoja 210 correspondiente a Yebra de Basa.

Las imágenes tomadas con dron sobre la parcela de seguimiento se captan en diferentes fechas y con diferentes equipos. Las imágenes con fecha 16 de junio de 2017 y 18 de junio de 2018 corresponden al vuelo de un dron cuadricóptero DJI Phantom 4. Las imágenes con fecha 13 de junio y 25 de julio de 2019 corresponden al vuelo de un dron hexacóptero Yuneec H250. Se decide el trabajo con fotografía aérea por la mayor resolución que ofrece. El uso de drones para tomar fotografías sobre la zona estudiada permite analizar con gran detalle la evolución vegetal.

### *Métodos*

Una vez se ha llevado a cabo la selección de los fotogramas necesarios para la zona de estudio, se realiza una georreferenciación de las imágenes y un análisis de las mismas. La digitalización con polígonos y puntos se realiza en ArcMap 10.0 y se divide en tres escalas de detalle:

- Escala general. 1 : 10 000. El objetivo de esta escala de trabajo es analizar la evolución del puerto en un periodo de 70 años. La digitalización se lleva a cabo a escala 1 : 4000. Permitirá conocer las grandes variaciones y los patrones de crecimiento generales que se han llevado a cabo en el puerto. Las imágenes seleccionadas corresponden a los años 1945, 1973, 1998 y 2015. El área estudiada es de 340 hectáreas.

- Escala quema. 1 : 1500. El objetivo de esta escala de trabajo es analizar con mayor grado de detalle el sector donde se ha llevado a cabo la quema prescrita. Se prescinde de las imágenes previas a 1998 por la menor escala de detalle que presentan. La digitalización se realiza a escala 1 : 800. Las imágenes seleccionadas son dos previa realización del fuego: 1998 con baja resolución a esta escala pero que permitirá contextualizar el espacio y 2012 que se selecciona por permitir diferenciar el matorral de erizón al estar en floración. Tras el fuego realizado en diciembre de 2016 se toman fotografías en los años 2017, 2018 y 2019. El área estudiada es de 6,7 hectáreas.
- Escala transecto. 1 : 200. El objetivo de esta escala de trabajo es analizar con el máximo detalle la evolución vegetal en un sector dentro de la parcela quemada, exactamente la superficie donde se realizan los transectos de vegetación para poder complementar los datos con dichos transectos. La digitalización se lleva a cabo a escala 1 : 80. Las imágenes seleccionadas son tres tras la realización del fuego: años 2017, 2018 y 2019. El área estudiada es de 576 metros cuadrados.

El análisis geoespacial que se realiza con la recolección, el procesamiento y la visualización de los datos en este trabajo permite realizar un análisis cuantitativo de cada una de las etapas y estudiar las variaciones temporales. El trabajo con imágenes de diferente periodo, resolución y de diferentes escalas implica tener que plantear una categorización de los elementos, definiendo las siguientes leyendas para cada una de las escalas:

- Leyenda para escala general, que diferencia entre cubierta arbórea, mosaico mixto pasto-matorral, áreas desprovistas de vegetación y arbolado disperso (en forma de puntos).
- Leyenda para escala quema, que distingue entre cubierta arbórea, matorral, pasto, áreas desprovistas de vegetación y áreas quema prescrita.
- Leyenda para escala transecto, que diferencia entre quemado y vegetación.

La realización de los transectos lineales de vegetación (fig. 4) para el conteo de ejemplares que nos permitirá conocer la evolución vegetal tras la quema se realiza bajo el método empleado por los doctores David Badía y Daniel Gómez el 24 de septiembre de 2017 en la primera toma de datos. Estos transectos se realizan en dos tramos de 30 metros (TR1 y TR2), en los que se toman un total de 150 contactos, uno cada 20 centímetros. Los transectos se repiten en el año 2018 con fecha 18 de junio, y en 2019 con



**Fig. 4.** Realización de los transectos de vegetación.

fecha 13 de junio. Los registros obtenidos se trabajan en Microsoft Office Excel 2007. En ellos se diferencia entre materia seca quemada, roca, suelo y vegetación viva. En la vegetación viva se especifica si los registros son gramíneas o dicotiledóneas.

## RESULTADOS

Como resumen de la cartografía a escala general, se presentan los resultados de manera gráfica (fig. 5). Se observa la tendencia de crecimiento de las masas de arbolado en detrimento de los espacios de pasto y matorral, que evolucionan de 290 a 200 hectáreas en el periodo estudiado (70 años). La variación en el arbolado disperso responde a su unificación en masas. El aumento de punteado de 1998 a 2015 presenta la continuación del proceso. La cubierta arbórea, que en el año 1945 representaba solamente el 12 % del espacio con poco más de 40 hectáreas, supone en la actualidad un 38 % del área de estudio, con 130 hectáreas de 340 estudiadas.

La primera cartografía, año 1945 (fig. 6), representa el momento en el que el éxodo rural ya ha comenzado y se está desarrollando. Se puede observar

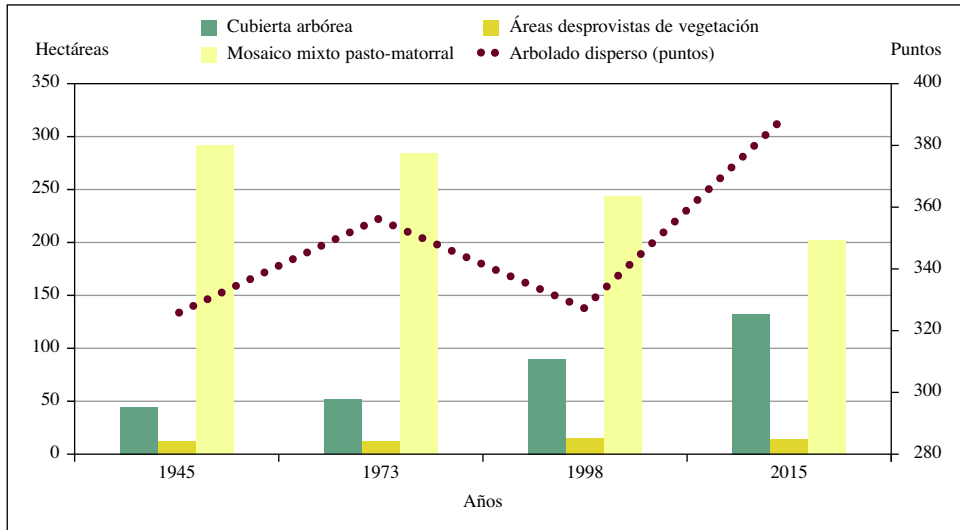


Fig. 5. Resumen de la cartografía a escala general.

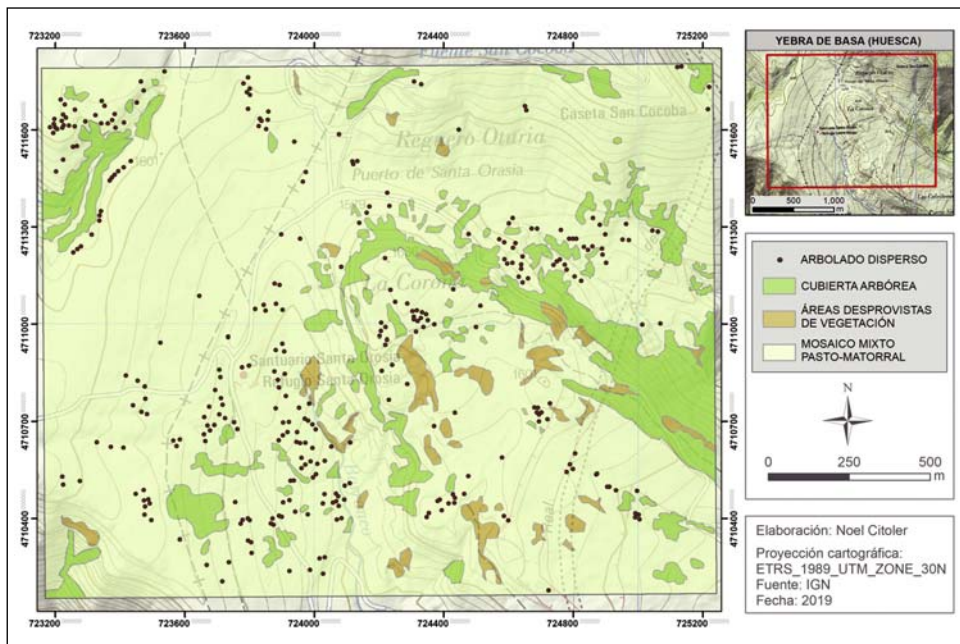
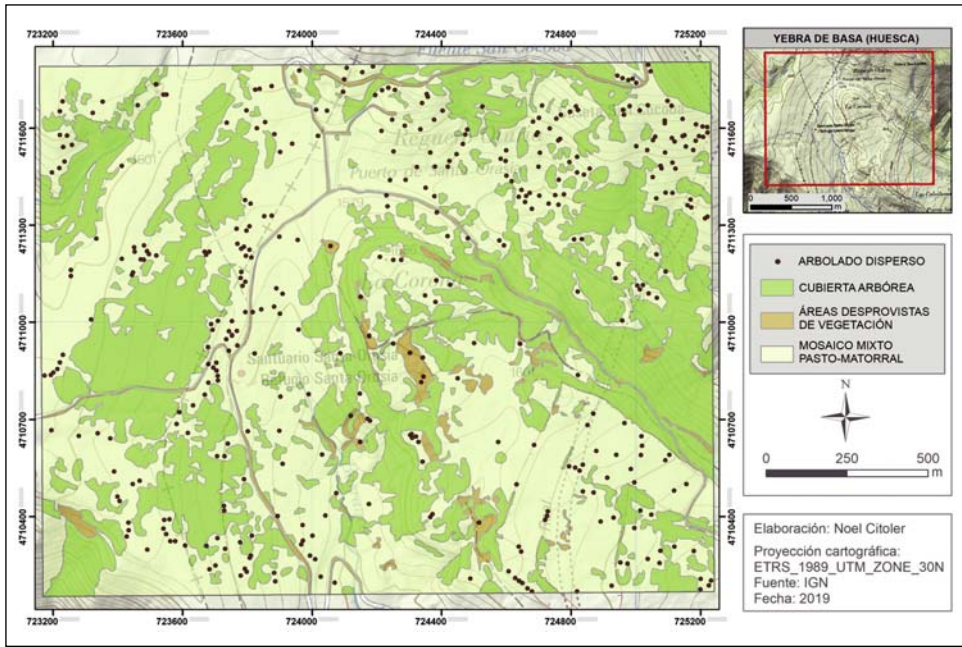


Fig. 6. Cubierta vegetal a escala general en 1945.



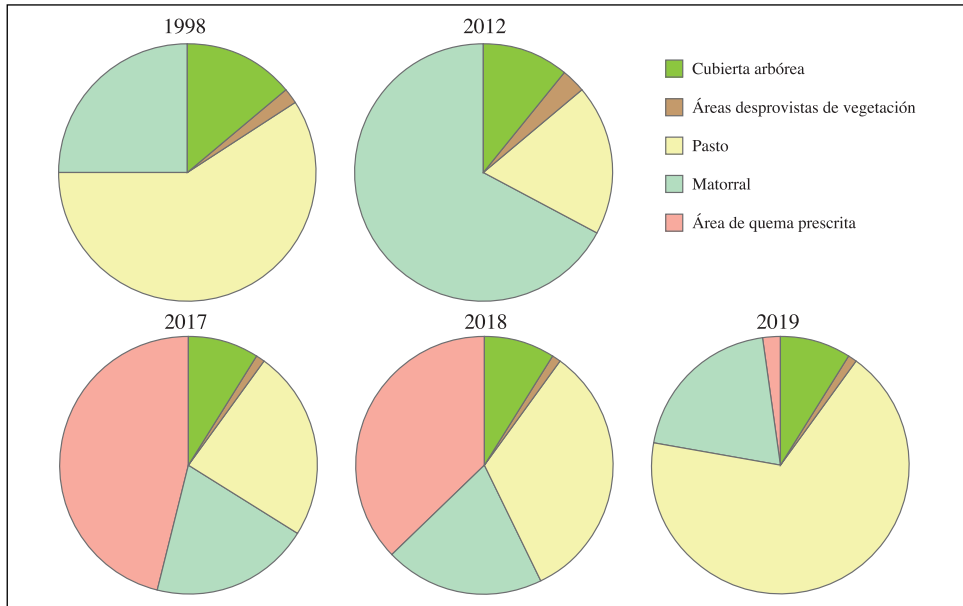


**Fig. 7.** Cubierta vegetal a escala general, en 2015.

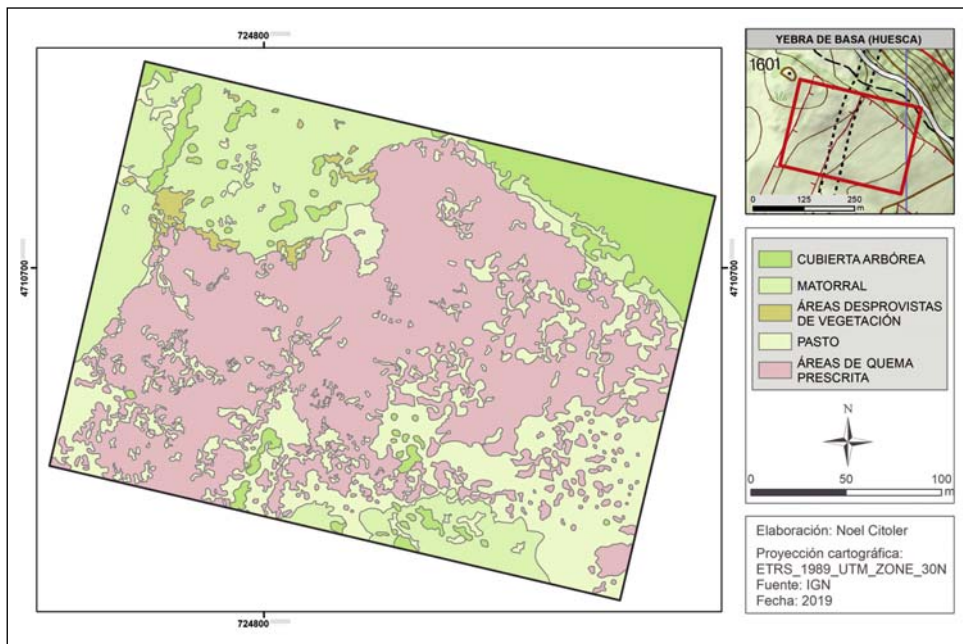
en forma de arcada en el centro del espacio de estudio un continuo de vegetación que se amplía en la mitad este. El punteado indica la densificación de la cubierta arbórea en la mitad inferior oeste y en el extremo noroeste. El mosaico mixto de pasto y matorral es protagonista en el espacio.

La cartografía del año 2015 (fig. 7) refleja la densificación general de todo el área de estudio y el aumento del arbolado disperso en detrimento del mosaico de pasto y matorral. La prohibición del fuego facilita la entrada del matorral en espacios desprovistos de vegetación y la reducción de su espacio. El punteado con el que se representa el arbolado disperso permite prever las zonas donde la densificación arbórea se va a llevar a cabo con mayor intensidad.

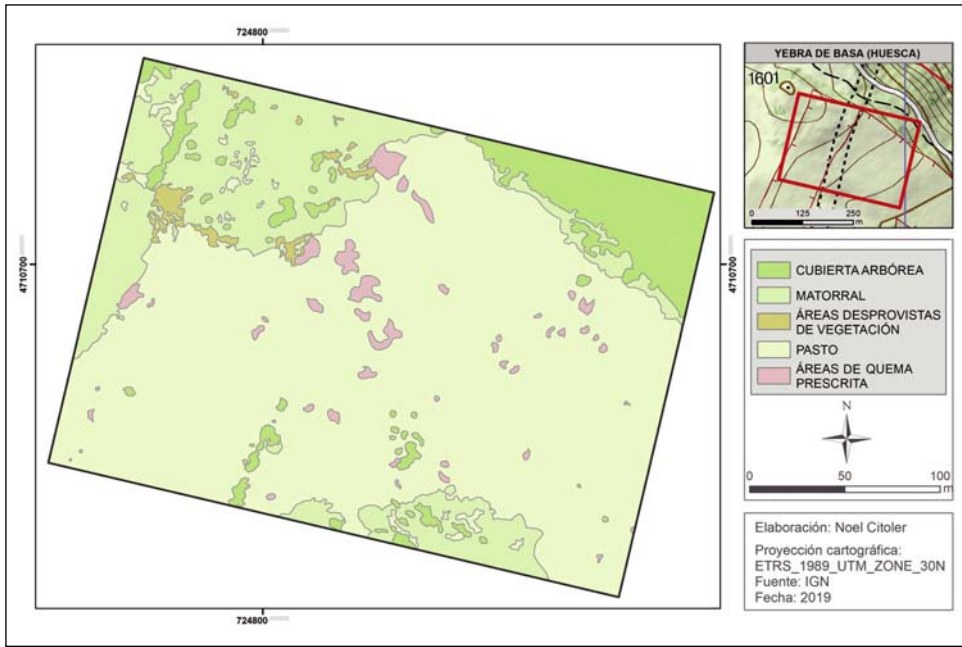
En cuanto a la cartografía realizada a escala quema, los resultados de la figura 8 muestran los patrones de evolución tras el fuego. En primer lugar, se presenta una evolución de la superficie de matorral de 1998 a 2012 sobre los espacios de pasto. La quema realizada en 2016 tiene como resultado



**Fig. 8.** Resumen de la cartografía a escala quema.



**Fig. 9.** Cubierta vegetal a escala quema, en 2017.



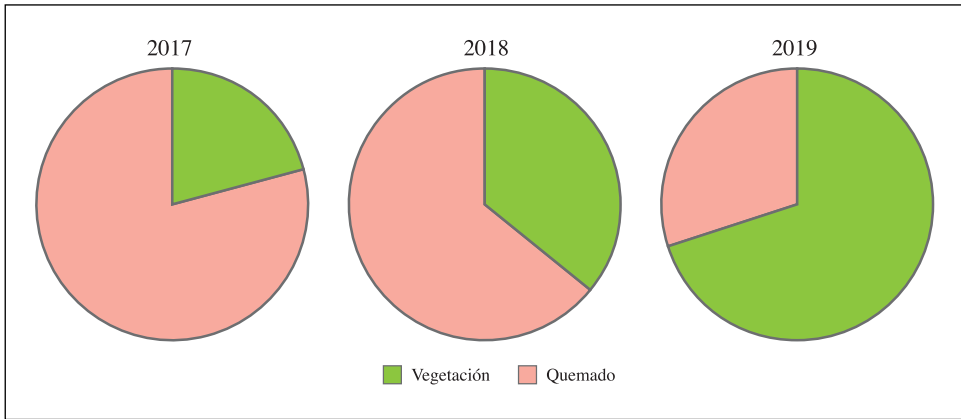
**Fig. 10.** Cubierta vegetal a escala quema, en 2019.

más de la mitad de la zona de estudio categorizada como quema prescrita. En el primer análisis, 2017, se observa el descenso de un 46 % a un 37 % resultante en 2018 de las superficies quemadas.

La cartografía de los años 2017 y 2019 (figs. 9 y 10) permiten apreciar la cobertura de las manchas de pasto sobre los restos quemados. Los espacios de cubierta arbórea no sufren ningún tipo de variación en estos años. La recuperación vegetal sobre los restos quemados es prácticamente total a excepción de un 2 % del total quemado.

La evolución de la cubierta vegetal sobre los restos de material quemado a escala transecto se presenta en la figura 11. En 2017 la vegetación ocupaba un 21 % de la superficie que pasa a ser un 36 % en 2018. La tasa de crecimiento en este primer año es de un 75 %. En 2019 la vegetación pasa a ocupar el 70 % de la superficie frente al 30 % de ocupación del espacio con restos quemados. La tasa de crecimiento del año 2018 al año 2019 es de un 95 %.





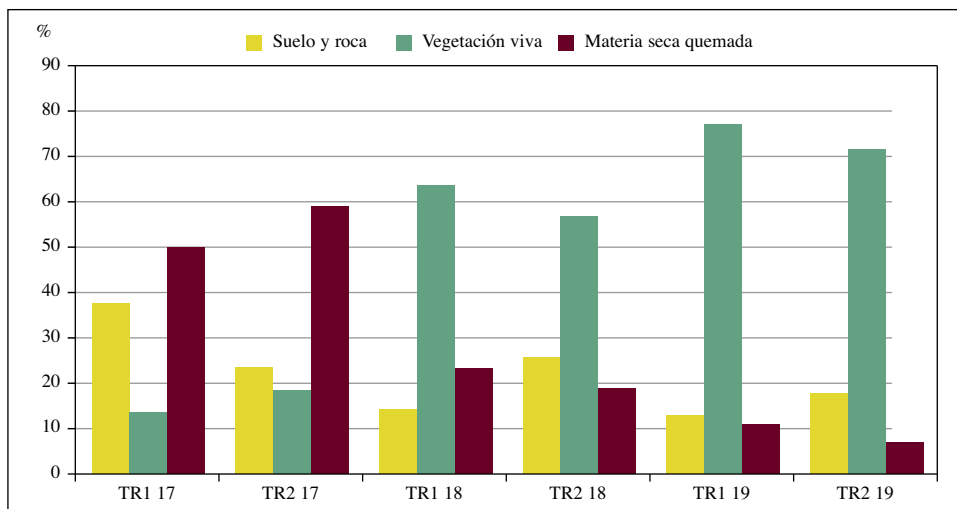
**Fig. 11.** Resumen de la cartografía a escala transecto.

La realización de los transectos de vegetación permite observar en detalle las características de los individuos que rebrotan bajo los restos quemados. Además de diferenciar entre materia seca quemada (MSQ), roca (R) y suelo (S), en la vegetación viva se diferencia entre gramíneas y dicotiledóneas. En cuanto a las gramíneas, las especies observadas son *Agrostis capillaris* y *Carex flacca*, destacando por su presencia el *Bromus erectus* y el lastón *Brachypodium pinnatum*. Respecto a las dicotiledóneas, las especies observadas son *Sanguisorba minor*, *Galium verum*, *Teucrium chamaedrys* y *Cirsium acaule*, y destaca por su ocupación el cardo blanco (*Onopordum acaulon*) bajo los restos de erizón quemado (fig. 12). La regeneración del erizón es un proceso que también se observa durante la realización de los transectos.



**Fig. 12.** Ejemplares de cardo y erizón brotando bajo los restos quemados.

Atendiendo a la evolución de los datos de los transectos (fig. 13) se observa el proceso de recuperación vegetal frente al descenso de los contactos de materia seca quemada. Las diferencias entre la evolución del TR1 y el TR2 no son significativas y muestran patrones de crecimiento similares, teniendo el TR1 una mayor densidad de vegetación.

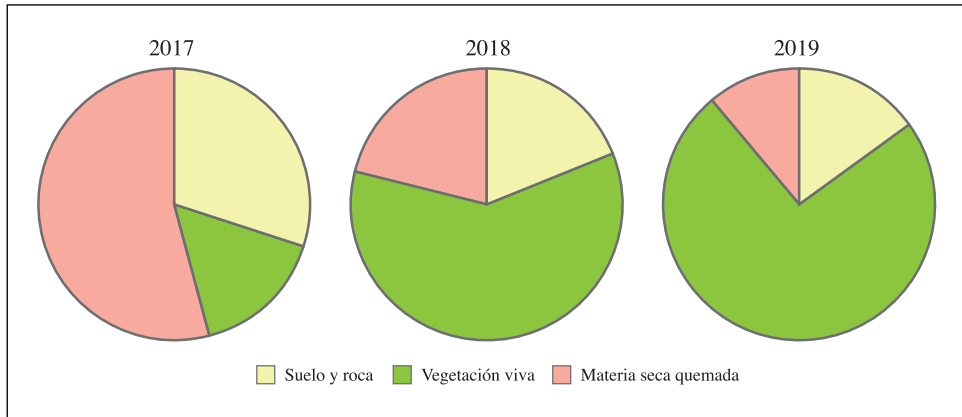


**Fig. 13.** Evolución de los datos de transecto.

Los datos agrupados de los transectos (fig. 14) permiten observar la evolución de ambos registros. En 2017 el número de contactos con vegetación viva representaba el 16 %, un 60 % en 2018 y un 74 % en 2019. Este crecimiento va en detrimento de los valores registrados de materia seca quemada, suelo y roca.

Haciendo referencia a la tipología de la vegetación viva registrada, las gramíneas representaban en el año 2017 un 85 % de los contactos. En 2018 la situación se iguala, presentando un descenso de las gramíneas hasta el 48 % por un 52 % de las dicotiledóneas. En 2019 las dicotiledóneas cobran más protagonismo y pasan a representar el 63 % de los contactos de vegetación viva, una gran variación tras representar dos años antes solamente el 15 % de los contactos.

Gran parte de la flora que brota bajo los restos de la materia seca quemada tiene escaso valor pastoral, tanto por el carácter espinoso de algunas



**Fig. 14.** Resumen por año de los transectos.

especies, el rebrote de los erizones (fig. 12) o el bajo interés que muestran los lastones *Brachypodium pinnatum* (fig. 15) para el ganado ovino. Los lastones que permanecen en el puerto a final del verano servirán de alimento para el ganado vacuno cuando la disponibilidad de otra vegetación se reduzca.



**Fig. 15.** Ganado pastando sobre restos quemados de matorral.

## DISCUSIÓN

Se pone de manifiesto que este artículo está en una línea muy actual de investigación y en total concordancia con otros autores en zonas y espacios muy cercanos y de similares características, que han sufrido los mismos procesos de despoblación y descenso de la cabaña ganadera y en los que se ha desarrollado con fuerza el proceso de matorralización. El trabajo a diferentes escalas y el aprovechamiento de las nuevas tecnologías para la obtención de fotografía aérea dotan a este estudio de una alta precisión y una gran capacidad para actualizar los datos que no nos pueden ofrecer las ortofotografías aéreas convencionales.

También se reconoce la limitación del proceso cartográfico con el conocimiento de la composición vegetal del terreno, en comparación con los resultados obtenidos en los transectos de campo, método que también presenta otras limitaciones en grandes superficies. Por ello, se propone una comprobación en campo de los resultados obtenidos en el proceso cartográfico que respalde, como en este caso, los datos de crecimiento de vegetación y su tipología. El puerto de Santa Orosia no tendría la relevancia cultural que presenta si la gestión ganadera del espacio que se ha llevado a cabo y el beneficio económico que ha generado para los vecinos no hubieran existido. Los beneficios ecosistémicos que generan los pastos, el abastecimiento de alimentos, la regulación de incendios, el sostenimiento de la biodiversidad y el paisaje son algunos de los factores que motivan su mantenimiento (GARTZÍA y cols., 2016).

El mantenimiento de la ganadería y de los pastores que guíen al ganado hacia las zonas más idóneas son otros de los factores que deben estar integrados como indispensables para la conservación de los pastos, junto con el trabajo científico en siguientes trabajos (GARTZÍA y cols., 2016; ALADOS y cols., 2018). Las políticas proteccionistas que se pueden llevar a cabo en espacios de ribera fluvial, de bosque, de lagunas o humedales, relacionadas directamente con la reducción o el cese de las afecciones humanas a un territorio, no son válidas para el mantenimiento del paisaje de pastos, ya que la existencia de estos responde únicamente al pastoreo y a la gestión humana que se ha llevado a cabo en los puertos (MONTSERRAT, 1964; GARTZÍA y cols., 2016).

## CONCLUSIONES

El proceso de matorralización y colonización vegetal en los alrededores de la ermita de Santa Orosia de 1945 hasta la actualidad es un fenómeno evidente y demostrado, tal y como se ha cuantificado en este artículo, y son pinos y erizones las especies que más metros ganan a los pastizales. Se prevé que este proceso siga desarrollándose como consecuencia del continuo descenso de la cabaña ganadera y del escaso relevo generacional en los pastores encargados de la ganadería extensiva, además de la nula gestión forestal de los nuevos pinares.

Un aspecto muy importante que refleja este estudio es la velocidad de la transición vegetal, del proceso de matorralización del territorio y del aumento de la masa de arbolado, planteando nuevos retos en la gestión y la protección de las áreas naturales en pro de disminuir el creciente riesgo de incendio provocado por el aumento de la biomasa disponible y por la mayor conectividad de las masas forestales.

El planteamiento de medidas de quema prescrita quedaría limitado a espacios donde no se pueda acceder con los equipos destinados al desbroce mecánico, ya que atendiendo a los resultados de este trabajo, la quema solamente produce un rejuvenecimiento de las plántulas de erizón y no su eliminación por su carácter pirófito. Por ello, se prima la realización de desbroces. El objetivo general de las actuaciones de eliminación de matorral sería favorecer el mantenimiento de pastos y su conectividad. Estas actuaciones deberían ir ligadas a un plan de fomento de la ganadería que permita mantener el paisaje y los beneficios ecosistémicos de los pastos en el puerto.

El trabajo con imágenes de dron permite realizar una buena diferenciación de los diferentes tipos de elementos vegetales predominantes en el monte (arbolado, matorral y pasto). La facilidad en la actualización de los datos y la independencia del sistema de ortofotos tradicionales permite un trabajo autónomo, eficiente y a gran resolución, fácilmente extrapolable a otros espacios pirenaicos.

## AGRADECIMIENTOS

A Luis Alberto Longares, por guiarme en la realización de este trabajo y ayudarme a seguir creciendo. A José Luis Peña. A David Badía, Daniel

Gómez y todo su equipo, por explicarnos su metodología, información imprescindible para el seguimiento de la regeneración. A los ganaderos, pastores y vecinos de Yebra de Basa, que nos han permitido conocer la historia y la evolución del puerto desde su posición de actores.

Este trabajo fue financiado con una Ayuda de Investigación del Instituto de Estudios Altoaragoneses en la convocatoria de 2018.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALADOS, C., B. KOMAK, G. BUENO, M. GARTZÍA, J. ESCÓS, D. GÓMEZ, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, F. FILLAT, J. CAMARERO, J. HERRERO e Y. PUEYO (2011). Modelización de la matorralización de los pastos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su relación con el cambio global. En *Proyectos de investigación en parques nacionales 2007-2010*: 101-123. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- ALADOS, C., M. GARTZÍA, P. NUCHE, H. SAIZ, F. FILLAT e Y. PUEYO (2016). Retos para la conservación de pastos frente al calentamiento global. En *II Jornada de Investigación Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*: 10-15. Torla. Instituto Pirenaico de Ecología. Zaragoza.
- ALADOS, C. L., H. SAIZ, P. NUCHE, M. GARTZÍA, B. KOMAC, A. DE FRUTOS e Y. PUEYO (2018). Clearing vs. burning for restoring Pyrenean grasslands after shrub encroachment. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45 (2): 441-468.
- ALDEZÁBAL, A. (2001). *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo central, Aragón). Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (Serie Investigación, 28). Zaragoza. 317 pp.
- ARMAS-HERRERA, C., C. MARTÍ, D. BADÍA, O. ORTIZ-PERPIÑÁ, A. GIRONA-GARCÍA y J. PORTA (2016). Immediate effects of prescribed burning in the Central Pyrenees on the amount and stability of topsoil organic matter. *Catena*, 147: 238-244.
- BADÍA, A., A. PÈLACHS, A. VERA, A. F. TULLA y J. J. SORIANO (2014). Cambios en los usos y cubiertas del suelo y los efectos en la vulnerabilidad en las comarcas de montaña de Cataluña. Del rol del fuego como herramienta de gestión a los incendios como amenaza. *Pirineos*, 169: 8-13.
- BADÍA, D., C. ARMAS, J. MORA, D. GÓMEZ, G. MONTSERRAT y S. PALACIOS (2017). ¿Podemos controlar la expansión del erizón mediante quemas? *Lucas Mallada*, 19: 69-94.
- BAEZA, M., A. VALDECANTOS, J. BELDA, C. MATA y M. MARTÍN (2005). Reducción del combustible en matorrales con alto riesgo de incendio: análisis de las técnicas empleadas a medio-largo plazo. En SECF/Gobierno de Aragón (eds.), *Actas del 4.º Congreso Forestal Español. La ciencia forestal: respuesta para la sostenibilidad*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra.

- BERNÚÉS, A. (2007). Ganadería de montaña en un contexto global: evolución, condicionantes y oportunidades. *Pastos*, 37 (2): 133-175.
- BIELZA DE ORY, V. (1993). De la organización del Pirineo en el pasado a la ordenación de su territorio en el futuro. *Geographicalia*, 30: 47-57.
- CANCER, L. (1995). *Ecogeografía de los paisajes del Alto Gállego*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 314 pp.
- CHAUVELIER, F. (1990). *Replacación forestal en la provincia de Huesca y sus impactos geográficos*. IEA. Huesca. 164 pp.
- CUADRAT, J. M.<sup>a</sup>, M. Á. SAZ y S. M. VICENTE-SERRANO (2007). *Atlas climático de Aragón*. Gobierno de Aragón. Zaragoza. 229 pp.
- DOPAZO, C., A. E. LAHIGUERA, J. SUÁREZ, V. MARTÍNEZ, A. B. ROBLES y J. L. GONZÁLEZ-REBOLLAR (2012). Comparación de costes de control del matorral con desbroce y pastoreo de ganado caprino en un área cortafuegos de la Comunitat Valenciana. En R. Canals y L. San Emeterio (coords.), *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*: 103-109. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Pamplona.
- GARCÍA-RUIZ, J. M.<sup>a</sup>, J. I. LÓPEZ-MORENO, T. LASANTA, S. M. VICENTE-SERRANO, P. GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, B. L. VALERO-GARCÉS, Y. SANJUÁN, S. BEGUERÍA, E. NADAL-ROMERO, N. LANA-RENAULT y A. GÓMEZ-VILLAR (2015). Los efectos geocológicos del cambio global en el Pirineo central español: una revisión a distintas escalas espaciales y temporales. *Pirineos*, 170: 50-93.
- GARCÍA-RUIZ, J. M.<sup>a</sup>, y T. LASANTA (2018). El Pirineo aragonés como paisaje cultural. *Pirineos*, 173: 54-97.
- GARTZÍA, M. (2017). *Evaluación de cambios en los pastos del Pirineo central y su relación con los componentes agropastorales*. Tesis doctoral. 208 pp.
- GARTZÍA, M., F. FILLAT, F. PÉREZ-CABELLO y C. L. ALADOS (2016). Influence of agropastoral system components on mountain grassland vulnerability estimated by connectivity loss. *PLoS one*, 11 (5), e0155193.
- GIRONA-GARCÍA, A., D. BADÍA-VILLAS, C. MARTÍ-DALMAU, O. ORTIZ-PERPIÑÁ, J. MORA y C. ARMAS-HERRERA (2018). Effects of prescribed fire for pasture management on soil organic matter and biological properties: A 1-year study case in the Central Pyrenees. *Science of the Total Environment*, 618: 1079-1087.
- GÓMEZ, D., D. BADÍA, J. L. MORA, C. ARMAS, S. PALACIO y G. MONTSERRAT (2018). Evolución de la vegetación tras quemadas prescritas del matorral de erizón en el Pirineo aragonés. En S. Roig y O. Barrantes (eds.), *Actas de la 57.ª Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos*: 133-141. Diputación de Teruel. Teruel.
- LASANTA, T. (1989a). *Evolución reciente de la ganadería de montaña*. Geoforma Ediciones. Logroño. 220 pp.
- LASANTA, T. (1989b). Distribución espacial y utilización de las laderas abancaladas en el Pirineo aragonés: valles de Broto y Bestué. *Lucas Mallada*, 1: 81-102.

- LASANTA, T. (1990). Diversidad de usos e integración espacial en la gestión tradicional del territorio en las montañas de Europa occidental. En J. M.<sup>a</sup> García-Ruiz (ed.), *Geoecología de las áreas de montaña*: 235-236. Geoforma Ediciones. Logroño.
- LASANTA, T., y M.<sup>a</sup> P. ERREA (1997). Cambios recientes en las relaciones entre agricultura y ganadería extensiva: de la complementariedad a la dependencia de la ganadería. *Polígonos*, 7: 47-76.
- LASANTA, T., S. VICENTE-SERRANO y J. M.<sup>a</sup> CUADRAT (2000). Marginación productiva y recuperación de la cubierta vegetal en el Pirineo: un caso de estudio en el valle de Boráu. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 29: 5-28.
- LASANTA, T., E. NADAL-ROMERO, P. SERRANO-MUELA, S. M. VICENTE-SERRANO y J. M.<sup>a</sup> GARCÍA-RUIZ (2010). Escorrentía y erosión tras el abandono de tierras de cultivo en montaña: resultados de la Estación Experimental "Valle de Aísa". *Pirineos*, 165: 115-133.
- LASANTA, T., M.<sup>a</sup> P. ERREA y E. NADAL-ROMERO (2017). Traditional agrarian landscape in the Mediterranean mountains. A regional and local factor analysis in the Central Spanish Pyrenees. *Land degradation & development*, 28 (5): 1626-1640.
- MANRIQUE, E., y R. REVILLA (2011). La explotación de los puertos en el valle de Gistaín (Pirineo oscense). *Pastos*, 9 (1): 120-133.
- MÉTAILLIÉ, J. P. (2006). Mountain landscape, pastoral management and traditional practices in the Northern Pyrenées (France). En M. Agnoletti (ed.), *The Conservation of Cultural Landscapes*: 108-124. CAB International. Wallingford (UK); Cambridge (MA).
- MONTSERRAT, G., T. NAVARRO, D. GÓMEZ, M. MAESTRO, B. SANTAMARÍA, J. JIMÉNEZ y S. PALACIO (2017). *Estudio de la matorralización de pastos en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*: 247-275. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- MONTSERRAT, P. (1964). Ecología del pasto: ecología de los agrobiosistemas pastorales. *Publicaciones del Centro Pirenaico de Biología Experimental*, 1 (2): 1-68.
- MONTSERRAT, P. (1968). Los pastos pirenaicos y su importancia económica. *Pirineos*, 87-90: 133-152.
- MONTSERRAT, P. (1978). El incendio de pastizales y sus peligros. *Pastos*, 8: 31-36.
- MONTSERRAT, P. (1979). La cultura ganadera pirenaica. *Pastos*, 9: 16-19.
- MONTSERRAT, P. (1981). Ecología de pastos y fomento agropecuario en la montaña. *Pastos*, 11 (1): 5-14.
- MONTSERRAT, P., J. M.<sup>a</sup> MONTSERRAT y G. MONTSERRAT (1984). Estudio de las comunidades de *Echinopartum horridum* en el Pirineo español. *Acta Biologica Montana*, 4: 249-257.
- NADAL-ROMERO, E., N. LANA-RENAULT, P. SERRANO-MUELA, D. REGÜÉS, B. ALVERA y J. M.<sup>a</sup> GARCÍA-RUIZ (2012). Sediment balance in four catchments with different land cover in the Central Spanish Pyrenees. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*, 56 (3): 147-168.



- NADAL-ROMERO, E., M. KHORCHANI, T. LASANTA y J. M.<sup>a</sup> GARCÍA-RUIZ (2019). Runoff and solute outputs under different land uses: Long-term results from a Mediterranean mountain experimental station. *Water*, 11 (5): 976.
- PEÑA, J. L., F. PELLICER, A. JULIÁN, J. CHUECA, M.<sup>a</sup> T. ECHEVERRÍA, M. V. LOZANO y M. SÁNCHEZ (2002). *Mapa geomorfológico de Aragón*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 54 pp.
- PUIGDEFÁBREGAS, J., y F. FILLAT (1986). Ecological adaptation of traditional land-uses in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 6 (1): 63-72.
- RIVA, J. de la (1997). *Los montes de la Jacetania. Caracterización física y explotación forestal*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 358 pp.
- SARDAÑA, J., y R. REINÉ (2015). El Sobrepuerto, un espacio estratégico para la ganadería de montaña en la provincia de Huesca. *Lucas Mallada*, 17: 77-103.
- SOLER-SAMPERE, M., y C. PUIGDEFÁBREGAS (1972). Esquema litológico del Alto Aragón occidental. *Pirineos*, 106: 5-15.
- VICENTE, S., S. BEGUERÍA y T. LASANTA (2000a). El proceso de revegetación en un área de montaña como consecuencia de los cambios de gestión: aplicación de un SIG al valle de Boráu (Pirineo central español). En M. Gómez e I. Aguado (eds.), *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible. IX Congreso del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*: 448-469. Universidad de Alcalá. Asociación de Geógrafos Españoles. Alcalá de Henares.
- VICENTE, S., T. LASANTA y J. M.<sup>a</sup> CUADRAT (2000b). Influencia de la ganadería en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en un área de montaña: el ejemplo del valle de Boráu (Pirineo aragonés). *Geographicalia*, 38: 31-54.
- VICENTE-SERRANO, S. M. (2001). *El papel reciente de la ganadería extensiva de montaña en la dinámica del paisaje y en el desarrollo sostenible: el ejemplo del valle de Boráu*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 181 pp.
- ZEA, J., N. DÍAZ y M. DÍAZ (2007). Control de la vegetación espontánea arbustiva y mejora del pasto mediante el pastoreo con distintas especies. *Pastos*, 27: 51-69.

#### *Otros recursos consultados*

- Bonansa. 2019. Disponible en <[http://bonansa.aragon.es:81/iaest/fic\\_mun/pdf/22252.pdf](http://bonansa.aragon.es:81/iaest/fic_mun/pdf/22252.pdf)>.
- Florapyrenaea. Distribución *Echinopartum horridum*. 2019. Disponible en <<http://www.florapyrenaea.com>>.
- Herbario de Jaca. *Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm. YERA, J. (n. d.). Disponible en <<https://cutt.ly/hhZQEK2>>.
- INEbase / Demografía y población / Cifras de población y censos demográficos. 2019. Disponible en <<https://cutt.ly/2hZQmX7>>.



**GALEMYS PYRENAICUS EN LA VERTIENTE MERIDIONAL  
DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA:  
IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES DE MANEJO COMO HERRAMIENTA  
PARA LA CONSERVACIÓN DE POBLACIONES AMENAZADAS**

Lucía TARRAFETA-CALVO<sup>1</sup> |  
Ángel FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ<sup>2</sup> | Ernesto PÉREZ-COLLAZOS<sup>3</sup>

**RESUMEN.**— El hábitat del desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) se ha visto influenciado por diversos factores antrópicos, especialmente por la construcción de infraestructuras hidráulicas en los cursos fluviales, que han fragmentado y aislado las poblaciones de este pequeño mamífero. En el presente artículo se han identificado las posibles barreras físicas y bioecológicas para la especie en los cursos fluviales de la provincia de León. Se prospectaron un total de 199 cursos fluviales, de los cuales un 32,66 % ( $n = 65$ ) mostraron ocupación de la especie. Se han delimitado 29 unidades de manejo (UM) y detectado once presas y diez grandes embalses que dificultan la conectividad entre las poblaciones. La mayoría de las UM presentan una vulnerabilidad crítica, alta y media (93,1 %), por lo que se proponen medidas de conservación para la especie, prestando atención a las UM más vulnerables.

Recepción del original: 13-11-2019

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [luciatarrafeta92@gmail.com](mailto:luciatarrafeta92@gmail.com)

<sup>2</sup> BIOSFERA Consultoría Medioambiental. Candamo, 5. E-33012 Oviedo. [angelfg@biosfera.es](mailto:angelfg@biosfera.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. [ernestop@unizar.es](mailto:ernestop@unizar.es)

**ABSTRACT.**— The habitat of the Iberian desman (*Galemys pyrenaicus*) has been influenced by various anthropic factors, especially by the construction of hydraulic infrastructures in river courses, producing population fragmentation and isolation. This work identified the potential physical and bio-ecological barriers for the species in the river courses of the province of León. 199 river courses were prospected, of which 32.66% ( $n = 65$ ) showed presence of the species. It delimited 29 management units (UMs), and detected eleven dams and ten large reservoirs that hinder connectivity between the populations. Most UMs have critical, high and medium vulnerability levels (93.1%), conservation measures are proposed for the species, focusing on the most vulnerable UMs.

**KEYWORDS.**— Connectivity. Geographic Information System (GIS). Habitat fragmentation. Threatened species. Cordillera Cantábrica (Spain).

## INTRODUCCIÓN

El desmán ibérico, *Galemys pyrenaicus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811), es un pequeño mamífero semiacuático endémico de la península ibérica. Se distribuye desde la vertiente francesa de los Pirineos hasta la mitad septentrional de Portugal, ocupando los principales sistemas montañosos del norte de la Península, desde el sistema Central a los Pirineos, pasando por el sistema Ibérico, la cordillera Cantábrica o el macizo Galaico y los montes de León, y llega incluso a habitar zonas en cotas relativamente bajas y próximas a la costa en el arco cantabroatlántico (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2017a; NORES, 2017; QUAGLIETTA y cols., 2018).

El desmán prefiere arroyos y ríos de corriente fuerte y aguas permanentes, limpias y bien oxigenadas, de bajas temperaturas y con un caudal regular de agua durante todo el año, por lo que muestra predilección por las regiones de clima oceánico en detrimento de las de clima mediterráneo (BIFFI y cols., 2016; NORES, 2017). Aun así, puede estar presente en ríos sometidos a fuertes variaciones estacionales, incluso en cursos semipermanentes, quedándose en tramos menores que permanecen con agua y que actúan a modo de refugio estival (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols., 2014a). Su alimentación se basa en macroinvertebrados reófilos (principalmente larvas de efemerópteros, plecópteros y tricópteros), lo que lo hace muy dependiente de la regularidad del caudal, la oxigenación y la ausencia de contaminación en las aguas, factores que favorecen la

abundancia de su alimento (NORES, 2017; BIFFI y cols., 2017). La especie se encuentra amenazada en casi todo el rango geográfico de distribución que ocupa (“vulnerable” en la *Lista roja de especies amenazadas de la UICN*; FERNANDES y cols., 2008) y especialmente en el sistema Central, donde sus poblaciones están catalogadas como “en peligro de extinción” (*Catálogo español de especies amenazadas*, Real Decreto 139/2011). La fragmentación y el aislamiento de las poblaciones derivados de la construcción de grandes presas y aprovechamientos hidroeléctricos, la contaminación del agua, la destrucción de las márgenes y de la vegetación riparia natural están considerados como las principales amenazas para la especie (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols., 2014a y 2014b; CHARBONNEL y cols., 2015; QUAGLIETTA y cols., 2018). Las presas dificultan la movilidad de los desmanes a lo largo de la red hidrográfica, especialmente en el caso de obstáculos de más de 10 metros de altura (ICN, 2006), generando pequeños núcleos de población aislados o difícilmente conectados, donde el riesgo de extinción se incrementa considerablemente, así como la endogamia (ESCODA y cols., 2017 y 2019). La lámina de agua formada aguas arriba de estas barreras constituye un hábitat en el que el desmán no puede sobrevivir, debido a su excesiva profundidad y a la falta de circulación del agua (ICN, 2006).

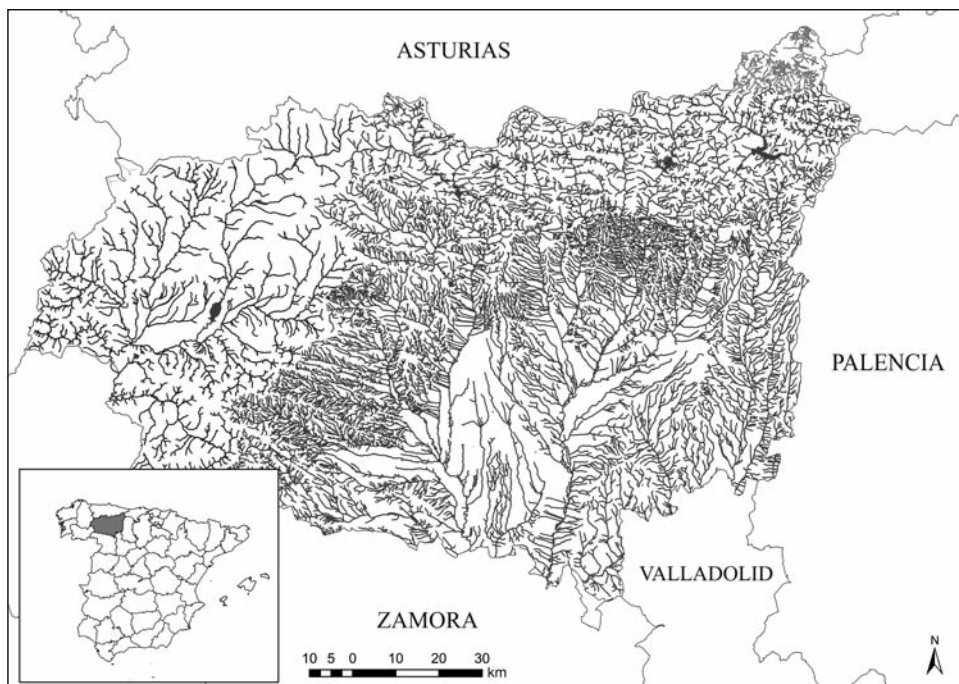
Teniendo en cuenta que estudios recientes confirman una regresión generalizada en prácticamente toda su área de distribución, incluso con la desaparición de poblaciones locales (AYMERICH y GOSÁLBEZ, 2014 y 2015; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols., 2014a y 2014b; GISBERT y GARCÍA, 2014; CHARBONNEL y cols., 2015; NORES, 2017; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols., 2017a y 2017b; QUAGLIETTA y cols., 2018), nuestro estudio se ha centrado en identificar las barreras de tipo físico (presas, azudes y embalses) y clasificarlas atendiendo a sus dimensiones y a las características bioecológicas de la especie con el fin de definir unidades de manejo (UM). En el campo de la biología de la conservación, la identificación de UM resulta una herramienta muy valiosa, ya que permite establecer acciones de conservación puntuales, priorizando sobre aquellas unidades más vulnerables y optimizándose de esta manera la gestión y la conservación de la biodiversidad (FUNK y cols., 2012). La definición de las UM permite efectuar un diagnóstico más preciso de las poblaciones de desmán a nivel de cuenca, que junto con estudios genéticos resultan cruciales para

desarrollar programas de reintroducción y reforzamiento poblacional (traslocaciones, reforzamientos o dispersiones asistidas), acciones que serán esenciales en la futura gestión de una especie de estas características, en la que la suma de extinciones locales está constituyendo una amenaza cada vez más real (FUNK y cols., 2012; GISBERT y GARCÍA, 2014; AYMERICH y GOSÁLBEZ, 2015).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

El estudio comprende los cursos medios-altos de las cuencas hidrográficas del Duero y del Miño – Sil, que recorren la provincia de León (España). La cuenca del Duero representa el 72,1 % de la superficie y tiene como eje principal el río Esla, uno de los principales afluentes del Duero. A él



**Fig. 1.** Área de estudio. Localización de la provincia de León en la península ibérica, sus cuencas hidrográficas y su delimitación.

vierten sus aguas la mayor parte de los cursos fluviales de la cuenca a través de sus afluentes Porma (con su afluente, el Curueño), Bernesga (con su afluente, el Torío), Cea y Orbigo. También forman parte de la cuenca el río Valderaduey, que vierte sus aguas al Duero en las cercanías de Zamora, y el río Grande, que desemboca en el Carrión, ya en la provincia de Palencia (CH Duero, 2017). La cuenca del Miño – Sil comprende el 27,7 % de la superficie de la provincia y está separada de la cuenca del Duero por los montes de León (fig. 1). El río Sil nace en la vertiente leonesa del puerto de Somiedo y son sus principales afluentes los ríos Boeza, Cúa, Burbia, Selmo y Cabrera (CH Miño – Sil, 2017).

### *Confirmación de la presencia de desmán*

Para determinar la ocupación de la red hidrográfica por el desmán ibérico, se tuvieron en cuenta los resultados de los estudios de distribución efectuados en el marco del proyecto LIFE+ Desmania (LIFE / NAT / ES / 691) durante los años 2014 y 2015 en las cuencas fluviales de la provincia de León. Estos estudios consistieron en la localización de indicios de presencia (excrementos) a lo largo de tramos fluviales de 250 metros de longitud. Los tramos fueron efectuados por dos técnicos especialistas que recolectaron las heces atribuibles al desmán para confirmar posteriormente su procedencia en laboratorio mediante la aplicación combinada de técnicas moleculares (protocolo basado en la amplificación de fragmentos del citocromo b desarrollado por IGEA y cols., 2013) y mediante la detección de pelos típicos ingeridos durante el acicalamiento, utilizando técnicas microscópicas tradicionales (QUEIROZ y cols., 1998). La confirmación genética se efectuó a cargo del equipo dirigido por el doctor José Castresana (IBE-CSIC) y el IMBIOTEC, mientras que la búsqueda de pelos típicos mediante microscopia se efectuó a cargo de técnicos del LIFE+ Desmania. En total, se confirmó la pertenencia a desmán de 126 (25,4 %) excrementos de los 496 indicios recogidos. Todos los datos de presencia se incorporaron a un sistema de información geográfica ArcGis 10.1, y exportando los puntos de muestreo y la localización de los excrementos confirmados, se identificaron los cursos de agua en los que la especie estaba presente.

### *Identificación de barreras y definición de unidades de manejo*

Se determinaron las UM identificando las barreras físicas (presas y azudes) y ecológicas (extensión de la lámina de agua embalsada), usando el sistema de información geográfica ArcGis. Teniendo en cuenta los resultados de estudios previos sobre fragmentación (ICN, 2006; ESCODA y cols., 2017 y 2019), en este trabajo se consideraron barreras “infranqueables” aquellos obstáculos (presas o azudes) de más de 10 metros de altura y las extensiones de agua cuya lámina embalsada fuera de más de 1000 metros.

### *Estima de la población potencial*

Se infirió el tamaño potencial de la población en cada una de las UM identificadas a partir de los valores de densidad media (número de desmanes por kilómetro) y la extensión (kilómetros) de la red fluvial prospectada donde se confirmó la presencia de esta especie. Teniendo en cuenta que no existen estudios recientes que aporten datos poblacionales, se han empleado los resultados de densidad media ( $3,17 \pm 1,83$  desmanes/km) obtenidos del estudio demográfico y poblacional que se está efectuando desde 2014 en las cuencas de los ríos Tera y Tuela, en la provincia de Zamora, y son los datos disponibles más recientes, más próximos y con mayores similitudes ecológicas a los ríos de la provincia de León (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols., 2017a). Se ha utilizado dicho valor de densidad media por proceder de un estudio plurianual (cuatro años consecutivos) y por haber sido realizado en dos épocas ecológicamente muy diferentes (primavera – caudales elevados y principios de otoño – máximo estiaje), minimizando con ello errores de sobreestimación o subestimación derivados de un muestreo puntual. Conscientes de las limitaciones del método y del modelo socioespacial de ocupación dinámica del hábitat de esta especie, y con un objetivo claro que es el realizar un análisis comparativo de las UM entre sí, se han extrapolado los valores de densidad media a la red hidrográfica (kilómetros de los cursos fluviales con presencia confirmada) para determinar los rangos poblacionales de cada una de las UM identificadas.



### *Determinación de las unidades de manejo más vulnerables*

Teniendo en cuenta el estudio de AYMERICH y GOSÁLBEZ (2014) y las aproximaciones demográficas de FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols. (2015) en la cuenca del Ulla, hemos asumido que una población de 50 individuos podría ser considerada como una población viable. Por lo tanto, los criterios empleados para determinar las UM más vulnerables fueron *i)* vulnerabilidad crítica: UM con una población potencial máxima inferior a 25 individuos; *ii)* vulnerabilidad alta: UM con una población potencial máxima inferior a 50 individuos; *iii)* vulnerabilidad media: UM cuya población potencial máxima estuviera entre 50 y 150 individuos; *iv)* vulnerabilidad baja: UM cuya población potencial máxima fuera superior a 150 individuos. Los 8 itinerarios se realizaron desde las 7:30 h de la mañana hasta las 12:00 h del mediodía. Del total de 32 salidas, en cinco de ellas predominó un cielo cubierto con presencia de precipitaciones, y en seis, niebla. El resto se efectuó con el cielo despejado y un tiempo soleado.

## **RESULTADOS**

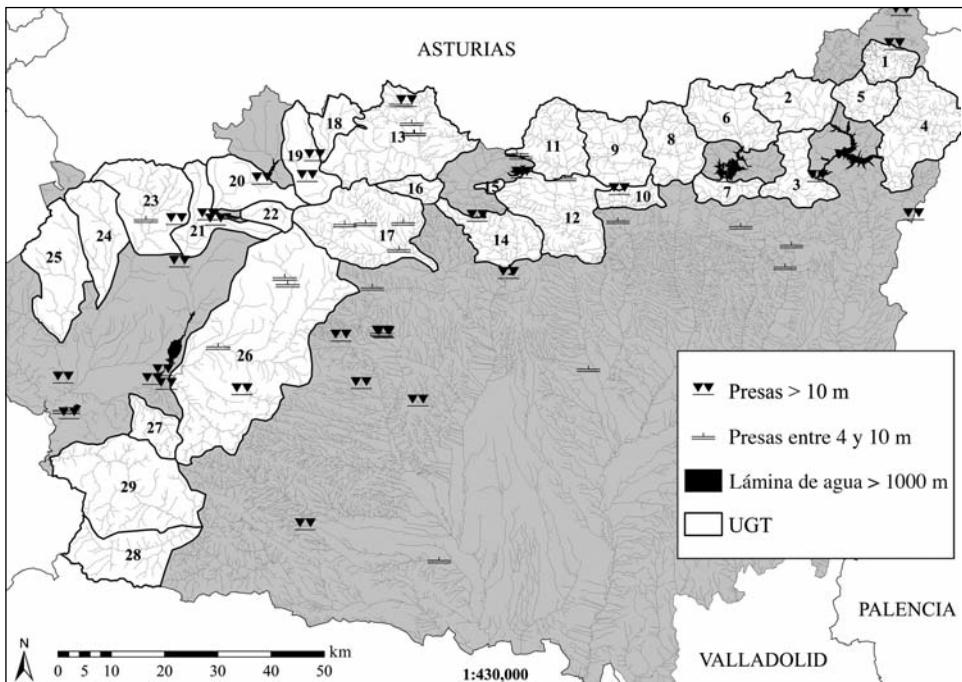
### *Confirmación de la presencia de desmán*

En el marco del LIFE+ Desmania se prospectaron un total de 325 tramos fluviales en la provincia leonesa, de los cuales un 23,69 % ( $n = 77$ ) estaban ocupados por la especie (fig. 2). Estos tramos fluviales prospectados corresponden a 199 cursos fluviales diferentes, entre los cuales hay desde pequeños arroyos y cursos de cabecera hasta grandes ríos de tramos medios. Resultó una ocupación (presencia de *Galemys pyrenaicus*) en lo que a cursos fluviales se refiere del 32,66 % ( $n = 65$ ). Cabe destacar la presencia de desmán en todas las principales subcuencas prospectadas de la provincia de León.

Además de estos 77 tramos en los que se ha confirmado la presencia de desmán, en otros 81 (24,92 %) se han recolectado excrementos atribuibles al desmán pero que no han podido ser confirmados, bien porque el DNA se encontró degradado o porque no contenían pelos típicos (fig. 2), por lo que la ocupación de la red hidrográfica podría ser algo mayor.

Atendiendo a su distribución por cuencas hidrográficas, en aquellas que vierten al Cantábrico se confirmó la presencia de desmán en cinco de los nueve cursos fluviales prospectados. Su presencia se ha constatado en las principales subcuencas, así como en pequeños afluentes, entre los que destaca el Cares como río principal, y en cuanto a pequeños tributarios, en su mayoría cauces de anchuras inferiores a los 2 metros, se encuentra en arroyos de cabecera tanto del Sella como del Cares. Los valores de ocupación en la cuenca del Cantábrico se aproximan al 54 % de los tramos fluviales prospectados.

En la cuenca del Duero se localizaron excrementos en un total de 35 cursos fluviales de los 122 prospectados. Su presencia ha sido confirmada en la mayor parte de las principales subcuencas, así como en pequeños afluentes directos. Entre los importantes se encuentran los ríos Bernesga, Cea, Combarros, Curueño, de los Peces, de Valagar, del Collado, Esla,



**Fig. 2.** Barreras físicas y ecológicas (presas, azudes y embalses) y unidades de manejo en las tres cuencas hidrográficas del área de estudio.

Labias, Porquera, Traspando, Turienzo, Valtabullo y Yuso, así como en numerosos pequeños tributarios y arroyos de cabecera con anchuras inferiores a los 2 metros de cauce. El porcentaje de tramos ocupados obtenidos para la cuenca del Duero se han acercado al 30,07 % de los tramos fluviales prospectados.

En cuanto a las aguas vertientes a la cuenca del Miño – Sil, se localizaron excrementos en un total de 23 cursos fluviales de los 83 prospectados. Su presencia también ha sido confirmada en la mayor parte de las principales subcuencas, así como en pequeños afluentes directos o incluso en la confluencia de estos pequeños arroyos con ríos de un tamaño superior. Entre los principales merece la pena destacar los ríos Boeza, Burbia, Cúa, Cuiña, Abeceo, de la Fervienza, Valdeprado, del Bayo, Fontanina o arroyo Tejado, Oracheiro y Tejeira, así como multitud de pequeños tributarios directos y arroyos de cabecera. La ocupación de desmán ibérico en la cuenca del Miño – Sil ha resultado aproximadamente del 25,55 % de los tramos fluviales prospectados.

### *Identificación de unidades de manejo y estima de población potencial*

Se han delimitado un total de 29 UM en las cuencas fluviales de la provincia de León, donde hay un total de once presas y diez grandes embalses que dificultan la conectividad entre las poblaciones de *Galemys pyrenaicus* (fig. 2; tabla 1). En la cuenca del Cantábrico se ha identificado una UM en la cuenca del Cares, en la del Miño – Sil se han definido 12 UM, y en la del Duero, 16.

En cuanto a la estima de la población potencial en cada una de las UM identificadas, las de mayor número de efectivos son las UM 4 (Yuso), 17 (Alto Omañas), 11 (Alto Bernesga), 25 (Alto Burbia), 6 (Alto Porma), 26 (Boeza) y 6 (Alto Cúa), todas ellas con más de 30 individuos. Destacan las UM 4 y 17, que se corresponden con la cuenca del río Yuso, el cual vierte en el embalse de Riaño, y la parte alta del río Omañas (UM 17), afluente del Órbigo, con un número máximo de 198 y 181 individuos, respectivamente. Las UM con menor número de individuos fueron Torío (UM 10; 2-8 individuos) y Alto Sil 1 (UM 18; 3-11 individuos) (tabla 1).

**Tabla 1.** Identificación de cada unidad de manejo (UM), longitud (km) de los cursos fluviales con presencia confirmada y número de individuos estimado en cada una de ellas; población mínima (Pobl. mín.) y máxima (Pobl. máx.); barrera superior (Barr. superior) aguas arriba de la UM; nacimiento (NAC), y barrera inferior (Barr. inferior) aguas abajo de la UM. Entre paréntesis se ofrece la altura de las presas desde los cimientos y la superficie de la lámina de agua embalsada. El asterisco (\*) indica que aguas abajo de este punto, a pesar de no existir una barrera, la especie no está presente. La vulnerabilidad de cada UM se expresa en colores: vulnerabilidad crítica (rojo), vulnerabilidad amenazada (naranja), vulnerabilidad media (azul) y vulnerabilidad baja (verde).

<i>N.º</i>	<i>UM</i>	<i>Barr. superior</i>	<i>Barr. inferior</i>	<i>km</i>	<i>Pobl. mín.</i>	<i>Pobl. máx.</i>
1	Alto Cares	NAC	Presa de Cordiñanes (14 m)	5,53	7	28
2	Alto Esla	NAC	Embalse de Riaño (160 ha)	12,00	16	60
3	Esla	Presa de Riaño (100,6 m)	Arroyo de Vargallo *	8,77	12	44
4	Yuso	NAC	Embalse de Riaño	39,67	53	198
5	Orza	NAC	Embalse de Riaño	9,72	13	49
6	Alto Porma	NAC	Embalse de Porma (1249 ha)	24,63	33	123
7	Porma	Presa de Juan Benet (77,6 m)	Arroyo de Cerecedo *	7,78	10	39
8	Alto Curueño	NAC	Arroyo del Fito *	8,81	12	44
9	Alto Torío	NAC	Azud central de las Hoces de Vegacervera	10,95	15	55
10	Torio	Azud central de las Hoces de Vegacervera	Arroyo Correcillas *	1,60	2	8
11	Alto Bernesga 1	NAC	Arroyo Formigoso *	27,56	37	138
12	Alto Bernesga 2	Presa de Casares de Arbás (52,50 m)	Arroyo de Ollero *	14,97	20	75
13	Alto Luna	NAC	Embalse de Barrios de Luna (1122 ha)	7,55	10	38
14	Luna	Presa de Barrios de Luna (96,2 m)	Embalse de Selga de Ordás (66,47 ha)	19,48	26	97
15	Aralla	NAC	Embalse de Barrios de Luna (1122 ha)	5,79	8	29
16	Pereda	NAC	Embalse de Barrios de Luna (1122 ha)	4,88	7	24
17	Alto Omañas	NAC	Río Negro *	36,2	48	181
18	Alto Sil 1	NAC	Embalse de Villaseca (3,93 ha)	2,24	3	11
19	Alto Sil 2	Presa de Villaseca (40 m)	Embalse de Las Rozas (160 ha)	9,70	13	48
20	Alto Sil 3	Presa de Las Rozas (71 m)	Embalse de Las Ondinas (13,015 ha)	6,58	9	33

**Tabla 1.** (continuación)

<i>N.º</i>	<i>UM</i>	<i>Barr. superior</i>	<i>Barr. inferior</i>	<i>km</i>	<i>Pobl. mín.</i>	<i>Pobl. máx.</i>
21	Alto Sil 4	Presa de Las Ondinas (25 m)	Presa de Peñadrada (13 m)	13,44	18	67
22	Arroyo Valseco	NAC	Embalse de Matalavilla (188 ha; presa 115 m)	8,48	11	42
23	Alto Cúa	NAC	Arroyo de Mourín *	22,57	30	113
24	Ancares	NAC	Río Cúa *	20,40	27	102
25	Alto Burbia	NAC	Río Valcarce *	26,46	35	132
26	Boeza	NAC	Embalse de Montearenas (20 ha; presa, 37 m)	23,51	31	117
27	Valdueza	NAC	Río Sil *	12,93	17	65
28	Alto Cabrera	NAC	Río Cabo *	14,56	19	73
29	Cabrera	Río Cabo *	Embalse Pumares (76,746 ha)	7,94	11	40

### *Vulnerabilidad de las unidades de manejo*

La mayoría de las UM presentan una vulnerabilidad crítica, alta y media (93,1 %). Las únicas con un buen estado de conservación fueron Alto Omañas (UM 17) y Yuso (UM 4), ambas con vulnerabilidad baja al disponer de un número de efectivos elevados (tabla 1). Les siguen otras 12 UM con vulnerabilidad media, cuyas poblaciones se encuentran al límite de la viabilidad y se sitúan distribuidas por la mayor parte del norte de la provincia. Sin embargo, se han identificado un total de 15 UM con alto riesgo de extinción a corto plazo, 3 de ellas con una vulnerabilidad crítica (UM Torío, Alto Sil y Pereda) y 12 con una vulnerabilidad alta, que se corresponden con las cuencas de los cursos fluviales Torío, Sil, Pereda, Cares, Aralla, Luna, Porma, Cabrera, Valseco, Esla, Curueño y Orza (tabla 1).

## **DISCUSIÓN**

### *Distribución del desmán en las cuencas fluviales leonesas*

Los valores de ocupación obtenidos resultaron ser del 23,69 % ( $n = 77$ ) de los tramos fluviales prospectados, valores muy similares a los de los

estudios realizados por FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols. (2014a) en la cuenca del Ulla (Galicia), donde fueron del 22 % del total de los tramos prospectados y ligeramente inferiores a los obtenidos en el norte de Portugal, del 27 % del total de los tramos (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols., 2014a) y aún más bajos que los hallados recientemente en Asturias, donde se obtuvo un porcentaje de ocupación de un 29,5 % del total de los tramos prospectados (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y cols., 2017b).

A los 77 tramos fluviales con presencia constatada de *Galemys pyrenaicus* habría que añadir un total de 81 tramos con presencia probable, en los que, a pesar de haber recogido indicios típicamente atribuibles a esta especie, los test de confirmación (genética y búsqueda de pelos típicos) no resultaron positivos. La mayoría de los tramos donde se confirmó la presencia son cauces de escasa entidad, en su mayoría pequeños tributarios o tramos de cabecera relativamente bien conectados entre sí, lo que está en consonancia con los resultados obtenidos en la vertiente francesa de los Pirineos (CHARBONNEL y cols., 2015; BIFFI y cols., 2016).

Otro aspecto que destacar es la amplia distribución de la especie en la región, que ocupa de oeste a este todas las subcuencas de los principales ríos que discurren por la provincia de León, si bien cada vez más recluida a cuencas altas y zonas de cabecera. Se trata, pues, de unos datos esperanzadores para la especie, con una ocupación amplia pero cada vez más acantonada en zonas altas de la red hidrográfica, en las que aún perduran numerosas poblaciones, algunas de ellas de cierta relevancia, como las del río Yuso o las del Omañas. Esta buena distribución podría permitir, después de aplicar las preceptivas medidas específicas de conservación, recuperar sus poblaciones tanto en su distribución como en su densidad.

En cuanto a las barreras, se han encontrado grandes presas y embalses en las tres cuencas hidrográficas (fig. 2). En la del Duero existen cuatro grandes embalses: el de Riaño (en el río Esla), el del Porma, el de Casares de Arbás (río Casares) y el de Barrios de Luna. Aguas abajo de estos embalses la presencia de desmán está recluida tan solo a pequeños afluentes de escasa entidad. En los tramos medios-bajos de estos ríos esta no se ha podido confirmar. La ausencia de la especie posiblemente sea debida a una regresión poblacional, como consecuencia de la alteración del medio fluvial, especialmente en las zonas medias-bajas, donde se han efectuado todo

tipo de obras hidráulicas, entre ellas obstáculos de gran tamaño, que alteran el continuo fluvial y modifican las condiciones hidrológicas, circunstancia que afecta directamente a la ocupación del hábitat por parte del desmán (ESNAOLA y cols., 2018).

En la cuenca del Sil también se confirmó la presencia de desmán ibérico en todas las subcuencas, con un porcentaje de ocupación del 25,55 % del total de los tramos prospectados. En las partes medias-bajas de los ríos principales la presencia no ha podido ser confirmada. Al igual que en la cuenca del Duero, los cauces de los principales ríos están afectados por grandes presas. El río Sil está regulado por cuatro presas a su paso por la provincia de León. Aguas abajo de los embalses de Villaseca (en la cabecera), Las Rozas, Las Ondinas y Peñadrada no se pudo confirmar la presencia de desmán. Al igual que ocurre en la cuenca del Duero, la ausencia de la especie aguas abajo de las grandes presas podría estar relacionada con las alteraciones del hábitat fluvial provocadas por estas obras de ingeniería. Estas presas alteran el régimen hidráulico natural y modifican el funcionamiento del ecosistema fluvial al reducir las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos, como consecuencia de las fuertes variaciones en las condiciones hidráulicas y en la extensión de la lámina de agua del cauce (JAMES y cols., 2008; ESNAOLA y cols., 2018), lo que tiene consecuencias directas sobre las condiciones de habitabilidad del desmán. Las presas preferenciales del desmán (efímeras, plecópteros y tricópteros) (CASTIÉN y GOSÁLBEZ, 1995) son muy sensibles a la contaminación y a las variaciones de caudal originadas por las grandes presas, por lo que una merma de la calidad del medio acuático afecta directamente a la disponibilidad trófica.

### *Unidades de manejo y medidas de conservación*

La identificación de barreras que dificultan la conectividad es uno de los aspectos más importantes en la gestión de poblaciones fragmentadas de especies amenazadas. Una de las tareas más urgentes para adoptar las medidas de gestión y manejo más adecuadas para la conservación del desmán es determinar la situación existente en cada una de las subcuencas ocupadas y su conexión entre sí (NORES, 1999). La delimitación de las UM y

la evaluación del estado de cada una de ellas podría ser una herramienta útil para la adopción de medidas específicas de conservación, ya que permitiría definir y priorizar las acciones atendiendo al nivel de vulnerabilidad de las poblaciones identificadas.

Del total de las 29 UM identificadas (fig. 2; tabla 1) se considera prioritario actuar sobre el 52 % de ellas, por considerarse las más vulnerables (vulnerabilidad crítica y alta) debido a su bajo número de individuos y a la escasa extensión de la red hidrográfica disponible, pues la red fluvial de la que disponen algunas de ellas es muy limitada. En las UM Torío (10), Alto Sil (18), Pereda (16), Alto Cares (1), Aralla (15), Alto Sil 3 (20), Alto Luna (13), Porma (7), Cabrera (29), Arroyo Valseco (22), Esla (3), Alto Curueño (8), Alto Sil 2 (19), Orza (5) y Alto Torío (9) se localizan algunas de las poblaciones que atraviesan por peor situación (tabla 1). Las medidas de gestión en dichas UM deberían incluir *i*) estudios poblacionales; *ii*) medidas específicas de recuperación de la especie y de mejora del hábitat; *iii*) análisis específico del efecto barrera de los obstáculos identificados y *iv*) estudios genéticos que aporten información crucial sobre el aislamiento, la endogamia y la salud genética de las poblaciones identificadas.

Los estudios poblacionales exhaustivos resultan imprescindibles para determinar el número de individuos por UM antes y después de la gestión aplicada, lo que permite conocer la efectividad de las medidas realizadas. Para dichos estudios será necesario aplicar un programa de trapeo específico con el que obtener datos poblacionales (estructura de edades, razón de sexos...) y comparar la dinámica poblacional a escala temporal amplia.

Las actuaciones que mejoren el estado de conservación del ecosistema fluvial son especialmente beneficiosas para la preservación a largo plazo de las poblaciones de desmán, siempre que no se afecte a la continuidad del río ni se artificialicen las orillas (NORES, 1999; ICN, 2006; NORES y cols., 2007). La recuperación del hábitat del desmán comprendería un conjunto de actuaciones de restauración de los bosques autóctonos de ribera y de mejora de la conectividad longitudinal de los hábitats ribereños. Esto iría especialmente dirigido a incrementar la capacidad de acogida del hábitat y con ello la recuperación de las poblaciones, tanto en cuanto al número de efectivos como a la continuidad en la ocupación de



la red hidrográfica. La preservación de la estructura natural de los cauces y de las márgenes, así como la conservación del bosque de ribera y de la vegetación adyacente a las líneas de agua, mejoran la disponibilidad de refugios para la especie (MELERO y cols., 2012) y, en consecuencia, podrían tener efectos positivos sobre la supervivencia y la capacidad reproductiva del desmán.

Trabajos recientes efectuados en la provincia de Zamora han permitido comprobar como obstáculos de 8-10 metros de altura, aun sin provocar un aislamiento total de las poblaciones situadas aguas arriba o aguas abajo de la infraestructura, ocasionan una importantísima restricción a los movimientos dispersivos de ambos sectores (ESCODA y cols., 2019). Es por ello por lo que urge ahondar en el conocimiento de la capacidad dispersiva de la especie y realizar estudios específicos en los que se deben combinar técnicas radiotelemétricas y genómicas que permitan conocer los principales patrones de dispersión de la especie, así como determinar el nivel de aislamiento entre las UM, lo que posibilitaría establecer un criterio más específico en cuanto a la vulnerabilidad de las UM se refiere. Esta información sobre la movilidad y la capacidad dispersiva es crucial para desarrollar las medidas más adecuadas de conectividad (permeabilización de barreras, creación de corredores, restauración de zonas degradadas...), con el fin de aumentar la de las UM.

De forma paralela a las medidas anteriores, se considera prioritaria la realización de estudios genómicos detallados a escala de cuenca, analizando el grado de conectividad de las poblaciones y especialmente el aislamiento entre núcleos derivado de la presencia de grandes presas en la montaña leonesa. Estudios recientes han determinado una fuerte estructuración genética a nivel intrapoblacional, sin apenas intercambio genético (IGEA y cols., 2013), y la fragmentación del hábitat es una causa probable de esta pérdida de diversidad. La ausencia de flujo génico aumenta la endogamia en las poblaciones, tal como ya han demostrado ESCODA y cols. (2017), lo que podría ocasionar problemas reproductivos y, por lo tanto, aumentar la probabilidad de extinción de algunas poblaciones, especialmente en las UM más vulnerables (tabla 1). Sería también de especial relevancia estudiar las subcuencas de los ríos Curueño y Porma, ya que en esas áreas se encuentra la frontera entre dos de los principales linajes genéticos de esta especie

(QUEJERETA y cols., 2017). Esto coincide con las UM 6, 7 y 8. Trabajos recientes sugieren que estas poblaciones son de reciente creación, probablemente debido a la dispersión entre subcuencas, lo que refuerza la idea de que los corredores de ribera y las conexiones a través de cabeceras tienen un gran potencial para la dispersión entre cuencas aisladas, especialmente los situados a bajas altitudes y con afluentes cercanos a las divisorias de aguas (QUEREJETA y cols., 2017). Con todo ello habría que tratar de buscar soluciones a un problema, el de la fragmentación, difícil de abordar por su complejidad. Es por ello por lo que se precisa de un mayor conocimiento para abordar con criterio las necesarias actuaciones de mejora de conectividad, sin excluir acciones de manejo como la dispersión asistida a través de la traslocación de ejemplares (BRICHERI-COLOMBI y MOEHRENSCHLAGER, 2016; READING y cols., 2017).

Las medidas aquí propuestas y los estudios recomendados en este artículo podrían ayudar no solo a la conservación de esta especie, sino también a la de otras muchas especies vinculadas al medio acuático y a los ecosistemas ribereños, ayudando así a preservar la biodiversidad de nuestros ríos.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Junta de Castilla y León y al LIFE+ Desmania por la obtención de los datos facilitados de presencia de desmán ibérico en la provincia de León.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYMERICH, P., y J. GOSÁLBEZ (2014). El desmán ibérico *Galemys pyrenaicus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811) en los Pirineos meridionales. *Munibe Monographs. Nature Series*, 3: 37-77.
- AYMERICH, P., y J. GOSÁLBEZ (2015). Evidencias de regresión local del desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) en los Pirineos meridionales. *Galemys*, 27: 31-40.
- BIFFI, M., A. CHARBONNEL, L. BUISSON, F. BLANC, M. NÉMOZ y P. LAFFAILLE (2016). Spatial differences across the French Pyrenees in the use of local habitat by the endangered semi-aquatic Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26: 761-774.

- BIFFI, M., F. GILLET, P. LAFFAILLE, F. COLAS, S. AULAGNIER, F. BLANC, M. GALAN, M. L. TIOUCHICHINE, M. NÉMOZ, L. BUISSON y J. R. MICHAUX (2017). Novel insights into the diet of the Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) using next-generation sequencing molecular analyses. *Journal of Mammalogy*, 98: 1497-1507.
- BRICHERI-COLOMBI, T. A., y A. MOEHRENSCHLAGER (2016). Alignment of threat, effort, and perceived success in North American conservation translocations. *Conservation Biology*, 30: 1159-1172.
- CASTIÉN, E., y J. GOSÁLBEZ (1995). Diet of *Galemys pyrenaicus* (Geoffroy, 1811) in the north of the Iberian Peninsula. *Netherlands Journal of Zoology*, 45: 422-430.
- CHARBONNEL, A., L. BUISSON, M. BIFFI, F. D'AMICO, A. BESNARD, S. AULAGNIER, F. BLANC, F. GILLET, V. LACAZE, J. R. MICHAUX, M. NÉMOZ, C. PAGÉ, J. M. SÁNCHEZ-PÉREZ, S. SAUVAGE y P. LAFFAILLE (2015). Integrating hydrological features and genetically validated occurrence data in occupancy modelling of an endemic and endangered semi-aquatic mammal, *Galemys pyrenaicus*, in a Pyrenean catchment. *Biological Conservation*, 184: 182-192.
- ESCODA, L., J. GONZÁLEZ-ESTEBAN, A. GÓMEZ y J. CASTRESANA (2017). Using relatedness networks to infer contemporary dispersal: Application to the endangered mammal *Galemys pyrenaicus*. *Molecular Ecology*, 26: 3343-3357.
- ESCODA, L., A. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y J. CASTRESANA (2019). Quantitative analysis of connectivity in populations of a semi-aquatic mammal using kinship categories and network assortativity. *Molecular Ecology Resources*, 19: 310-326.
- ESNAOLA, A., J. GONZÁLEZ-ESTEBAN, A. ELÓSEGUI, A. ARRIZABALAGA-ESCUADERO y J. AIHARTZA (2018). Need for speed: Preference for fast-flowing water by the endangered semi-aquatic Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) in two contrasting streams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28: 600-609.
- FERNANDES, M., J. HERRERO, S. AULAGNIER y G. AMORI (2008). *Galemys pyrenaicus*. En IUCN 2013. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.2.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A., J. A. GARCÍA, D. MENÉNDEZ y D. FERNÁNDEZ-MENÉNDEZ (2014a). Evidencias de una ocupación temporal por parte del desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) de cursos fluviales con una marcada estacionalidad en el norte de Portugal. *Galemys, Spanish Journal of Mammalogy*, 26: 57-64.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A., J. A. GARCÍA, D. MENÉNDEZ, J. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, D. FERNÁNDEZ-MENÉNDEZ y J. SANTAMARINA (2014b). Nuevos datos sobre la distribución del desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) en Galicia. Proyecto LIFE+ MARGALULLA. *Galemys, Spanish Journal of Mammalogy*, 26: 105-110.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A., J. A. GARCÍA, J. M. FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, S. MUNNÉ-PRAT, J. FERNÁNDEZ-LÓPEZ y J. C. GARCÍA (2015). *Diagnosis del tamaño poblacional y conectividad de las poblaciones de desmán ibérico (Galemys pyrenaicus) en el ámbito del LIFE+ MARGALULLA (LIFE 09 NAT7ES/000514)*. Informe inédito. Xunta de Galicia. 184 pp.

- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A., J. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. MUNNÉ, J. M. VALLE, L. ESCODA, J. CASTRESANA y D. FERNÁNDEZ-MENÉNDEZ (2017a). Estructura poblacional del desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) en dos cuencas fluviales del oeste de Zamora. *XIII Congreso de la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM)*: 52. Guadalajara, 6-9 de diciembre de 2017. Póster. Libro de resúmenes. SECEM. Málaga.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A., J. M. VALLE, J. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. MUNNÉ, D. MENÉNDEZ-RODRÍGUEZ, A. BALMORI-DE LA PUENTE, J. CASTRESANA, D. FERNÁNDEZ-MENÉNDEZ y V. M. VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ (2017b). Reclusión de las poblaciones de desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) del principado de Asturias a las cuencas fluviales centro occidentales. *XIII Congreso de la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM)*: 54. Guadalajara, 6-9 de diciembre de 2017. Póster. Libro de resúmenes. SECEM. Málaga.
- FUNK W. C., J. K. MCKAY, A. P. HOHENLOHE y W. F. ALLENDORF (2012). Harnessing genomics for delineating conservation units. *Trends in Ecology and Evolution*, 27: 489-496.
- GISBERT, J., y R. GARCÍA (2014). Historia de la regresión del desmán ibérico *Galemys pyrenaicus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811) en el sistema Central (península ibérica). En A. Ruiz, J. López de Luzuriaga y J. Rubines (eds.), *Conservation and management of semi-aquatic mammals of southwestern Europe*: 19-135. Aranzadi Society of Sciences (Munibe Monographs Nature Series). San Sebastián.
- ICN (Instituto de Conservação da Natureza) (2006). *Galemys pyrenaicus*. *Fauna. Ficha de caracterização ecológica e de gestão. Plano Sectorial da Rede Natura 2000*.
- IGEA, J., P. AYMERICH, A. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J. GONZÁLEZ-ESTEBAN, A. GÓMEZ, R. ALONSO, J. GOSÁLBEZ y J. CASTRESANA (2013). Phylogeography and postglacial expansion of the endangered semi-aquatic mammal *Galemys pyrenaicus*. *BMC Evolutionary Biology*, 13: 115-225.
- JAMES, A. B. W., Z. S. DEWSON y R. G. DEATH (2008). The effect of experimental flow reduction on macroinvertebrate drift in natural and streamside channels. *River Research and Applications*, 24: 22-35.
- MELERO, Y., P. AYMERICH, J. J. LUQUE-LARENA y J. GOSÁLBEZ (2012). New insights into social and space use behaviour of the endangered Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*). *European Journal of Wildlife Research*, 58: 185-193.
- NORES, C. (1999). *Informe sobre la situación del desmán ibérico (Galemys pyrenaicus) en España. Seminario sobre conservación de Margaritifera margaritifera y Galemys pyrenaicus en la península ibérica*. Pola de Somiedo (Asturias), 6-8 de mayo de 1999. INDUROT/Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- NORES, C. (2017). Desmán ibérico – *Galemys pyrenaicus*. En A. Salvador y J. Barja (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

- NORES, C., A. I. QUEIROZ y J. GISBERT (2007). *Galemys pyrenaicus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811). En L. J. Palomo, J. Gisbert y J. C. Blanco (eds.), *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España*: 92-95. Dirección General para la Biodiversidad/ SECEM/ SECEMU. Madrid.
- QUAGLIETTA, L., J. PAUPEIRO, F. MARTINS, P. ALVES y P. BEJA (2018). Recent range contraction in the globally threatened Pyrenean desman highlight the importance of stream headwater refugia. *Animal Conservation*, 21: 515-525.
- QUEIROZ, A. I., C. M. QUARESMA, C. P. SANTOS, A. J. BARBOSA y H. M. CARVALHO (1998). Bases para a Conservação da Toupeira-de-água (*Galemys pyrenaicus*). *Estudos de Biologia e Conservação da Natureza*, 27: 1-118.
- QUEREJETA, M., A. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, R. ROMERO y J. CASTRESANA (2017). Post-glacial dispersal patterns and mitochondrial genetic structure of the Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) in the northwestern region of the Iberian Peninsula. *Ecology and Evolution*, 7: 4486-4495.
- READING, R. P., B. J. MILLER y L. E. RAMÍREZ (2017). The Growing Importance of Reintroductions and Translocations as Tools for Conservation in an Age of Rapid Climate Change. En D. A. Della Sala y M. I. Goldstein (eds.), *The Encyclopedia of the Anthropocene*, vol. 3: 405-408. Elsevier. Oxford.



## PUESTA AL DÍA DE LAS NUEVAS ESPECIES DE GASTERÓPODOS EOCENOS DESCRITAS EN LA CUENCA DE JACA

Guillermo GÓMEZ-GARCÍA<sup>1</sup>

**RESUMEN.**— Se revisan las nuevas especies de gasterópodos fósiles descritas en el Eoceno de la cuenca de Jaca desde 1881. Se pone al día la sistemática taxonómica de dichas especies y se ilustra con imágenes de nuevos ejemplares. Se describen dos nuevas especies del género *Athleta*: *Athleta oscensis* nov. sp. y *Athleta isabelae* nov. sp.

**ABSTRACT.**— Review of the new species of fossil gasteropods described in the Eocene of the Jaca Basin since 1881. It updates the taxonomic systematics of these species and provides illustrations of new specimens. This work describes two new species of the *Athleta* genus: *Athleta oscensis* nov. sp. and *Athleta isabelae* nov. sp.

**KEYWORDS.**— Eocene. Gasteropods. New species. South Pyrenean Jaca Basin. Huesca (Spain).

### INTRODUCCIÓN

El surco surpirenaico presenta una abundante y bien conservada diversidad de especies fósiles de invertebrados eocenos, y en el caso de las cuencas oscenses se han publicado pocos estudios, muy espaciados en el tiempo. La falta de una puesta al día adecuada de las descripciones, las ilustraciones

Recepción del original: 28-11-2019

<sup>1</sup> Divulgador independiente. [dromilites@gmail.com](mailto:dromilites@gmail.com)

y la atribución taxonómica de las nuevas especies descritas redundan en que estas sean ignoradas con ocasión de nuevos estudios. De la elaboración previa de la sistemática completa de los gasterópodos fósiles del Eoceno de la cuenca de Jaca, se desgaja el contenido de este artículo.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Los materiales examinados han sido recogidos en superficie, sin remoción ni excavación del terreno, en los yacimientos mencionados en la bibliografía citada y en otros coetáneos de la misma cuenca. Se han desmatrizado y preparado de forma principalmente mecánica, con percusión y rascado, con aumento de hasta 25x, y excepcionalmente se han usado productos químicos. Algunas piezas están recompuestas (siempre con fragmentos del mismo ejemplar) con adhesivos y resinas; algunas, además, consolidadas con adherentes plásticos.

Para las especies de las cuales no se han localizado nuevos ejemplares en la cuenca se han solicitado datos e imágenes de la Colección J. Fernández de Villalta al Museo de Geología de Barcelona – MCNB.

En la identificación se han seguido las publicaciones de la cartografía del Instituto Geológico y Minero de España, las paleontológicas y geológicas al respecto de la cuenca de Jaca y las de las cuencas eocenas vecinas (Trempe-Graus, Pamplona, Nueva Aquitania, Occitania y Cataluña), así como los más numerosos y amplios estudios de las cuencas de París – sur de Inglaterra y del entorno de los Alpes.

También se han consultado ejemplares de la cuenca de Jaca depositados en el Museo del Instituto Geológico y Minero de España (Madrid), en el Museo Geológico del Seminario de Barcelona (MGSB) y en el Museo de Geología de Barcelona – MCNB.

De particular ayuda ha sido el trabajo de José F. de Villalta-Comella sobre especies del valle del río Basa y Sabiñánigo, el cual ha servido de guía para recorrer la sistemática a través de la ochentena de gasterópodos que describe y figura. Ha sido de especial ayuda además la consulta con miembros del foro Nautilus (<https://nautilus.foroactivo.com.es>) y del <foro coqu-actuetfossil.forumactif>, y en particular con Silvio Domínguez



y Jean-Michel Pacaud. Para la sistemática se ha seguido la propuesta por Pacaud en 2008, en líneas generales, aunque se han atendido en casos particulares las recomendaciones de otros autores de la bibliografía y de referencias de bases de datos de paleontología y biología como Fossilworks y WoRMS – World Register of Marine Species.

### CONTEXTO GEOLÓGICO

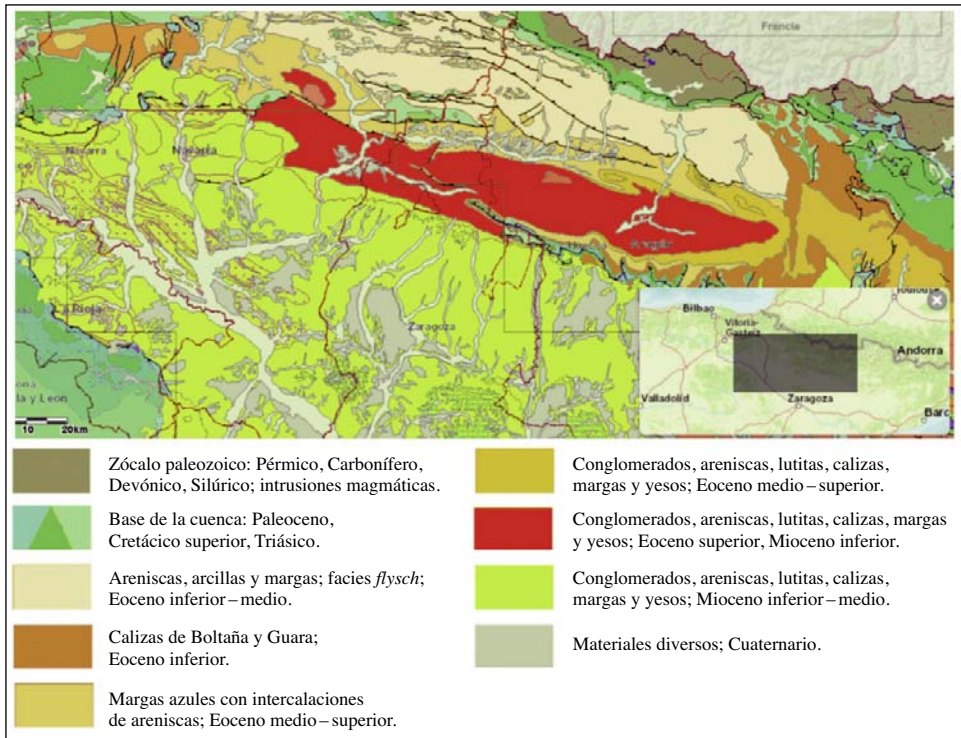
La cuenca de Jaca (figs. 1 y 2) forma parte de la depresión surpirenaica, que ha recibido abundantes sedimentos contemporáneos a la orogenia pirenaica desde el Cretácico superior al Oligoceno. Los sedimentos han rellenado la cuenca con un espesor kilométrico y están originados en los propios desmantelamiento y erosión de la cordillera.

Las Sierras Interiores y Exteriores suponen los límites norte y sur de la cuenca y a la vez delatan la cimentación de esta con un mismo sistema de estratos de calizas compactas, bien carbonatadas, de edad Cretácico superior – Paleoceno. En el centro de esta cuenca el río Basa erosiona un valle de orientación sureste-noroeste en el interior de un anticlinal vaciado (figs. 2 y 3) que deja al descubierto los estratos más antiguos (Luteciense) en el centro y los más modernos en los flancos norte y sur (Bartoniense, Priaboniense y Oligoceno). En este valle se encuentran la gran mayoría de las especies recogidas en este artículo.

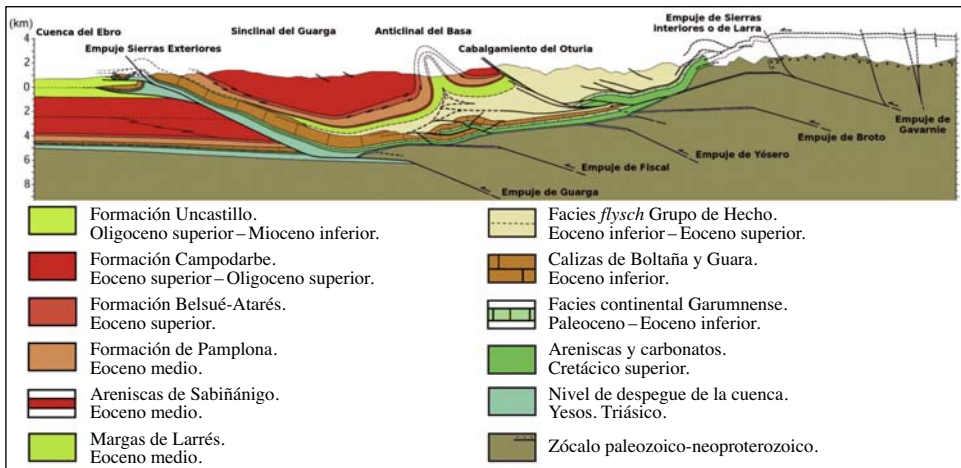
Desde el núcleo del valle hacia los flancos norte y sur encontramos diferentes formaciones.

El núcleo del sinclinal está ocupado por la formación Margas de Larrés, sedimentos fangosos marinos de aguas profundas que suponen la colmatación del surco surpirenaico en este sector y su conversión en un delta progradacional (*Mapa geológico de España*, IGME, hoja n.º 177, Sabiñánigo).

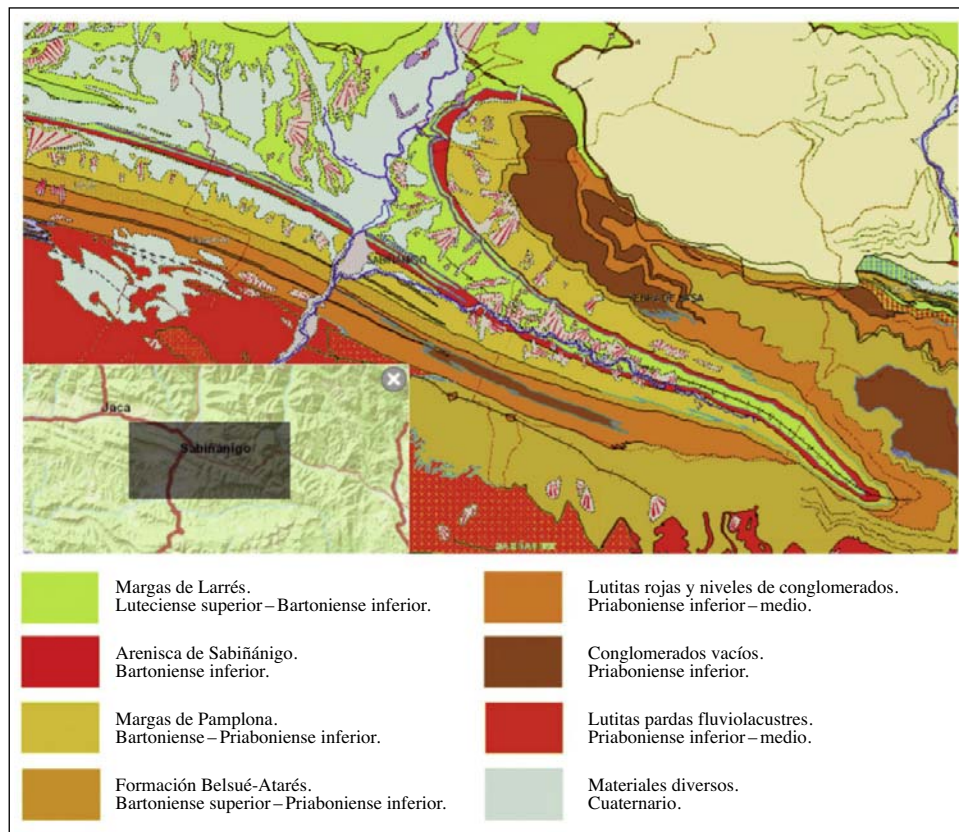
Las Areniscas de Sabiñánigo forman la pequeña sierra de los Capitiellos al norte y al sur del valle. Los Capitiellos también dividen la explanada o canal que une Sabiñánigo y Jaca formando dos valles que se conocen como *Val Ancha* y *Val Estrecha*. Los Capitiellos se extienden más difusamente por la Canal de Berdún hasta esta localidad. Las Areniscas de Sabiñánigo



**Fig. 1.** Mapa geológico de la cuenca de Jaca (modificado del Instituto Geológico y Minero de España; visor cartográfico).



**Fig. 2.** Corte geológico del surco surpirenaico en sección sur-norte (modificado de LABAUME y TEIXELL, 2018).



**Fig. 3.** Mapa geológico del anticlinal del Basa (modificado del Instituto Geológico y Minero de España; visor cartográfico).

presentan faunas dispersas y mal conservadas de bivalvos y restos vegetales, se interpretan como una facies de plataforma costera profunda.

La formación Margas de Pamplona es otra gran acumulación de lodos marinos, su contenido fósil aumenta desde la base y denota una progresiva somerización de las aguas marinas. De la base azoica se pasa a un predominio de foraminíferos y briozoos, después a uno de bivalvos, esponjas y crustáceos, y en su parte superior a uno de corales, algas y gasterópodos (MONTES, 2009). Las margas de la parte inferior de la unidad se interpretan como sedimentos del prodelta y del talud deltaico, mientras que las de la parte superior se consideran episodios transgresivos.

La formación Belsué-Atarés es un complejo deltaico con facies deltai-cas y horizontes de margas fosilíferas y de calizas arrecifales intercalados (*Mapa geológico de España*, IGME, hoja n.º 177, Sabiñánigo).

Los sedimentos continentales del Grupo Campodarbe incluyen las facies de cabecera de abanico (masas de conglomerados), las fluviales trenzadas de arenas y gravas, las fluviales meandri-formes y las fluviolacustres (MONTES, 2009). Las masas de conglomerados oligocenos de la Peña Santa Orosia, al norte, y las de la sierra de San Pedro, al sur, coronan ambos costados del anticlinal y de la val de Basa.

Este esquema estratigráfico se repite de forma similar, de este a oeste, bajo las otras grandes masas de conglomerados del centro de la cuenca de Jaca (Peña Canciás, Peña Santa Orosia, Peña Oroel, San Juan de la Peña y Peña Izaga); y en el sur con matices, desde las peñas de Agüero hasta el macizo de Montserrat, en el extremo oriental del surco surpirenaico.

### PRECEDENTES PALEONTOLÓGICOS

En 1878 Lucas Mallada publica la *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*, en la que aporta una concreta relación de 222 especies del Eoceno, incluidas las descripciones de las 11 primeras nuevas del Eoceno oscense.

En 1881 Léon Carez presenta en París su tesis *Étude des terrains cré-tacés et tertiaires du Nord de l'Espagne*, en la que estudia el surco surpirenaico, entre Barcelona y Oviedo. Describe y figura 14 nuevas especies, y en Sobás, localidad del valle del Basa, describe una de ellas: *Turritella savasensis*, con la confusión de su topónimo (*Savás* por *Sobás*).

En 1901 Paul Oppenheim integra *Turritella savasensis* en otra especie anteriormente descrita: *Turritella gradataeformis* von Schauroth, 1865. Medio siglo después José F. de Villalta-Comella publica en 1956 un estudio sobre los gasterópodos del valle del Basa y Sabiñánigo: *Los moluscos fósiles del Eoceno pirenaico*. Al respecto de *Turritella savasensis*, Villalta-Comella coincide en su diagnóstico con Oppenheim y añade la atribución al subgénero *Archimediella*. En su estudio presenta además una ochentena de gasterópodos con 27 nuevas especies que, con otras, se

resumen a continuación, tratando de actualizar la atribución y la nomenclatura taxonómica y de mejorar con nuevos ejemplares la figuración de las especies.

En 2015 Jean-Michel Pacaud y Jacques Pons publican la revisión del género *Rimella* en la cuenca de París, en la que analizan otras especies contemporáneas del género, entre ellas *Rimella fusoides* d'Archiac, 1850, una de las del estudio de Villalta-Comella, quien la había identificado con sus dudas. Pacaud y Pons señalan suficientes diferencias y la proponen como especie nueva: *Rimella gomezi* Pacaud & Pons, 2015.

En 2018 Humberto Astibia publica con otros autores un estudio sobre la fauna de gasterópodos y bivalvos en la cuenca de Pamplona, en el que describen y figuran una nueva especie de gasterópodo: *Athleta (Volutospina) delvallei* Astibia, Merle & Pacaud, 2018, que incluimos aquí por la identidad paleontológica de cuencas que puede entenderse entre la de Jaca y la de Pamplona a la luz de la similitud de faunas.

## SISTEMÁTICA

Subclase **Orthogastropoda** Ponder & Lindberg, 1997

Orden **Vetigastropoda** Salvini-Plawen, 1980

Superfamilia **Trochoidea** Rafinesque, 1815

Familia **Colloniidae** Cossmann, 1917

Género **Circulopsis** Cossmann, 1901

Se considera en la actualidad que el género *Amauropsina* tiene siempre el caparazón liso, sin ninguna ornamentación, mientras que la especie de Villalta-Comella *Amauropsina thomasi* presenta una serie de surcos espirales bien marcados y regularmente espaciados en su caparazón. Él mismo destaca otras diferencias, como el ombligo circunscrito por una estrecha faja, que es propia de *Colloniidae*, y como la ausencia de funículo en el ombligo, característica genérica de *Circulopsis*.

***Circulopsis thomasi* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 1, figs. 1 a 5; dim. máx., 13, 15, 14, 13 y 21 mm)

*Amauropsina thomasi* Villalta-Comella, 1956

(pág. 22; lám. II, figs. 2a y 2b)

*Circulopsis thomasi* presenta una amplia variabilidad de formas en cuanto a su ornamentación espiral: hay ejemplares con toda la superficie cubierta de surcos espirales, otros que apenas tienen unos pocos surcos en su base y el resto de su superficie lisa; algunos presentan una rampa deprimida junto a la sutura abapicalmente, mientras que otros tienen la sección de su cono prácticamente circular; y, por último, en algunos ejemplares los surcos están perfectamente excavados con un perfil en *U* bien anguloso hacia la superficie, en tanto que otros tienen estos surcos en ángulo acuñado y forman escalones y aun costillas que sobresalen de la superficie.

Como en *Collonia (Circulopsis) flammulata* Cossmann 1888, en algunos ejemplares de *Circulopsis thomasi* la superficie de la concha puede traslucir restos de pigmentación que unas veces es a modo de flámulas, en la dirección de las líneas de crecimiento, y otras sigue un patrón espiral formando renglones de cuadrados. Estos restos de pigmentación pueden acompañar cierta modulación del relieve de la concha con un diseño similar.

Orden **Caenogastropoda** Cox, 1959

Suborden **Sorbeoconcha** Ponder & Lindberg, 1997

Superfamilia **Cerithioidea** Férussac, 1819

Familia **Cerithiidae** Fleming, 1822

Género **Orthochetus** Cossmann, 1889

Género extinto que se caracteriza por su forma turriculada, pagodiforme, y por tener la superficie cuadrículada por el entrecruzamiento de costillas espirales y transversales.

***Orthochetus solei* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 1, fig. 6; dim. máx., 21 y 13 mm)

*Orthochetus solei* Villalta-Comella, 1956

(pág. 42; lám. IV, figs. 4a, 4b, 4c, 4d y 4e)

Se diferencia claramente por sus cuatro cordones espirales frente a los tres de *Orthochetus charlesworthi*; y por su sutura acanalada, frente a la sutura plana de *Orthochetus cossmanni*, ambas especies también presentes en la cuenca.

Familia **Potamididae** Adams & Adams, 1854

*Potamididae* habita aguas salobres, dulces, de estuario. Herbívoro y detritívoro en suelos fangosos, de marismas y manglares, puede ser también anfibio.

Género **Tympanotonus** Klein in Schumacher, 1817

Conchas turriculadas con abertura ovalada, el labio externo de la abertura dilatado y el canal sifonal abierto. Es de hábitos fluviales.

***Tympanotonus dallonii* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 1, fig. 7; dim. máx., 24 mm)

***Tympanotonus dallonii* Villalta-Comella, 1956**

(pág. 47; lám. v, figs. 3a y 3b)

Surco en la sutura entre sus vueltas, dentro del cual tiene un fino cordón; en el resto de su superficie exterior se aprecian tres hileras de granulaciones (una cuarta incipiente). La abertura presenta escotaduras para los sifones inhalante y exhalante.

Familia **Turritellidae** Lovén, 1847

Se alimentan filtrando del agua los nutrientes. Tiene predilección por áreas deltaicas con intercambio de aguas marinas y fluviales, forma densas comunidades y en los yacimientos aparecen acumulaciones de caparazones. Presentan una concha alargada con costillas espirales. En la cuenca de Jaca se distinguen al menos 10 especies.

Género **Archimediella** Sacco, 1895

La sutura acanalada tiene en sus flancos sendas rampas o convexidades.

***Archimediella gradataeformis* von Schauroth 1865**

(v. nuestra lám. 1, fig. 8; dim. máx., 41 mm)

***Turritella savasensis* Carez, 1881**

(pág. 313; pl. iv, figs. 1 a 4)

***Turritella gradataeformis* (von Schauroth, 1865) Oppenheim, 1901**

(pág. 188; lám. XIII, figs. 6 y 6a, y lám. xv, fig. 1)



*Turritella (Archimediella) gradataeformis* von Schauroth, 1865. Villalta-Comella, 1956: (pág. 30; lám. III, figs. 3a y 3b)

Se diferencia por el perfil subcuadrangular tanto de su abertura como de su espiral. La cara externa de la espiral tiene una sección en *M*, está recorrida por una concavidad en el centro con sendas convexidades encima y debajo; esto hace que se forme una acanaladura en la sutura de las vueltas de su espiral.

### Género **Mesalia** Gray, 1847

Caparazón turriculado, puntiagudo y rechoncho; vueltas de crecimiento rápido.

***Mesalia yebrensis* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 1, fig. 9; dim. máx., 17 mm)

*Mesalia yebrensis* Villalta-Comella, 1956

(pág. 25; lám. II, figs. 4a a 4e y figs. 2 y 2a)

La superficie de su concha es lisa en la mitad adapical de las vueltas, tiene tres costillas espirales y una cuarta costilla incipiente en la mitad abapical; además, el resto de la última vuelta en su base está cubierto de costillas espirales. Su abertura es ovalada con un amplio reborde y genera un ombligo en su base.

### Suborden **Littorinimorpha** Golikov y Starobogtov, 1975

#### Superfamilia **Ficoidea** Meek, 1864

#### Familia **Ficidae** Meek, 1864

#### Género **Ficus** Röding, 1798

El género *Pyrula* Lamarck, 1799 no está aceptado en la actualidad; en su lugar se acepta el género *Ficus* Röding, 1798. Tampoco *Ficula* Swainson, 1835 con el mismo sinónimo.

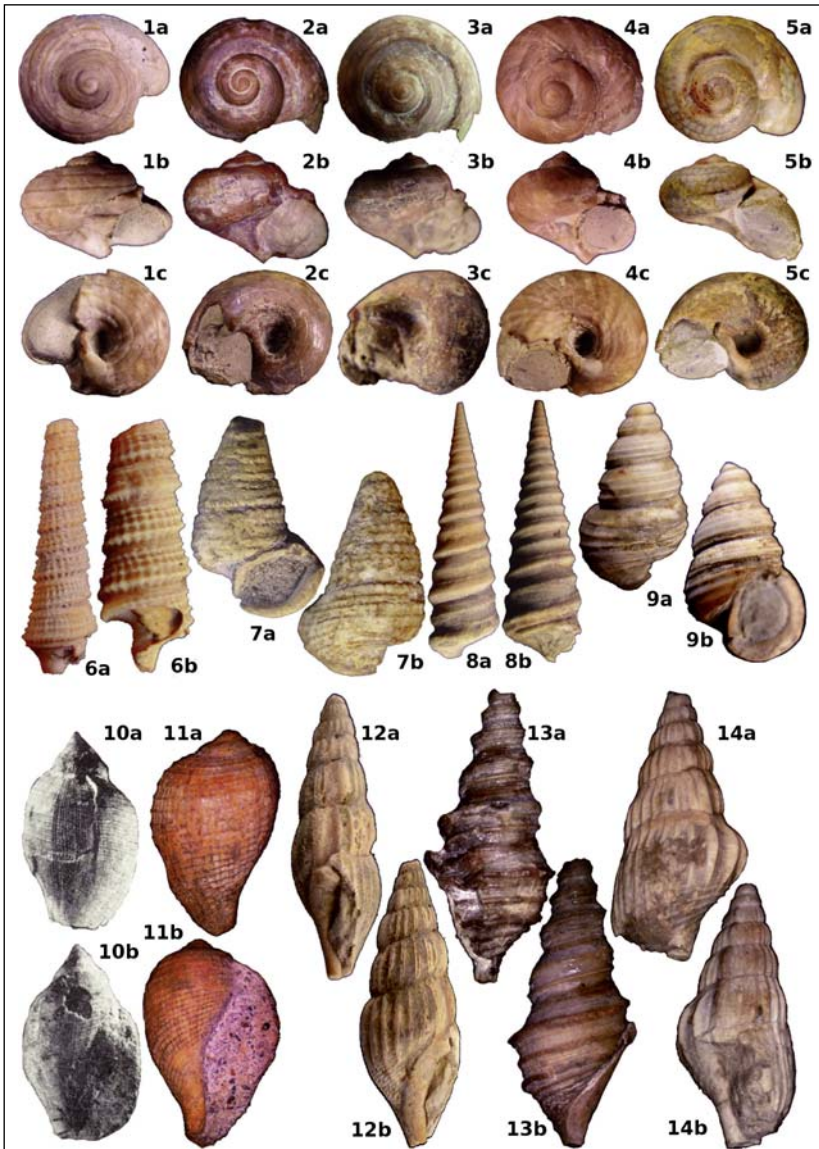
***Ficus* nov. sp. ? Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 1, figs. 10 y 11; dim. máx., 14 mm)

*Pyrula* nov. sp. ? Villalta-Comella, 1956

(pág. 60; lám. VIII, figs. 1a y 1b)





**Lám. 1.** Figs. 1 a 5, *Circulopsis thomasii* Villalta-Comella, 1956; fig. 6, *Orthochetus solei* Villalta-Comella, 1956; fig. 7, *Tympanotonus dallonii* Villalta-Comella, 1956; fig. 8, *Archimediella gradataeformis* Villalta-Comella, 1956; fig. 9, *Mesalia yebrensis* Villalta-Comella, 1956; fig. 10, *Ficus* nov. sp. ? Villalta-Comella, 1956; fig. 11, *Ficus* aff. *priaboniensis* Oppenheim, 1900; fig. 12, *Rimella gomezi* Pacaud & Pons, 2015; fig. 13, *Sulcogladius vidali* Villalta-Comella, 1956, y fig. 14, *Strombolaria boussaci* Villalta-Comella, 1956.

Villalta-Comella describe una nueva especie de *Pyrula* a partir de un único ejemplar incompleto, por lo que probablemente renunció a darle nombre. Se localizan en diferentes yacimientos de la cuenca ejemplares de un *Ficus* similar a *Ficus priabonensis* Oppenheim, 1900 con su superficie reticulada, semejante al ejemplar de Villalta-Comella, el cual, sin embargo, tiene más acentuado el escalonamiento entre sus vueltas. Sin un estudio más detallado de ambos tipos, no se puede concretar si son variedades de la misma especie de Oppenheim o si son especies diferentes.

Superfamilia **Stromboidea** Rafinesque, 1815

Familia **Rostellariidae** Gabb, 1868

Género **Rimella** Agasiz, 1841

***Rimella gomezi* Pacaud & Pons, 2015**

(v. nuestra lám. 1, fig. 12; dim. máx., 23 mm)

*Rimella* (?) *fusoides* (d'Archiac y Haime, 1854) Villalta-Comella, 1956  
(pág. 57; lám. VI, figs. 2a y 2b)

Concha con forma de huso, con vueltas poco convexas: las primeras, lisas; las siguientes con pliegues axiales regulares, estrechos, numerosos, próximos, y con pliegues espirales finos regularmente espaciados; sin pliegues varicosos. Abertura alargada, estrecha, con borde interno cóncavo.

Villalta-Comella identifica su ejemplar con *Rimella fusoides*, especie del Eoceno de Paquistán, con sus propias dudas. Pacaud y Pons la revisan y comparan, señalando suficientes diferencias para proponerla como especie nueva.

Género **Sulcogladus** Sacco, 1893

Se caracteriza por tener en la superficie exterior de sus vueltas acanaladuras y nervaduras espirales. La sutura entre las vueltas es igualmente acanalada. Como otros géneros de la familia, tiene tendencia a generar expansiones del borde exterior de su abertura, aunque este borde es muy fino y raramente se conserva.

***Sulcogladus vidali* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 1, fig. 13; dim. máx., 25 mm)

*Rostellaria (Sulcogladius) vidali* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 53; lám. VI, figs. 1a, 1b y 1c)

Tiene tres cordones espirales en la mitad superior de las vueltas, el último de los cuales forma una quilla saliente. Destaca la callosidad de su abertura.

### Género **Strombolaria** De Gregorio, 1880

Se caracteriza por tener la sutura bordeada por un burlete, y por sus costillas axiales estrechas, algunas de las cuales se transforman en varices gruesas.

*Strombolaria boussaci* Villalta-Comella, 1956  
(v. nuestra lám. 1, fig. 14; dim. máx., 17 mm)

*Rimella (Strombolaria) boussaci* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 55; lám. VI, figs. 3a, 3b, 3c, 3d y 3e, y figs. 5a, 5b y 6)

Además de las costillas axiales, toda la superficie de la concha está recorrida por finos cordoncitos espirales, numerosos y regularmente espaciados. Tiene unas dieciséis costillas verticales por vuelta, de las cuales dos opuestas se transforman en varices gruesas. La base no presenta las costillas verticales y la abertura es amplia.

### Superfamilia **Tonnoidea** Suter, 1913 Familia **Personidae** Gray, 1854 Género **Distorsio** Röding, 1798

Conchas gruesas de forma gibosa, con un desarrollo peculiar en el que su eje vertical y sus vueltas se desvían durante el crecimiento; sus suturas son muy irregulares.

*Distorsio alvaradoi* Villalta-Comella, 1956  
(v. nuestra lám. 2, fig. 15; dim. máx., 22 mm)

*Distorsio alvaradoi* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 66; lám. VII, figs. 4a y 4b)

Concha con numerosas costillas axiales cruzadas por tres cordones espirales que cuadriculan toda la superficie y, al entrecruzarse, forman gránulos redondeados en las intersecciones.

Clado **Ptenoglossa** Gray, 1853  
 Superfamilia **Triphoroidea** Gray, 1847  
 Familia **Triforidae** Jousseauime, 1884  
 Género **Cerithiella** Verrill, 1882

*Cerithiella* Verrill, 1882 es un sinónimo anterior y prevalente de *Newtoniella* Cossmann, 1893.

***Cerithiella iberica* Villalta-Comella, 1956**  
 (v. nuestra lám. 2, fig. 16; dim. máx., 16 mm)

*Newtoniella iberica* Villalta-Comella, 1956  
 (pág. 50; lám. v, figs. 4a y 4b)

Concha pequeña, turriculada, estrecha y puntiaguda, con un lento crecimiento en numerosas vueltas estrechas, separadas por una sutura profunda y sinuosa. Cada vuelta presenta tres cordones espirales y costillas axiales muy regulares y robustas que, al entrecruzarse, forman gránulos comprimidos. La última vuelta es aquillada y casi plana. Canal sifonal incurvado, rebordeado por una torsión saliente de la columnilla. Boca oval-cuadrangular.

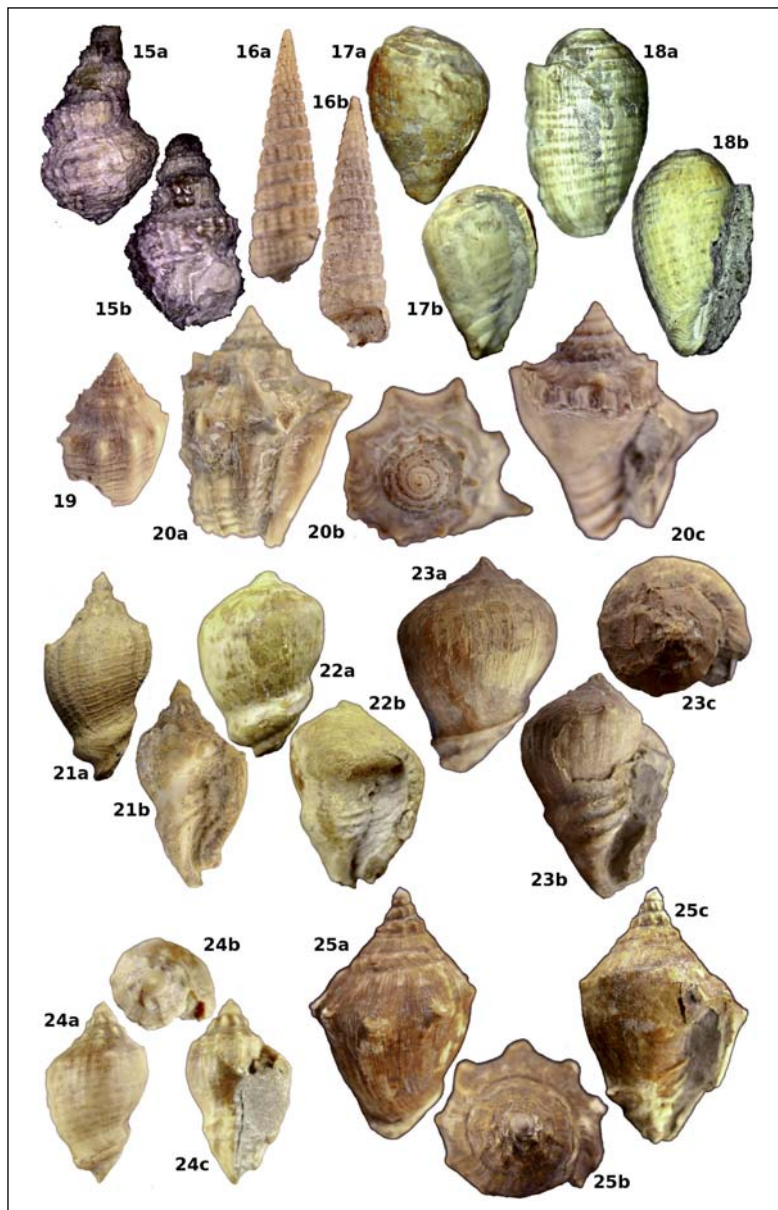
Orden **Neogastropoda** Thiele, 1929  
 Superfamilia **Muricoidea** De Costa, 1776  
 Familia **Marginellidae** Fleming, 1828  
 Género **Marginella** Lamarck, 1799  
 Subgénero **Cryptospira** Hinds, 1844

*Marginella* son pequeñas conchas con forma ovoide. Las vueltas son amplias y recubren la casi totalidad de las anteriores. Generalmente están recubiertas por un barniz que oculta las suturas, de ahí el nombre del subgénero *Cryptospira*. Su abertura suele estar reforzada con un reborde calloso.

***Marginella (Cryptospira) aragonensis* Villalta-Comella, 1956**  
 (v. nuestra lám. 2, fig. 17; dim. máx., 5,5 mm)

*Cryptospira (Cryptospira) aragonensis* Villalta-Comella, 1956  
 (pág. 85; figs. 8 y 8a)

Concha milimétrica con un embrión en forma de botón y con dos o tres vueltas. La sutura está recubierta por una callosidad y es casi invisible. La



**Lám. 2.** Fig. 15, *Distorsio alvaradoi* Villalta-Comella, 1956; fig. 16, *Cerithiella iberica* Villalta-Comella, 1956; fig. 17, *Marginella (Cryptospira) aragonensis* Villalta-Comella, 1956; fig. 18, *Marginella (Cryptospira) striata* Villalta-Comella, 1956; figs. 19 y 20, *Athleta delvallei* Astibia, Merle & Pacaud, 2018; figs. 21 a 23, *Athleta oscensis* nov. sp., y figs. 24 y 25, *Athleta isabelae* nov. sp.

última vuelta recubre la casi totalidad de la concha. Tiene forma de gota, subesférica adapicalmente y puntiaguda en su base. Abertura estrecha y alargada. La columnilla tiene una callosidad con cinco pliegues.

***Marginella (Cryptospira [?]) striata* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 2, fig. 18; dim. máx., 6 mm)

***Cryptospira (Gibberula [?]) striata* Villalta-Comella, 1956**

(pág. 86; lám. IX, figs. 6a y 6b, y figs. 9 y 9a)

Concha pequeña, oval, alargada, con un embrión obtuso y dos vueltas de espira. La última vuelta forma la casi totalidad de la concha, con la base ovalmente puntiaguda. Boca estrecha y alta, con bordes casi paralelos. Toda la superficie cubierta de surcos espirales regulares que, al cruzarse con las líneas de crecimiento, dan lugar a una retícula.

Esta última característica de la ornamentación superficial excede del diagnóstico del género *Marginella* y de los subgéneros *Cryptospira* o *Gibberula*. Villalta-Comella ya lo destaca en su descripción y apunta la necesidad de hacer un nuevo subgénero para incluir esta especie excepcional que en todo lo demás tiene los rasgos de *Marginella*.

Familia **Volutidae** Rafinesque, 1815

Género **Athleta** Conrad, 1853

Concha ovalada, en forma de voluta; espira corta, aguda; columnilla con galones. Proyección callosa en el hombro y cubriendo parte de la espira.

***Athleta delvallei* Astibia, Merle & Pacaud, 2018**

(v. nuestra lám. 2, figs. 19 y 20; dim. máx., 19 y 27 mm)

Concha bicónica, con espira corta; embrión dextrogiro en dos a tres vueltas; concha juvenil con múltiples vueltas; vueltas adultas cargadas con tubérculos espinosos; sobre la última vuelta, se genera un vértice anguloso; abertura alargada, con cinco o más pliegues oblicuos columnares; superficie de la última vuelta con costillas axiales lisas y rectas.

***Athleta oscensis* nov. sp.**

(v. nuestra lám. 2, figs. 21 a 23; dim. máx., 20, 37 y 54 mm)

Concha bicónica, robusta. Embrión liso en forma de gota, de entre dos y tres vueltas diestras. De dos a tres vueltas juveniles, con de ocho a catorce costillas axiales, entrecruzadas por cordones espirales tenues que se diluyen con la progresión de la concha. Vueltas adultas lisas, con abultamientos en los vértices de la convergencia del bicono; en estos vértices puede proyectarse algún nódulo espinoso sin ningún patrón aparente, salvo patologías o lesiones. Abertura ovalada prolongada hacia la base en un largo canal sifonal y prolongada asimismo ligeramente hacia la sutura en ángulo. Columnilla con tres pliegues que rodean oblicuamente el exterior de la concha dando relieve a los flancos de la escotadura de su canal sifonal y a la torsión del ápice de su base.

*Athleta oscensis* se parece en su fisonomía general a *Athleta lineolata* Deshayes, 1824; a *Athleta bulbula* Lamarck, 1802, y a *Cymbiola rigaultiana* Deshayes, 1866, también presente en la cuenca. Sin embargo, son fácilmente diferenciables porque estas dos últimas tienen cuatro pliegues en su columnilla, en lugar de los tres de *Athleta oscensis*, y porque *Athleta lineolata* tiene su superficie cubierta de líneas espirales, además de presentar una base más alargada en cono, mientras que *Athleta oscensis* tiene su base en cono truncado por la torsión del canal sifonal y su callosidad. De otras *Athleta* y *Voluta* eocenas, *Athleta oscensis* se diferencia en tener las vueltas adultas casi lisas, sin costillas axiales y sin costillas espirales.

Sus ejemplares tipo son el holotipo MPZ/2019/1493, ejemplar adulto (fig. 23), y el paratipo MPZ/2019/1494, ejemplar juvenil (fig. 21).

Su localidad tipo es la formación Margas de Pamplona, del Bartoniense.

Las dimensiones son, para el ejemplar juvenil de la figura 21, 32 mm de altura máxima y 18 mm de anchura máxima; para el ejemplar adulto de la figura 22, 37 mm de altura máxima y 26 mm de anchura máxima, y para el ejemplar adulto de la figura 23, 54 mm de altura máxima y 36 mm de anchura máxima.

***Athleta isabelae* nov. sp.**

(v. nuestra lám. 2, figs. 24 y 25; dim. máx., 22 y 39 mm)

Concha bicónica, robusta. Protoconcha lisa en forma de gota, de entre dos y tres vueltas diestras. De dos a tres vueltas juveniles, con diez costillas axiales sobresalientes, entrecruzadas por costillas espirales que forman retícula cuadrangular. Vueltas adultas con diez tubérculos en el vértice exterior

de las mismas, un fino cordón espiral recorre el vértice exterior y la cima de los nódulos. Abertura ovalada prolongada asimismo hacia la base en un largo canal sifonal y prolongada hacia la sutura en ángulo. Columnilla con tres pliegues notables que rodean oblicuamente el exterior de la concha dando relieve a los flancos de la escotadura de su canal sifonal y a la torsión del ápice de su base.

*Athleta isabelae* presenta similitud con *Athleta bericorum* Oppenheim, 1895, también presente en la cuenca, pero esta última tiene mayor número de espinas, que son además más grandes, y su abertura es más amplia y rectangular. De *Athleta depressus* Lamarck, 1803, se diferencia en que esta última tiene siete u ocho gruesos tubérculos por vuelta en lugar de los diez de *Athleta isabelae*. De *Athleta luctator* Solander, 1866, también presente en la cuenca, se diferencia porque esta última tiene la base más cónica y más alargada, las espinas más prominentes y proyectadas adapicalmente y la superficie de las vueltas adultas con ligero acostillamiento axial y espiral, mientras que la base de *Athleta isabelae* es achatada y rechoncha, las espinas se proyectan menos y hacia el exterior del vértice del bicono. En fin, de otras *Athleta* y *Voluta* eocenas *Athleta isabelae* se diferencia en tener las vueltas adultas sin costillas axiales y sin costillas espirales, a excepción del cordón espiral que recorre el ángulo exterior y la cima de los nódulos.

Sus ejemplares tipo son el holotipo MPZ/2019/1495, ejemplar adulto (fig. 25), y el paratipo MPZ/2019/1496, ejemplar juvenil (fig. 24).

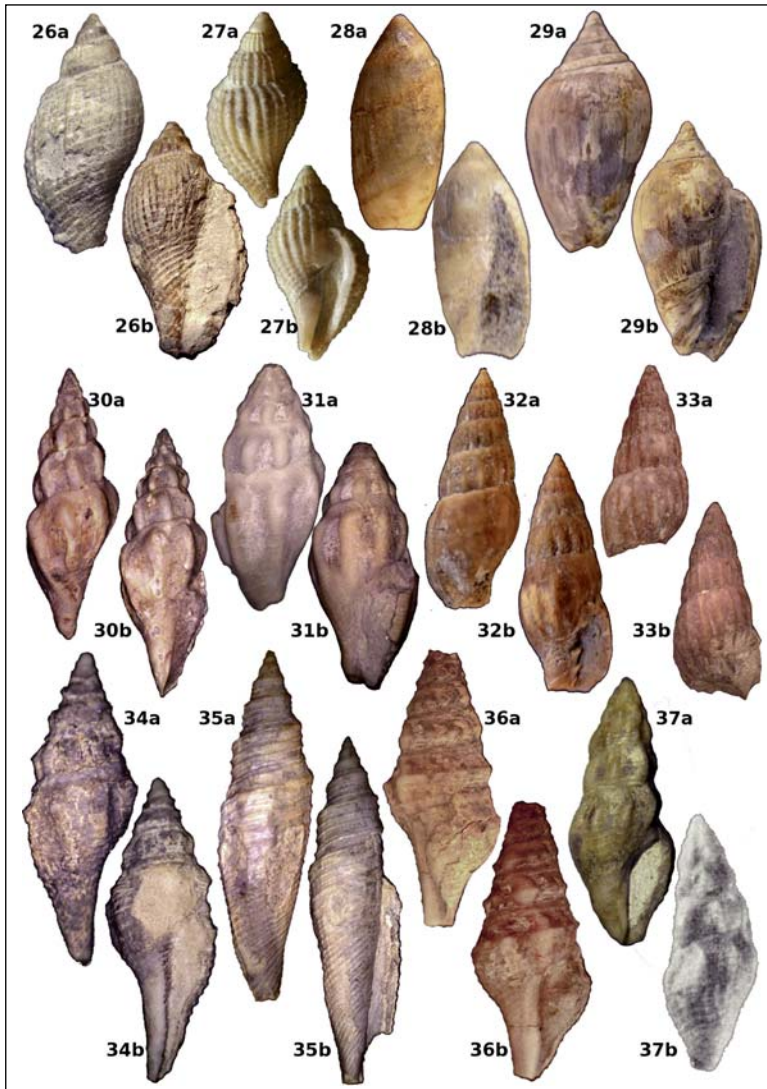
Su localidad tipo es la formación Margas de Pamplona, del Bartonense.

Las dimensiones son, para el ejemplar juvenil de la figura 24, 22 mm de altura máxima y 12 mm de anchura máxima, y para el ejemplar adulto de la figura 22, 39 mm de altura máxima y 24 mm de anchura máxima.

### Subgénero **Volutocorbis** Dall, 1890

*Volutilithes* (*Volutocorbis*) Dall, 1890 no está aceptado actualmente, en su lugar se acepta *Athleta* (*Volutocorbis*) (Dall 1890). *Volutocorbis* tiene en su superficie un entrecruzamiento de costillas axiales y bandas espirales, y las dos bandas adapicales forman dos hileras de gránulos.





**Lám. 3.** Fig. 26, *Athleta (Volutocorbis) pyrenaica* Villalta-Comella, 1956; fig. 27, *Athleta (Volutocorbis) crespelli* Villalta-Comella, 1956 (MGSB, cód. 27117); fig. 28, *Ancilla (Sparellina) eocenica* Villalta-Comella, 1956; fig. 29, *Agaronia bartoniensis* Villalta-Comella, 1956; fig. 30, *Cordieria marcei* Villalta-Comella, 1956; fig. 31, *Cordieria microgranulosa* Villalta-Comella, 1956; fig. 32, *Turricula oscensis* Villalta-Comella, 1956; fig. 33, *Turricula malladae* Villalta-Comella, 1956; fig. 34, *Turricula almela* Villalta-Comella, 1956; fig. 35, *Apiotoma revillae* Villalta-Comella, 1956; fig. 36, *Eopleurotoma fontbotae* Villalta-Comella, 1956, y fig. 37, *Crassispira aragonica* Villalta-Comella, 1956 (MGB, V15204).

***Athleta (Volutocorbis) pyrenaica* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 26; dim. máx., 25 mm)

*Volutilithes (Volutocorbis [?]) pyrenaica* Villalta-Comella, 1956

(pág. 76; lám. IX, figs. 1a y 1b)

Concha oval, fusoides, escalonada, con vueltas poco convexas. Tiene quince costillas verticales y seis franjas espirales, y en su intersección se forman escalones acunados. Las dos franjas más próximas a la sutura están separadas por surcos espirales excavados que aíslan una doble corona de gránulos. Las costillas se difuminan en la base, donde las franjas espirales se hacen más fuertes. La boca es oval y alargada.

***Athleta (Volutocorbis) crespelli* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 27; dim. máx., 11 mm. Holotipo en el Museo Geológico del Seminario de Barcelona, cód. 27117)

*Volutilithes (Volutocorbis) crespelli* Villalta-Comella, 1956

(pág. 78; lám. IX, figs. 2a y 2b)

Similar al anterior, sus costillas verticales son más numerosas y, al entrecruzarse con los seis cordones espirales, toma un aspecto granuloso. No se han localizado más ejemplares recientemente y el ilustrado en este artículo es el holotipo de la colección Villalta-Comella depositado en el Museo de Geología de Barcelona – MCNB.

Superfamilia **Olivoidea** Troschel, 1869Familia **Olividae** Latreille, 1825Género **Ancilla** Lamarck, 1799Subgénero **Ancilla (Sparellina)** P. Fischer, 1883*Ancilla (Sparellina)* es sinónimo opcional de *Ancilla* Lamarck, 1799.***Ancilla (Sparellina) eocenica* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 28; dim. máx., 13 mm)

*Ancilla (Spallerina [?]) eocenica* Villalta-Comella, 1956

(pág. 92; lám. X, figs. 2a y 2b, y figs. 11 y 11a)

Concha de forma olivoide, recubierta por un barniz que hace la sutura invisible, aunque trasluce su camuflaje. Tiene el ápice embrionario en forma de

botón y la última vuelta envuelve la casi totalidad de la concha. Se diferencia de *Ancilla priaboniense* Boussac, 1911, más abundante en la cuenca, en que esta última es más afilada hacia el ápice, más rechoncha hacia la base y con la abertura menos alta.

Familia **Olivellidae** Troschel, 1869

Género **Agaronia** Gray, 1839

***Agaronia bartoniensis* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 29; dim. máx., 32 mm)

*Olivancillaria (Agaronia) bartoniensis* Villalta-Comella, 1956

(pág. 89; lám. x, figs. 1a, 1b, 1c y 1d, y figs. 10 y 10a)

Concha con la típica forma olivoide, alargada, puntiaguda, gruesa, pulida, con restos de coloración bajo el fino barniz y sutiles marcas de crecimiento. Junto a la sutura destaca un grueso cordón noduloso y en su base se aprecian cinco pliegues oblicuos que se hunden en la abertura, la cual cuenta con dos escotaduras sifonales, la adapical conectada con el cordón sutural.

Superfamilia **Conoidea** Rafinesque, 1815

Familia **Borsoniidae** Bellardi, 1875

Género **Cordieria** Roualt, 1848

*Conoidea* es una superfamilia muy amplia y diversa, con una cincuenta de especies de pequeño y mediano tamaño en la cuenca. El género *Cordieria* fue descrito por Roualt en el vecino Bearn con tres especies de la cuenca de Pau. Son conchas bicónicas, con un reborde abapical junto a la sutura, con costillas axiales abultadas y regularmente distribuidas. En la abertura de *Cordieria* se aprecia bien el canal sifonal, y se separa como género de *Borsonia* por tener dos pliegues en la columnilla.

***Cordieria marcreti* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 30; dim. máx., 14 mm)

*Borsonia (Cordieria) marcreti* Villalta-Comella, 1956

(pág. 110; lám. XII, figs. 4a, 4b, 4c y 4d)

Tiene siete fuertes costillas verticales, que se corresponden oblicuamente de una en otra vuelta. Las costillas se entrecruzan con numerosos cordoncillos espirales, más visibles en los espacios intercostales. La abertura presenta forma de gota, con el borde interior calloso, y con dos pliegues en la columnilla.

***Cordieria microgranulosa* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 31; dim. máx., 13 mm)

*Borsonia (Cordieria) microgranulosa* Villalta-Comella, 1956

(pág. 112; lám. XII, figs. 5a y 5b)

Sus vueltas son menos altas; su figura, más rechoncha. Tiene ocho gruesas costillas verticales por vuelta y cordones espirales de diferentes grosores. La abertura es estrecha, está prolongada en canal sifonal y tiene los dos pliegues, oblicuos y algo obsoletos, en su columnilla.

Familia **Clavatulidae** Gray, 1853  
Género **Turricula** Schumacher, 1817

Conchas fusiformes con la espiral alargada, turriculada. Puede tener numerosos pliegues columnales. *Fusimitra* es un género de la familia *Mitridae*, no puede ser utilizado como subgénero de *Turricula*, que es género de *Clavatulidae*.

*Surcula* no es un género ni un subgénero aceptados, en su lugar se acepta *Turricula*.

***Turricula oscensis* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 32; dim. máx., 16 mm)

*Turricula oscensis* Villalta-Comella, 1956

(pág. 80; lám. IX, figs. 3a, 3b y 3c)

Concha de pequeña talla, turriculada, con las vueltas aplanadas y subescalonadas, una sutura estrecha y profunda, y dieciséis costillas axiales en cada vuelta que no se corresponden de una a otra, sin ornamentación espiral. Abertura estrecha y alargada, con cuatro pliegues en su lado interior.

***Turricula malladae* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 33; dim. máx., 12 mm)

*Turricula (Fusimitra) malladae* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 82; lám. IX, figs. 4a y 4b, y figs. 7 y 7b)

Similar a la anterior, de crecimiento más rápido, gana más anchura con la progresión de las vueltas, tiene más costillas axiales, alineadas las de las diferentes vueltas, y presenta cordones espirales en la base de la última vuelta. Abertura pequeña romboidal, con cuatro pliegues en su lado interno.

*Turricula almela* Villalta-Comella, 1956  
(v. nuestra lám. 3, fig. 34; dim. máx., 22 mm)

*Surcula almela* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 82; fig. 13)

Concha fusiforme, aguda y turriculada; con el reborde sutural fuerte, granuloso y sinuoso; nueve costillas axiales y ocho cordones espirales, cuatro finos en la rampa que escalona la sutura. La última vuelta es mayor que la mitad de la altura total, en su base las costillas se difuminan y los cordones se igualan. La abertura es piriforme y se prolonga en un largo canal sifonal.

Familia **Turridae** Swainson, 1840  
Género **Apiotoma** Cossmann, 1889

*Apiotoma revillae* Villalta-Comella, 1956  
(v. nuestra lám. 3, fig. 35; dim. máx., 30 mm)

*Surcula (Apiotoma) revillae* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 98; lám. XI, figs. 1a, 1b, 1c y 1d)

Concha alargada, turriculada, escalonada en rampa, estrecha y con las vueltas aplanadas, sin costillas axiales. En el exterior de la vuelta hay cuatro cordones espirales, entre los que se van intercalando otros más tenues; en la rampa sutural hay otros cuatro cordones, dos tenues y dos más gruesos. La última vuelta es mayor que la mitad de la altura total, en su base persisten los cordones espirales. Abertura piriforme y prolongada en un largo canal sifonal.

Género **Eopleurotoma** Cossmann, 1889

*Eopleurotoma fontbotae* Villalta-Comella, 1956  
(v. nuestra lám. 3, fig. 36; dim. máx., 20 mm)

*Pleurotoma (Eopleurotoma) fontbotae* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 101; lám. XI, figs. 3a, 3b, 3c y 3d)

Concha fusiforme, estrecha, larga y puntiaguda. Vueltas de perfil romboidal, con nueve a diez costillas nodulosas que acentúan la quilla y que se alinean oblicuamente de una vuelta a otra. Toda la superficie de la concha presenta además finos cordones espirales. Sutura simple, ondulada y poco excavada. La última vuelta supone los dos tercios de la altura total de la concha y en su base las líneas de crecimiento y los cordones espirales se hacen más fuertes y toman un aspecto granular. Boca estrecha, alargada, piriforme, prolongada en un canal sifonal.

Familia **Pseudomelaniidae** Cossmann, 1909

Género **Crassispira** Swainson, 1840

***Crassispira aragonica* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 3, fig. 37. Original en el Departamento de Paleontología del Museo de Geología de Barcelona – MCNB, código: V15204)

*Drillia (Crassispira) aragonica* Villalta-Comella, 1956  
(pág. 107; lám. XII, figs. 2a y 2b)

Especie de pequeña talla que tiene en cada vuelta ocho costillas verticales cruzadas por siete cordones espirales. La sutura entre las vueltas es ondulada y profunda, reforzada por un burlete ancho y liso. En la base de la última vuelta se desdibujan las costillas y persisten los cordones.

Se aportan las fotografías del holotipo de Villalta-Comella en el Museo de Geología de Barcelona – MCNB, al no localizar nuevos ejemplares.

Subclase **Heterobranchia** Gray, 1840

Superfamilia **Architectonicoidea** Gray, 1840

Familia **Architectonicidae** Gray, 1850

Género **Pseudotorinia** Sacco, 1892

*Pseudotorinia* no es aceptado como subgénero. El género *Solarium* Lamarck, 1799 es un sinónimo más reciente de *Architectonica* Röding, 1798, ambos del mismo nivel taxonómico que *Pseudotorinia*.

***Pseudotorinia oscensis* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 4, fig. 38; dim. máx., 13 mm)

*Solarium (Pseudotorinia) oscensis* Villalta-Comella, 1956

(pág. 13; lám. I, figs. 5a, 5b y 5c, y figs. 1 y 1a)

Concha lenticular con la sutura excavada y bordeada por dos cordones espirales; el resto de la superficie superior, con pequeños pliegues curvados y oblicuos. El borde perimetral presenta tres cordones lisos. En la base tiene un amplio ombligo y cuatro bandas de pliegues radiales, progresivamente más difuminadas hacia el exterior.

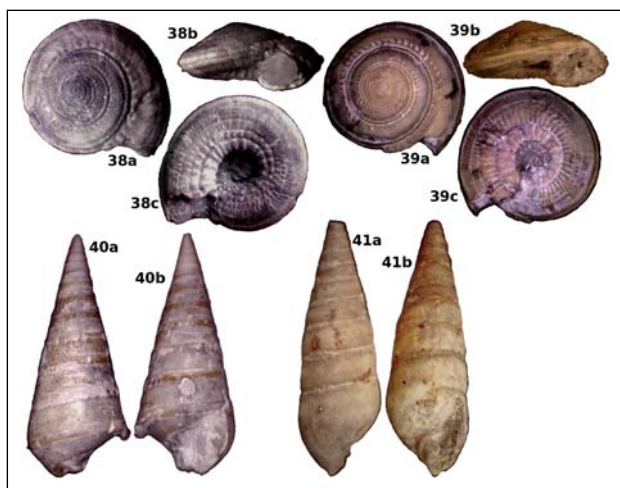
***Pseudotorinia yebrensis* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 4, fig. 39; dim. máx., 13 mm)

*Solarium (Pseudotorinia) yebrensis* Villalta-Comella, 1956

(pág. 15; lám. I, figs. 6a, 6b y 6c)

Muy parecida a *Pseudotorinia oscensis*, en su cara superior presenta además otros dos cordoncillos finamente perlados y estrías de crecimiento oblicuas y muy poco curvadas. La disposición de las bandas de pliegues en su base es diferente a la de *Pseudotorinia oscensis* por la mayor anchura de las dos bandas internas junto a su ombligo.



**Lám. 4.** Fig. 38, *Pseudotorinia oscensis* Villalta-Comella, 1956; fig. 39, *Pseudotorinia yebrensis* Villalta-Comella, 1956; fig. 40, *Pyramidella terebellata* (Férussac, 1827) var. *conica* Villalta-Comella, 1956, y fig. 41, *Pyramidella oscensis* Villalta-Comella, 1956.

Superfamilia **Pyramidelloidea** Gray, 1840Familia **Pyramidellidae** Gray, 1840Género **Pyramidella** Lamarck, 1799

***Pyramidella terebellata* (Férussac, 1827) var. *conica* Villalta-Comella, 1956** (v. nuestra lám. 4, fig. 40; dim. máx., 15 mm)

*Pyramidella terebellata* (Férussac) var. *conica* Villalta-Comella, 1956 (pág. 10; lám. I, fig. 1)

*Pyramidella terebellata* Férussac, 1827 tiene su superficie finamente estriada, con vueltas de espira anchas y convexas. Presenta una acanaladura umbilical en la base que conduce a la abertura, los pliegues internos de su abertura son desiguales y su aspecto general resulta irregularmente cónico.

*Pyramidella terebellata* var. *conica* es más regularmente cónica, sus vueltas son aplanadas y es angulosa en la periferia de su base. En el interior de su abertura tiene dos pliegues algo más fuertes y bastante inclinados, y un tercero casi horizontal.

***Pyramidella oscensis* Villalta-Comella, 1956**

(v. nuestra lám. 4, fig. 41; dim. máx., 13 mm)

*Pyramidella oscensis* Villalta-Comella, 1956

(pág. 11; lám. I, figs. 2a y 2b)

Concha turriculada, algo ventruda, de aspecto conoidal. Sus vueltas son muy poco abombadas y lisas, y están separadas por suturas acanaladas. Su base, limitada por un ángulo, tiene una hendidura umbilical y tres pliegues en el interior de la abertura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTIBIA, H., D. MERLE, J.-M. PACAUD, J. ELORZA y A. PAYROS (2018). Gastropods and bivalves from the Eocene marly formations of the Pamplona Basin and surrounding areas (Navarre, western Pyrenees). *Geodiversitas*, 40 (11): 211-257. Disponible en <<http://sciencepress.mnhn.fr/en/periodiques/geodiversitas/40/11>>.

CAREZ, L. (1881). *Étude des terrains créacés et tertiaires du Nord de l'Espagne*. Disponible en <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9754171j/f1.vertical>>.

Fossilworks <<http://fossilworks.org/>>.

GERMC.net / Gallery Name / 205, *Athleta* <<https://cutt.ly/Catlifd>>.

GERMC.net / Gallery Name / 206, *Voluta* <<https://cutt.ly/BatlCER>>.



- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME). *Mapa geológico de España, escala 1 : 50 000*:  
N.º 177, *Sabiñánigo* <<https://cutt.ly/eaVy0mB>>.  
N.º 210, *Yebra de Basa* <<https://cutt.ly/YatzU7B>>.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME). *Mapa geológico de España, escala 1 : 200 000*:  
N.º 22, *Tudela* <<https://cutt.ly/iaVuTNI>>.  
N.º 23, *Huesca* <<https://cutt.ly/oatzMLp>>.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME). Visor cartográfico. Disponible en <<http://info.igme.es/visorweb/>>.
- LABAUME, P., y A. TEIXELL (2018). 3D structure of subsurface thrusts in the eastern Jaca Basin, southern Pyrenees. *Geologica Acta*, 16 (4): 477-498. Disponible en <<https://cutt.ly/Hatxj4V>>.
- MALLADA, L. (1878). *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca. Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, [VI]. Imprenta y Fundición 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. Disponible en <<https://cutt.ly/DaN6DXR>>.
- MNHN.fr (...) *Athleta* <<https://science.mnhn.fr/institution/mnhn/list?image=on&scientificName=athleta&family=volutidae>>.
- MNHN.fr (...) *Voluta* <<https://cutt.ly/YatxSv8>>.
- MONTES SANTIAGO, M. J. (2009). *Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno de la cuenca de Jaca: sinclinorio del Guarga*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 59). Huesca.
- OPPENHEIM, P. (1901). *Die Priabonaschichten und ihre Fauna im Zusammenhange mit gleichalterigen und analogen Ablagerungen vergleichend betrachtet*: 188. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (E. Naegle). Stuttgart. Disponible en <<https://cutt.ly/HaVoaJW>>.
- PACAUD, J.-M. (2008). Clade Protostomia; Mollusca. En D. Merle (coord.), *Le contenu paléontologique du Lutétien du bassin de Paris*. Muséum national d'Histoire naturelle. Paris / Biotope. Mèze / BRGM. Orléans. Disponible en <<https://cutt.ly/BatvqB0>>.
- PACAUD, J.-M., y J. PONS (2015). Le genre *Rimella* (Mollusca, Gastropoda, Rostellariidae) à l'Éocène du bassin de Paris: description d'une nouvelle espèce du Lutétien inférieur (Éocène moyen). *Cossmanniana*, 17: 90-112, 103, figs. 1-2, pl. 1-3. Disponible en <<https://cutt.ly/PaMqdVQ>>.
- TROYA, L., V. VICEDO y R. ROBLES-SALCEDO (2016). Listado de tipos de la colección paleontológica J. Fernández de Villalta conservada en el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona. *Geo-Temas*, 16 (1): 713-716. Disponible en <<https://cutt.ly/raMqRDR>>.
- VILLALTA-COMELLA, José F. de (1956). Los moluscos fósiles del Eoceno pirenaico. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 67: 119-257. Disponible en <<http://doc.igme.es/BoletinGeoPDF/boletin%2067.pdf>>.
- World Register of Marine Species – WoRMS <<http://www.marinespecies.org/index.php>>.



## EL TRITÓN PIRENAICO EN LA CANAL DEL PALOMO (VADIELLO)

Javier MARTÍNEZ-LEÓN<sup>1</sup> |  
Rocío LÓPEZ-FLORES<sup>2</sup> | Ernesto PÉREZ-COLLAZOS<sup>3</sup>

**RESUMEN.**— El tritón pirenaico (*Calotriton asper*) es un endemismo de los Pirineos que ha colonizado un hábitat poco habitual, la Canal del Palomo. En este artículo se estudia la presencia de la especie y su disponibilidad de alimento. En los dos muestreos realizados se detectaron individuos de *Calotriton asper* en casi todas las pozas, aunque solamente durante el segundo muestreo se observaron todos los estados fenológicos. En la época de lluvias *Calotriton asper* se alimentó principalmente de presas terrestres; esto se reflejó también en los otros productores secundarios, los cuales aprovecharon recursos alóctonos. Durante el verano la entrada de energía en la base de la cadena trófica se limitó a la producción primaria de cada poza; fue un factor limitante para los niveles superiores, obligándolos a reducir el consumo de energía o a alejarse de la poza para obtenerla. La capacidad de *Calotriton asper* para adaptarse a las condiciones poco idóneas de este hábitat, tales como sequías y avenidas, se evidencia tras analizar los resultados.

Recepción del original: 28-11-2019

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [mljavier92@gmail.com](mailto:mljavier92@gmail.com)

<sup>2</sup> Área de Ecología. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Instituto de Ciencias Ambientales (IUCA). 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)

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

**ABSTRACT.**— The Pyrenean triton (*Calotriton asper*) is a Pyrenean endemism which has colonized an unusual habitat, the Palomo Ravine. This research analyses the presence of the species and the availability of food. In the two samples carried out, individuals of *Calotriton asper* were detected in almost all the pools, although the full phenological process stages could only be observed during the second sampling. In the rain season, *Calotriton asper* fed mainly on land dams. This was also reflected in the other secondary producers, which took advantage of allochthons resources. During the summer the energy coming from the base of the food chain was limited to the primary production of each pool. This was a limiting factor for higher levels, forcing them to reduce energy consumption or move away from the pool to obtain it. The adaptation of *Calotriton asper* to the poor conditions of this habitat, such as droughts and avenues, is evident after analyzing the results.

**KEYWORDS.**— Endemic species. Diet plasticity. Trofic chain. Sierra y Cañones de Guara Natural Park. Huesca (Spain).

## INTRODUCCIÓN

La pérdida actual de especies constituye una preocupación a nivel global (VALIENTE-BANUET y cols., 2015). Los anfibios constituyen uno de los grupos más vulnerables y amenazados en la actualidad, debido a que son especialmente sensibles a las alteraciones del hábitat (SÁ, 2005), la contaminación (STALLARD, 2001), el incremento de la radiación ultravioleta (MIDDLETON y cols., 2001), el cambio climático (PARRA-OLEA y cols., 2005), la introducción de especies exóticas invasoras (VREDENBURG, 2004) y la propagación de enfermedades. Concretamente, es muy preocupante la dispersión del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, que desde 1997 ha infectado a alrededor de 350 especies de anfibios en todo el mundo y ha causado la disminución de las poblaciones de más de 200 de estas especies, causando en algunos casos su extinción en la naturaleza.

En España se pueden encontrar 39 especies de anfibios de los órdenes *Anura* y *Caudata*, 14 de ellas son endemismos, y 2, especies introducidas (PLEGUEZUELOS y cols., 2002). En la Comunidad Autónoma de Aragón habitan un total de 14 especies de anfibios, de las cuales 7 se encuentran en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (a partir de ahora PNSCG; PLEGUEZUELOS y cols., 2002). El tritón pirenaico, *Calotriton asper* (Dugès, 1852), es una de las especies más emblemática del parque.

*Calotriton asper* es un endemismo con distribución montana y supra-montana en España, Francia y Andorra. Se extiende no solo en el Pirineo axial, sino también hacia el norte y el sur, superando en algunos casos el Prepirineo, donde sus poblaciones son menos numerosas (MONTORI y cols., 2002; MONTORI y HERRERO, 2004). Presenta una distribución mucho más amplia en la vertiente sur debido a que sus límites de tolerancia térmica en el medio acuático son mayores. Habita torrentes de montaña media-alta con fuerte desnivel que se caracterizan por presentar riberas con escasa vegetación en los márgenes, fondos formados por piedras y grava y limo en el lecho (CLERGUE-GAZEAU y MARTÍNEZ-RICA, 1978; MONTORI y HERRERO, 2004). También se puede encontrar en lagos e ibones de alta montaña, en torrentes y riachuelos de montaña media-baja, e incluso en hábitats marginales, situados en los límites de distribución y caracterizados por una fuerte mediterraneidad, como es el caso de la Canal del Palomo.

La Canal del Palomo es un barranco formado predominantemente por la acción erosiva del agua de la lluvia recogida en la parte superior, el Canal d'o Ciego, que actúa como embudo canalizando el agua hacia la parte inferior y dando lugar a un cañón de conglomerado fuertemente inciso. Es un barranco conocido y frecuentado del PNSCG, ya que está equipado con una *via ferrata*. Posee numerosos saltos de agua que han socavado la roca, originando así pozas colgadas y en escalera que sirven de hábitat para *Calotriton asper* (SALAMERO, 2009). Este cañón presenta un régimen hídrico muy variable y de carácter estacional. Ante una lluvia intensa se pueden producir caudales elevados por la impermeabilidad de la zona de cabecera. Cesadas las lluvias, o la fusión de la nieve, los caudales disminuyen en pocos días. Si se prolonga el estiaje, estos pueden incluso desaparecer en algunos tramos (CUCHÍ y SETRINI, 2004).

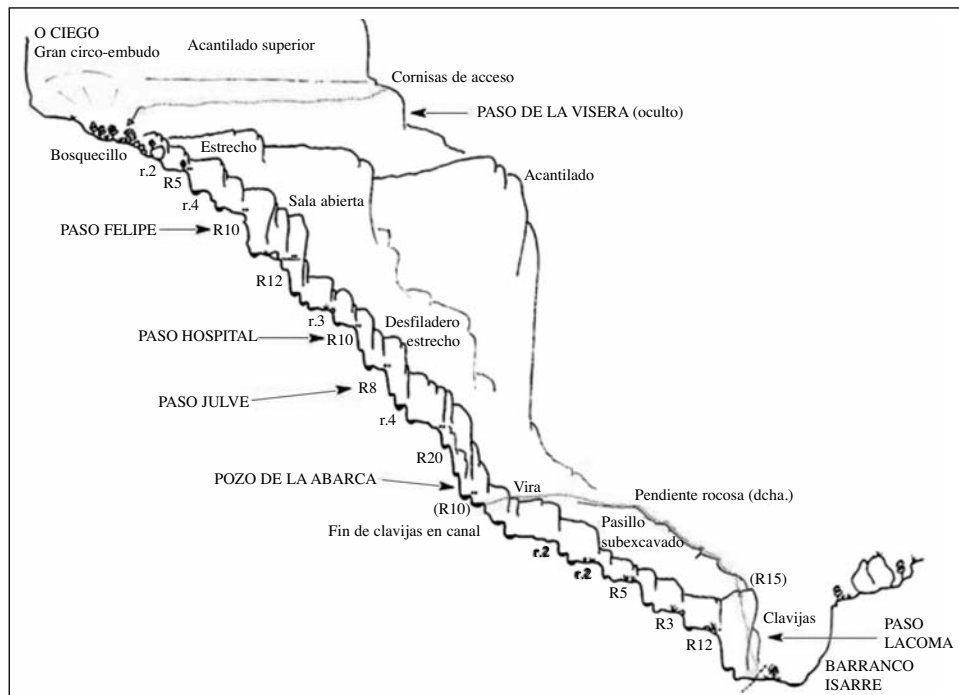
El tritón pirenaico es una especie insectívora que caza al acecho durante el día y mediante búsqueda activa durante el crepúsculo y la noche (MONTORI, 1992). Su dieta está basada principalmente en fauna acuática reófila, y de forma secundaria, en presas terrestres de deriva. En su hábitat óptimo la dieta está fundamentalmente formada por presas de vida acuática (larvas de plecópteros, efemerópteros, dípteros y tricópteros), de las que representan poco más del 8 % las presas de origen terrestre.

A pesar de ello, esta especie tiene un gran abanico de posibilidades para alimentarse en función del hábitat en el que se encuentra, comportándose como una especie generalista que incluso llega a consumir pequeños vertebrados acuáticos (larvas y metamórficos de anfibios; SERRA-COBO y cols., 2000). Durante el periodo larvario la alimentación se basa exclusivamente en larvas de dípteros, y de forma secundaria, en efemerópteros (MONTORI, 1992).

El estudio aquí presentado se realiza con la finalidad de obtener información que permita caracterizar el ecosistema en el que habita la población de *Calotriton asper* de la Canal del Palomo, así como determinar la disponibilidad de alimento para la especie durante los periodos de mayor confinamiento hídrico. No existen antecedentes de este tipo de estudios en la Canal, ni en la sierra de Guara, por lo que las conclusiones derivadas de este trabajo podrían resultar relevantes para comprender las características biológicas y de hábitat de la especie, así como para la futura toma de decisiones de gestión y conservación dentro del PNSCG.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el PNSCG, en la Canal del Palomo (coordenadas geográficas  $-0^{\circ} 30' 87''$   $42^{\circ} 24' 3''$ , UTM 723587 4680221), lugar frecuentado por la presencia de una *via ferrata* completamente equipada. La Canal está localizada en un pequeño valle cruzado por un curso de agua cuya desembocadura se encuentra en el río Guatizalema y posee una superficie total de 6,3 km<sup>2</sup> cubierta por un pinar repoblado en 1960 (CUCHÍ y cols., 2013). En la zona predominan conglomerados de un relieve abrupto, con importantes paredes verticales y mallos como la Patata, los Pepes, d'Aliana, Lazas, las Crestas del Borón o el pico San Jorge y barrancos como los de Escomentué, del Diablo, de Lazas y la Canal del Palomo, además de formaciones peculiares como el Huevo de San Cosme. En la base de los Mallos de Ligüerre, formando parte de la ladera del barranco de Vadiello, se encuentra la Canal del Palomo, cuyo tramo estudiado cuenta con 110 metros de longitud aproximadamente y 100 metros de ascenso (fig. 1). Al igual que sucede con otras formaciones de conglomerados de la zona central de Huesca, estos se han generado por litificación de gravas



**Fig. 1.** Perfil de la Canal del Palomo. Fuente: SALAMERO, 2009.

en los conos apicales de diversos ríos al llegar al frente pirenaico (CUCHÍ y cols., 2013).

El trabajo de campo consistió en dos muestreos (en junio y en septiembre de 2016) y una tercera visita en febrero de 2017 para la toma de datos sobre el entorno físico. Las características meteorológicas del entorno se determinaron mediante revisión bibliográfica y la consulta de los datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Se realizó un seguimiento desde 1998 a 2016 de las temperaturas y las precipitaciones, analizando las variaciones de temperatura máxima, mínima y media anuales, así como la precipitación media anual. Se determinaron *in situ* los parámetros fisicoquímicos: concentración de O<sub>2</sub> disuelto (mg/L), pH, temperatura (°C) y conductividad (μS/cm), mediante el empleo de una sonda multiparamétrica HQ30D (Hach, Estados Unidos) en cada una de las pozas.

Para la determinación de la concentración de clorofila *a* bentónica, se seleccionaron entre dos y cinco piedras representativas de la cobertura de perifiton de cada poza. De cada piedra se limpió el biofilm de una superficie de 25 cm<sup>2</sup>, que se conservó fresco y a oscuras hasta su procesamiento en el laboratorio. Aquí se filtró la muestra con un filtro Whatman GF/F para eliminar el agua y se almacenó a -20 °C hasta su análisis. La extracción y el análisis de la clorofila *a* se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por ELOSEGI y SABATER (2009). A esta metodología se le añadió una medición de la absorbancia en espectrofotómetro a 502 y 450  $\mu\text{m}$  para la determinación de pigmentos carotenoides y licopeno (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ y cols., 2007), ya que se pudo intuir la presencia de estos al apreciar diferentes tonalidades de coloración entre amarillo y marrón rojizo en las muestras obtenidas. Para la determinación de biomasa del perifiton se empleó el factor de conversión a carbono propuesto por MARGALEF (1983) para algas.

La obtención del fitoplancton se realizó en cada poza mediante la toma directa de muestras de agua de 50 mililitros fijadas con lugol acético (UTERMÖHL, 1958). Se conservaron a oscuras hasta su observación. Previamente al análisis, se sedimentó la muestra durante 24 horas. Posteriormente se determinó la taxonomía y el número de individuos con la ayuda de un microscopio invertido Zeiss Axio Vert 1 (Zeiss, Alemania). El fitoplancton detectado se identificó intentando llegar a la menor categoría taxonómica posible (habitualmente género), para lo que se emplearon principalmente las claves de identificación de organismos fitoplanctónicos de STREBLE y KRAUTER (1987) y TOMAS (1997).

Las muestras de zooplancton y macroinvertebrados se recogieron mediante el filtrado con una manga de 100  $\mu\text{m}$  de poro, reproduciendo el mismo esfuerzo en todas las pozas. Una vez en el laboratorio, zooplancton y macroinvertebrados se separaron mediante filtración por tamaños. La muestra de zooplancton se sedimentó un mínimo de 30 minutos y, posteriormente, se identificó con la ayuda de un microscopio invertido y una clave dicotómica de identificación de organismos zooplanctónicos (STREBLE y KRAUTER, 1987; DÍAZ y cols., 2007). Los macroinvertebrados se determinaron y contaron bajo la lupa binocular y con la clave de OSCOZ y cols. (2011).

Los tritones fueron contados de manera visual, sin alterar el hábitat. La biomasa de organismos fitoplanctónicos y zooplanctónicos se calculó siguiendo



los métodos de SUN y LIU (2003) y de WATKINS y cols. (2011), respectivamente. Para determinar la biomasa de macroinvertebrados se empleó el método de SMOK (1980); mientras que la biomasa de tritón se obtuvo mediante una aproximación al método de DÍAZ-PANIAGUA y MATEO (1999) para la obtención de este dato en *Triturus boscai*.

## RESULTADOS

### *Características meteorológicas*

Entre 1998 y 2016 la temperatura en el área de estudio se mantuvo en un rango entre 12 y 15 °C, con fluctuaciones ligeras de un año para otro que siguieron un patrón cíclico. Cabe destacar que a partir de 2009 estas fluctuaciones se incrementaron, pasando de un aumento habitual de 0,5 °C de media a casi 2 °C. En el periodo de 2009 a 2010 tuvo lugar la mayor variación de temperatura, con una disminución de 1,92 °C respecto a la media de los años estudiados. Las precipitaciones siguieron un patrón constante a lo largo del periodo de estudio entre los 50 y los 70 l/m<sup>2</sup>, aproximadamente. Tras uno de los picos de mayor precipitación, en 2003, se puede apreciar un periodo de reducción de precipitaciones de cuatro años consecutivos, hasta 2007, que sin embargo no llegó a alcanzar el criterio de sequía según el diagrama ombrotérmico de Gaussen. En 2008 se produjo un incremento de precipitación y se registró el mayor valor de precipitación anual media de todo el periodo estudiado. A partir de ahí el régimen de lluvias se mantuvo relativamente constante hasta 2015, año de baja precipitación, similar al periodo 2005-2006. En el año 2016, en el que se tomaron las muestras para este estudio, se mantuvo una temperatura media similar a la del anterior; sin embargo, se produjo un incremento de la precipitación media por encima de los 60 l/m<sup>2</sup>.

### *Características físicas y morfológicas de la Canal del Palomo*

Las características físicas de cada poza se presentan en el anexo 1. El volumen medio de las dieciséis pozas fue de 0,699 m<sup>3</sup>, con un máximo y un mínimo de 2,827 m<sup>3</sup> (poza 15) y 0,003 m<sup>3</sup> (poza 8.1), respectivamente. Los valores de pH entre los muestreos fueron muy similares, aunque se observó

un ligero incremento al final del verano. En cuanto a la conductividad, el valor mínimo fue similar en ambos muestreos, pero los valores máximos obtenidos al final del verano duplicaron los iniciales (tabla 1).

**Tabla 1.** Valores medios, mínimos y máximos de las variables fisicoquímicas analizadas en once pozas en la Canal del Palomo durante este estudio (2016).

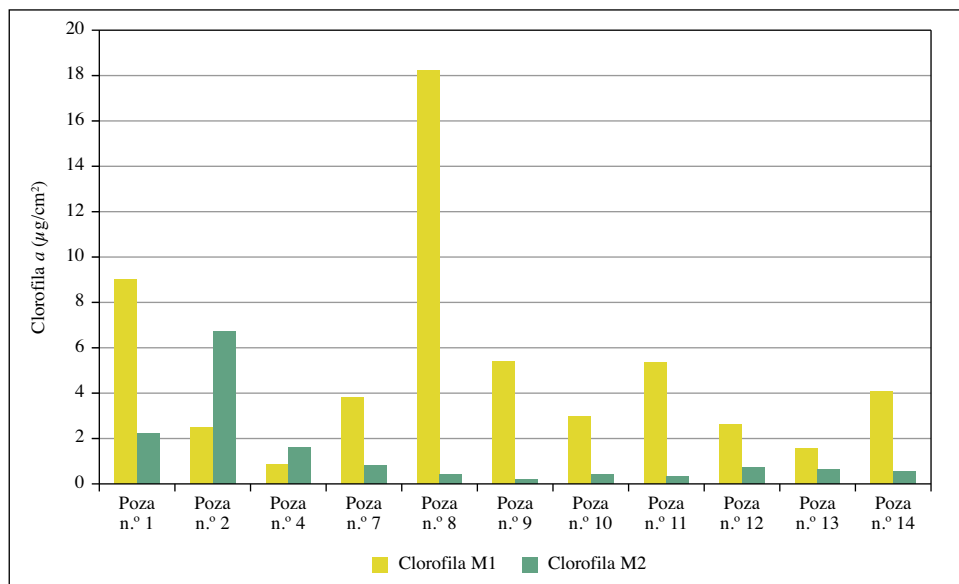
Parámetros	Muestreo 1 (4/7/2016)			Muestreo 2 (30/9/2016)		
	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.
pH	7,7	7,4	8,2	8,1	7,6	8,5
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	251	236	303	339	232	714
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	5,9	1,7	14,8	6,9	5,7	8,8
Temperatura (°C)	20,2	19,2	20,9	15,2	14,0	16,4

La concentración de O<sub>2</sub> disuelto fue muy variable entre pozas al principio del verano, con hasta 13 mg/L de diferencia entre el valor máximo y el mínimo. A pesar de esto, la mayoría de los valores obtenidos estuvieron entre 4 y 8 mg/L. El segundo muestreo presentó valores menos variables, con una concentración mínima de oxígeno de 5,7 mg/L. Las variaciones de temperatura son mínimas entre valores máximos y mínimos en ambos muestreos, con diferencias de 1,7 °C en el primer caso y 2,4 °C en el segundo.

### *Características biológicas*

#### *Pigmentos bentónicos*

En términos generales la concentración de clorofila *a* bentónica fue superior en el primer muestreo, así como su variación. Se detectó una concentración de clorofila máxima en la poza 8 (18  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), seguida de la poza 1 (9  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), mientras que el resto de valores variaron entre los 0 y 5  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , ligeramente más altos en las pozas situadas a mayor altitud (fig. 2). Los pigmentos carotenoides y el licopeno siguieron una tendencia similar a los resultados de la clorofila. La absorbancia para estos pigmentos fue superior en las pozas 12 y 13 para el primer muestreo, y en las pozas 2, 12 y 13, en el caso del segundo (fig. 2).

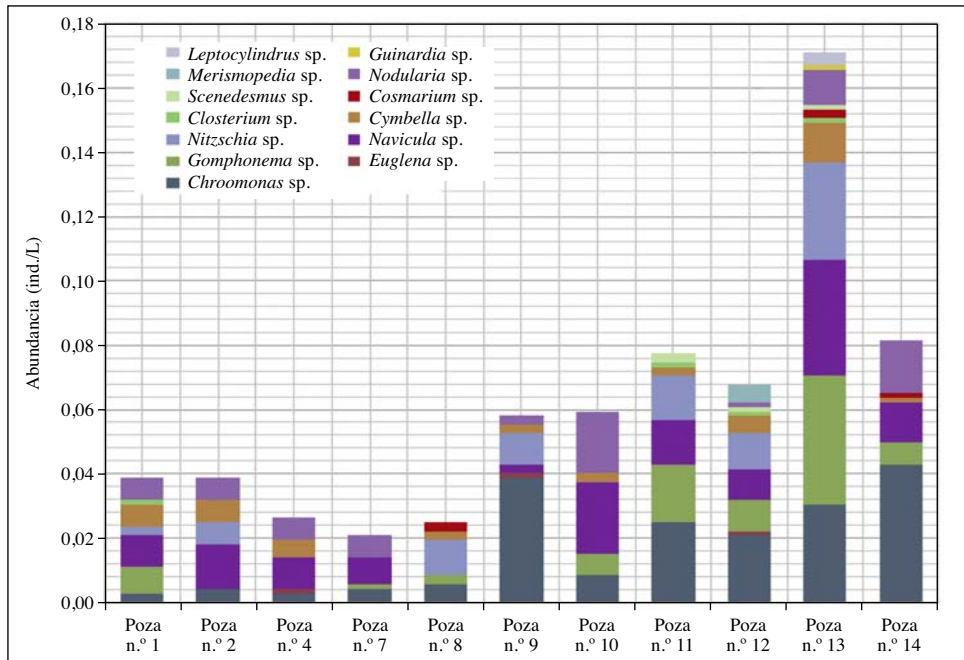


**Fig. 2.** Concentración de clorofila *a* bentónica ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) en la Canal del Palomo (azul y rojo para los muestreos 1 y 2, respectivamente).

### Fitoplancton

Se identificaron trece taxones distintos de la comunidad fitoplanctónica. En ambos muestreos se observó la dominancia de las diatomeas, destacando sobre todo los géneros *Nitzschia* y *Navicula*, y los criptófitos, cuyo mayor representante fue el género *Chroomonas* (fig. 3). Al inicio del verano la mayor riqueza taxonómica se registró en la poza 1 y en tres de las últimas pozas, concretamente en las pozas 11, 12 y 13. De igual manera sucedió con la abundancia de individuos, que fue superior en estas tres últimas. Por el contrario, las pozas intermedias (de la 4 a la 10) registraron los menores valores de abundancia y riqueza (fig. 3).

En el segundo muestreo (fig. 4), la abundancia y la diversidad fueron también superiores en las pozas finales 11, 12 y 13. Las pozas intermedias 7 y 8 también presentaron valores elevados de abundancia y riqueza, mientras que la poza 1 en este segundo muestreo tuvo uno de los valores de riqueza inferiores.

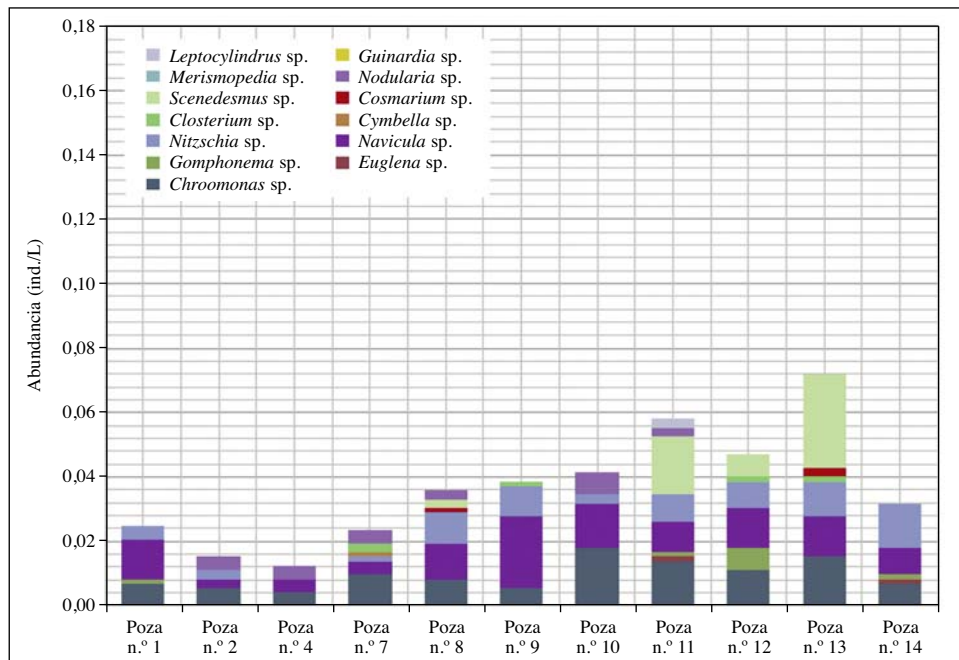


**Fig. 3.** Abundancia (ind./L) de taxones fitoplanctónicos determinados en el primer muestreo (julio de 2016).

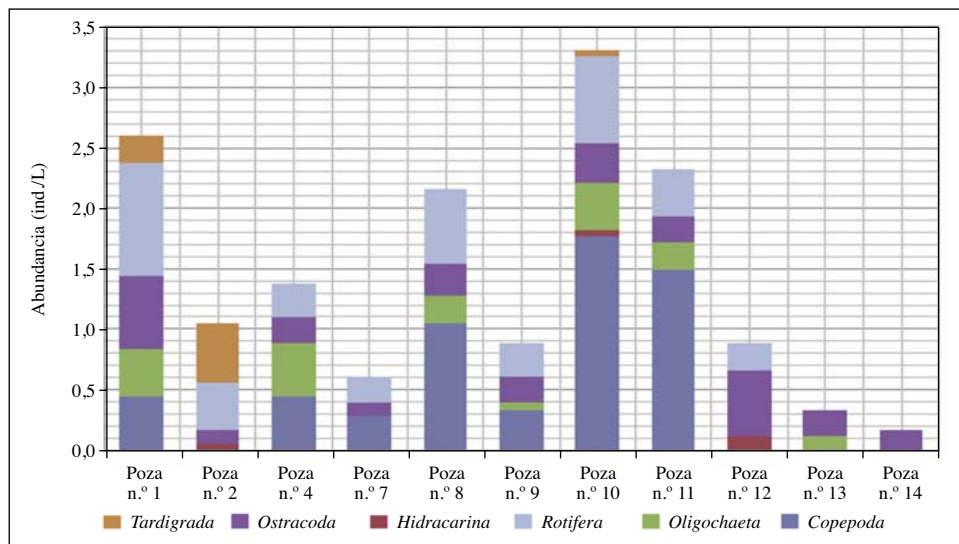
### Zooplankton

El zooplankton estuvo compuesto principalmente por copépodos y rotíferos, de los que los primeros fueron dominantes en el primer muestreo, y los segundos, en el segundo, tras el verano. En el primer muestreo (fig. 5) la riqueza mayor se dio en las tres primeras pozas (1, 2 y 4) y se mantuvo menor pero similar entre las pozas intermedias (7, 8, 9 y 10). En las pozas finales (11, 12, 13 y 14) la riqueza fue mínima, con presencia de un solo taxón de zooplankton en la última poza.

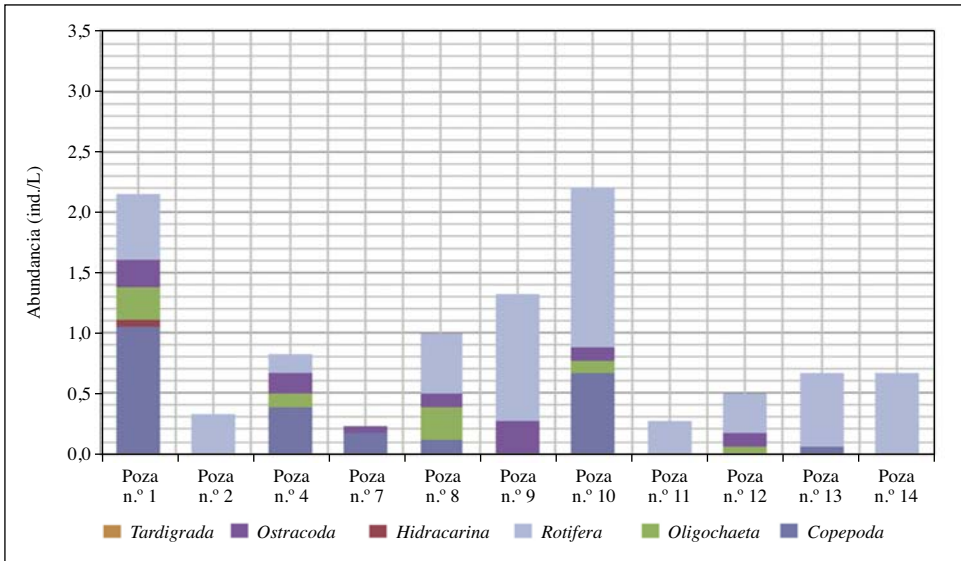
Durante el segundo muestreo (fig. 6) se observó una distribución de abundancia similar a la de inicio del verano, pero la diversidad fue nula en varias pozas, en las que solo se encontró un grupo taxonómico, *Rotifera*. Esto se repitió en pozas tanto del tramo inicial (poza 2) como del tramo final (11 y 14).



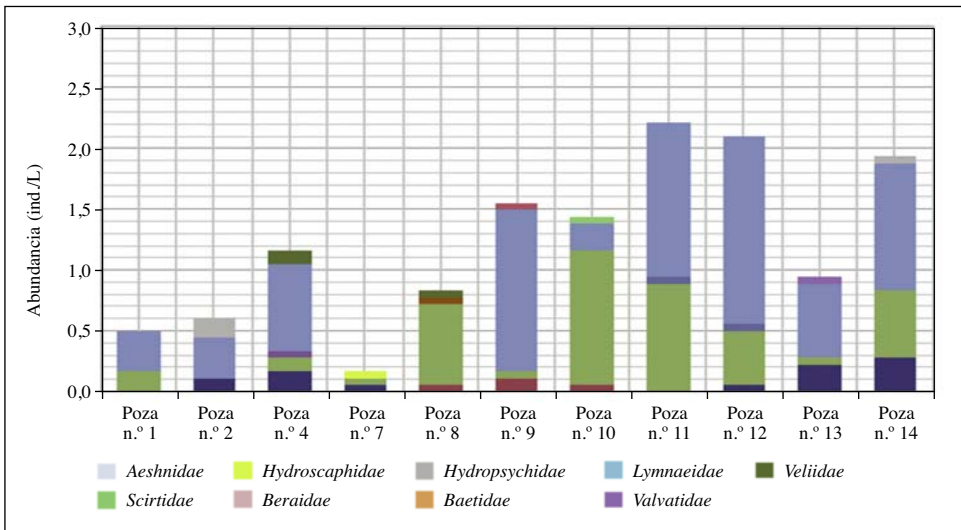
**Fig. 4.** Abundancia (ind./L) de taxones fitoplanctónicos determinados en el segundo muestreo (septiembre de 2016).



**Fig. 5.** Abundancia (ind./L) de taxones zooplanctónicos determinados en el primer muestreo (julio de 2016).



**Fig. 6.** Abundancia (ind./L) de taxones zooplanctónicos determinados en el segundo muestreo (septiembre de 2016).



**Fig. 7.** Abundancia (ind./L) de la comunidad de macroinvertebrados, compuesta por los órdenes *Hydracarina*, *Oligochaeta*, *Diptera* (*Culicidae*, *Limoniidae*, *Psychodidae*, *Stratiomyidae*, *Chironomidae*), *Hemiptera* (*Veliidae*), *Mollusca* (*Lymnaeidae*), *Ephemeroptera* (*Baetidae*), *Trichoptera* (*Hydropsychidae*, *Hydrosaphidae*), *Coleoptera* (*Scirtidae*) y *Odonata* (*Aeshnidae*), detectada en el primer muestreo (julio de 2016).

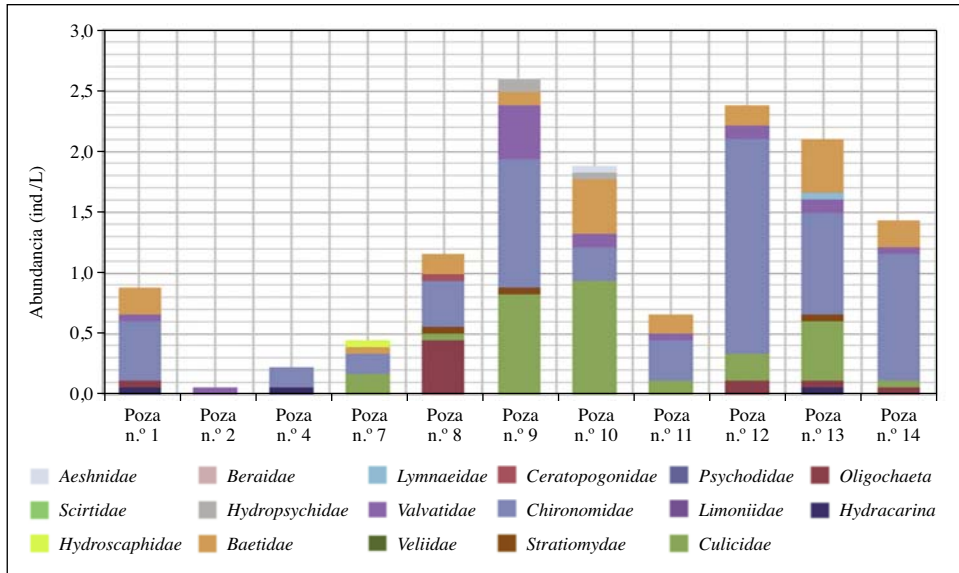
### Composición de la comunidad de macroinvertebrados

Se detectaron un total de catorce taxones (principalmente familias) en los diferentes puntos del primer muestreo (fig. 7). Destacó la presencia predominante de dípteros en todas las pozas, pues fue el único orden presente en todas ellas, especialmente de las familias *Culicidae* y *Chironomidae*.

Durante el segundo muestreo se mantuvo la dominancia de dípteros en todas las pozas (fig. 8), salvo en la 2, donde no se observaron. En las cuatro pozas finales el número de efemerópteros fue similar al de dípteros, incluso superior en algunos casos. Este fenómeno contrasta con los resultados del muestreo de julio, durante el cual no se encontraron efemerópteros.

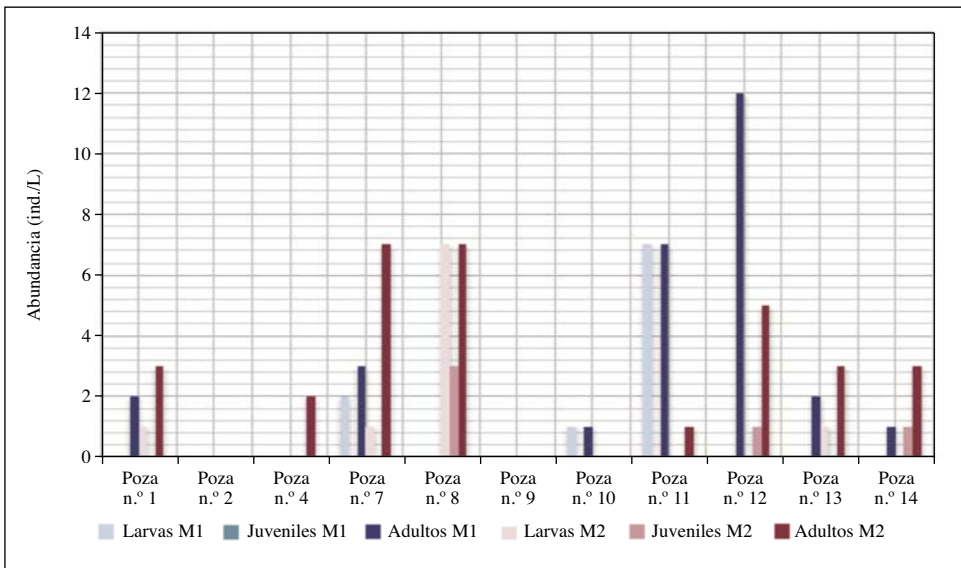
### Abundancia de *Calotriton asper*

La abundancia y la distribución de *Calotriton asper* difieren a lo largo de la Canal. Durante el primer muestreo se contabilizaron un total de 30 individuos



**Fig. 8.** Abundancia (ind./L) de la comunidad de macroinvertebrados, compuesta por los órdenes *Hydracarina*, *Oligochaeta*, *Diptera* (*Culicidae*, *Limoniidae*, *Psychodidae*, *Stratiomyidae*, *Chironomidae*), *Hemiptera* (*Veliidae*), *Mollusca* (*Lymnaeidae*), *Ephemeroptera* (*Baetidae*), *Trichoptera* (*Hydropsychidae*, *Hydroscaphidae*), *Coleoptera* (*Scirtidae*) y *Odonata* (*Aeshnidae*), detectada en el segundo muestreo (septiembre de 2016).

en las catorce pozas, y la especie mostró mayor abundancia en las de mayor altitud (11, 12, 13 y 14), destacando especialmente las dos primeras de ese tramo (11 y 12), que acumularon gran parte de los individuos adultos (28 individuos) y 10 en estado larvario de la Canal. En este periodo se detectaron a su vez 2 individuos adultos de forma puntual en la primera poza; 3 en la séptima, donde también se encontraron 2 larvas, y en la décima, 1. En el resto de puntos de muestreo no se hallaron individuos juveniles. Durante el segundo muestreo se detectaron individuos en la mayoría de las pozas, con una distribución más homogénea. Se contabilizaron un total de 46 individuos en las catorce pozas. Solo hubo tres puntos de muestreo sin individuos: las pozas 2, 9 y 10. Se observó un mayor número de individuos agrupados en las pozas intermedias 7 (8 individuos) y 8 (17 individuos). Cabe destacar que los juveniles se encontraron en un punto intermedio (poza 8), con 3 ejemplares, y en dos pozas finales (12 y 14), ambas con 1 individuo en cada una de ellas, sumergidos en el agua junto con el resto de los adultos. Las larvas tuvieron una distribución y una abundancia similares a las de los juveniles.



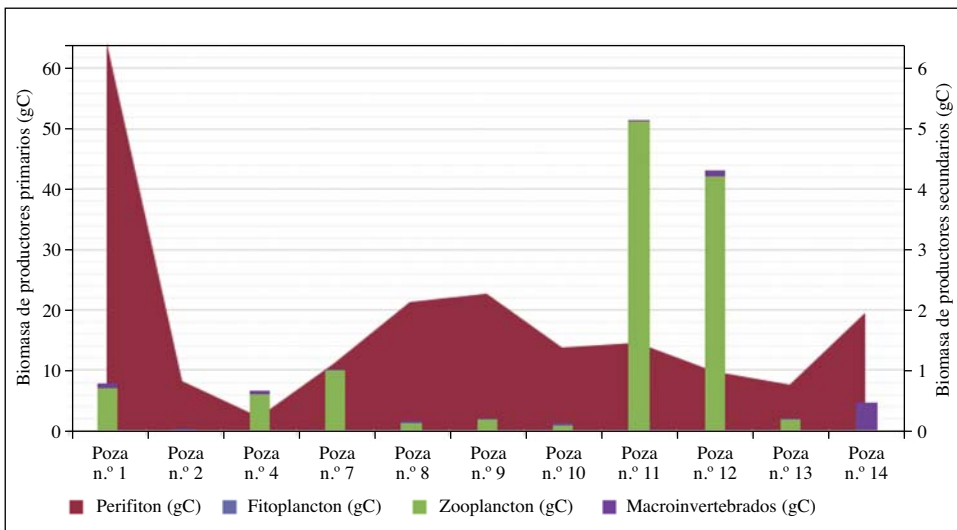
**Fig. 9.** Sumatorio del número de individuos (ind./poza) de tritón pirenaico en distintos estadios fenológicos en la Canal del Palomo.

M1, muestreo de julio de 2016; M2, muestreo de septiembre de 2016.



### *Distribución de biomasa en la cadena trófica*

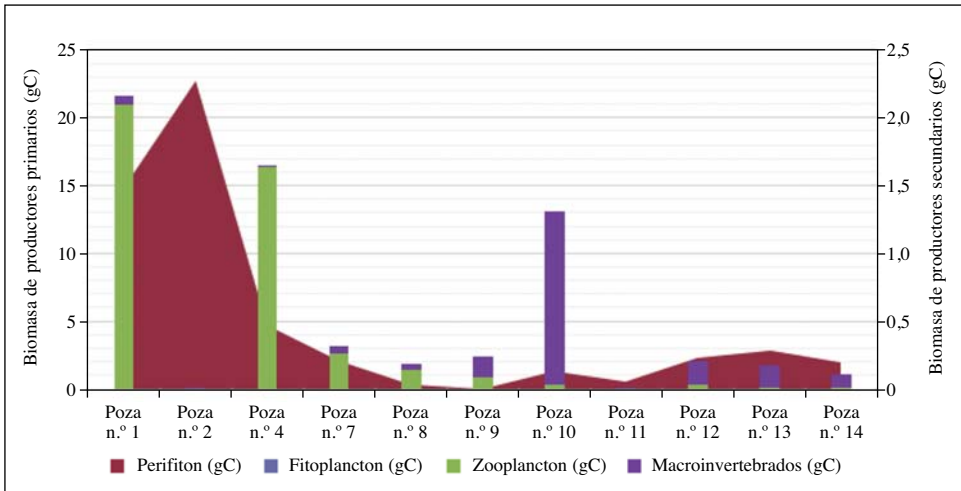
Tras transformar la biomasa de todos los organismos de la comunidad a las mismas unidades (g de carbono por poza), se ha podido comparar la distribución de esta variable a lo largo de la cadena trófica de cada una de las pozas. En la figura 10, relativa al primer muestreo, se aprecia una clara dominancia de biomasa de perifiton sobre los otros niveles tróficos. Se trata del productor primario que aporta más biomasa y, además, está en un orden de magnitud por encima de los productores secundarios. Sin embargo, su valor es muy variable y no se puede distinguir un patrón. La primera poza es la que contenía mayor biomasa de perifiton (64 g), mientras que en la poza 4 era de 2,3 g. En el resto de puntos de muestreo la biomasa de perifiton mantuvo unos valores bastante constantes entre 10 y 20 g. En lo que respecta a biomasa fitoplanctónica, los valores obtenidos están muy por debajo del resto de biomazas, pues son de unos pocos microgramos. Por contraposición, la biomasa zooplanctónica es muy superior en la mayoría de los puntos de muestreo la de fitoplancton y macroinvertebrados, tal y como se aprecia en la gráfica, destacando especialmente las pozas 4, 7, 11 y 12. Los análisis de la biomasa



**Fig. 10.** Biomasa (gC por poza) de los diferentes niveles de cadenas tróficas en cada poza, en la Canal del Palomo durante el primer muestreo (julio de 2016).

relativa a los macroinvertebrados muestran que se mantiene constante a lo largo de la Canal, con valores entre los 0,02 y los 0,05 gC, y destacan las pozas 1, 12 y 14, con valores superiores a la media, que alcanzan en este último caso hasta 0,45 g de biomasa.

Durante el segundo muestreo se aprecia una tendencia similar a la del primero (fig. 11), dada la predominancia de biomasa de perifiton en todos los puntos del muestreo, pero con valores muy inferiores en todas las pozas. En este caso sí se observa un patrón de distribución de la biomasa: son las tres primeras pozas las que tienen más acumulación de biomasa. Respecto a las comunidades planctónicas, el zooplancton obtenido en este muestreo difiere bastante del del primer muestreo, ya que es superior en las pozas iniciales, constante y con valores medios en las pozas intermedias y ve reducida su cantidad en las pozas finales. La biomasa fitoplanctónica en este caso sí que mantiene la tendencia del primer muestreo, con masas muy inferiores al resto. Se observa a su vez que la biomasa de macroinvertebrados fue bastante constante en este segundo muestreo, en el que destacaron la poza 10, con la mayor cantidad obtenida, y las pozas 2, 3 y 11, con los mínimos valores hallados.



**Fig. 11.** Biomasa (gC por poza) de los diferentes niveles de cadenas tróficas en cada poza, en la Canal del Palomo durante el segundo muestreo (septiembre de 2016).

## DISCUSIÓN

### *Características meteorológicas*

El diagrama ombrotérmico de Gaussen elaborado con los datos meteorológicos facilitados por el SAIH Ebro mostró la ausencia de periodos de sequía dentro del intervalo de años estudiado (1998-2016). Este hecho ha podido ser clave para la supervivencia del tritón pirenaico en un hábitat como el estudiado, donde la disponibilidad de agua depende únicamente del patrón de precipitaciones. De este modo, se pudo comprobar que las sequías producidas dentro de la Canal fueron estacionales y no se prolongaron en exceso, denotando un régimen de precipitación mediterráneo cuyo mínimo pluviométrico aparece en verano, aunque tampoco se trata de un verano extremadamente seco, pues en junio las lluvias son relativamente abundantes, tal y como se ha descrito anteriormente, y en agosto suele verse una recuperación de las mismas (VALLE y ESPONA, 2003). Estas condiciones permiten a la especie sobrevivir en el periodo seco empleando modificaciones etológicas, anatómicas y fisiológicas tales como la adaptación al medio bentónico, la capacidad de enterrarse para conservar la humedad y ser capaces de llevar una vida casi exclusivamente acuática (MONTORI, 1988). Respecto a las temperaturas, las medias anuales se mantuvieron bastante constantes, entre los 14 y 15 °C, favoreciendo así a *Calotriton asper*, ya que se trata de un anfibio acuático que habita preferentemente los torrentes de aguas frías de montaña media-alta con fuerte desnivel cuya agua no supere la temperatura de 15 °C en la vertiente norte del Pirineo y de 16-17 °C en la vertiente sur (CLERGUE-GAZEAU y MARTÍNEZ-RICA, 1978; MONTORI y HERRERO, 2004).

### *Características físicas de las pozas en la Canal del Palomo*

Entre las pozas de mayor volumen (1, 11, 12 y 14; anexo I), la 11 y la 12 parecen ser de especial importancia, ya que se trata de volúmenes de agua que se mantienen más o menos constantes a lo largo del año, incluso en épocas de sequía, y en ellas se detectó la presencia de tritón en todos los muestreos. Cabe la posibilidad de que estas pozas mantengan un porcentaje alto de la población durante todo el año, actuando como hábitat fuente. Desde ellas los tritones podrían dispersarse favorecidos por los torrentes

causados por el agua de las lluvias que baja por la Canal. La confirmación de esta hipótesis requeriría de un estudio poblacional específico, para lo cual debería tenerse también en cuenta la capacidad de *Calotriton asper* de enterrarse bajo el sustrato rocoso para sobrevivir a condiciones adversas (MONTORI y LLORENTE, 2014).

El sustrato de las pozas de la Canal del Palomo es idóneo, al estar formado por grava o piedra sin apenas arenas ni limos. Este tipo de sustrato ha sido resaltado como principal en el hábitat de este anfibio por numerosos autores (CLERGUE-GAZEAU y MARTÍNEZ-RICA, 1978; MONTORI y HERRERO, 2004). El desnivel entre cada poza fue muy marcado, entre los 60° y los 90° de pendiente (anexo I), lo que favorece el desplazamiento de los caudales de agua torrenciales formados por las precipitaciones esporádicamente. La deriva de individuos corriente abajo causada por estas aguas torrenciales se ha descrito como uno de los factores más importantes que pueden modificar la estructura de la población de las comunidades de agua corriente (LANCASTER y HILDREW, 1993). No obstante, los desplazamientos no tienen por qué ser exclusivamente corriente abajo. En el caso de *Calotriton asper*, la migración contracorriente podría ser importante para colonizar nuevos hábitats o para recolonizar hábitats después de inundaciones, tal como ocurre en otros tritones (RODRÍGUEZ-GARCÍA y DIEGO-RASILLA, 2006; ROE y GRAYSON, 2008).

### *Parámetros fisicoquímicos del agua*

Los valores de pH en ambos muestreos se encontraron entre 7,40 y 8,05, salvo en algunos casos puntuales donde el valor fue algo superior, especialmente en el segundo muestreo, posiblemente debido a la producción primaria en dichos puntos. Estos resultados coinciden con estudios realizados en diversos cursos de agua en la sierra de Guara (BUERA y cols., 1997). El incremento del pH en los ecosistemas acuáticos está relacionado con el aumento de la tasa de disolución del sustrato geológico, así como del de la tasa fotosintética (ELOSEGI y SABATER, 2009). Respecto a la conductividad, esta se situó entre los 240 y los 340  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , inferior a los resultados obtenidos en análisis hidroquímicos realizados en Guara con anterioridad, concretamente en diversos puntos del río Guatzalema, y en la Hoya de Huesca (BUERA y cols., 1997; ZUFIAURRE y cols., 2015).

El oxígeno disuelto en las pozas muestra valores comprendidos entre los 4 y los 8 mg/L en el primer muestreo, salvo algunas excepciones con valores inferiores. Se trata de valores coincidentes con resultados obtenidos en estudios hidroquímicos de aguas del Pirineo cuyos valores, en general, abarcan el mismo intervalo (PUYAL y cols., 1998). Las concentraciones bajas de oxígeno disuelto en el agua se relacionan habitualmente con tasas de respiración elevadas, a causa de la acumulación de materia orgánica muerta (ELOSEGI y SABATER, 2009). Este es el caso en las pozas de la Canal del Palomo, en algunas de las cuales se acumulaban restos vegetales de la cuenca, pero también restos de organismos animales en descomposición. Por último, los resultados obtenidos respecto a la temperatura muestran homogeneidad a lo largo del tramo estudiado, tanto en el primer muestreo como en el segundo, y concuerdan con la temperatura ambiente en la zona en las épocas de los muestreos.

### *Índice trófico de las pozas de la Canal del Palomo*

La calidad del agua es una de las variables que influyen en la diversidad y en la concentración del perifiton de los ríos y de los arroyos, pero no es la única. La heterogeneidad espacial en cada tramo, en lo que se refiere a diferencias de velocidad, tipo de sustrato, presencia o no de vegetación y radiación incidente, entre otras variables, determinan la evolución de esta comunidad. Las variaciones, tanto estacionales como anuales, de las condiciones ambientales determinan fluctuaciones en las poblaciones de estas algas, cuyo desarrollo depende de la temperatura, la intensidad luminosa, las características hidrodinámicas y fisicoquímicas de las aguas (TOJA, 2008). La concentración de clorofila de las pozas de la Canal del Palomo obtuvo valores de entre 0 y 18  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  para el primer muestreo y 0,017 y 7  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  para el segundo (fig. 2). En el primero, todas las pozas superaron el umbral de la mesotrofia (2  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ; DODDS y cols., 1998), excepto la 4 y la 13. Dos de las pozas, la 1 y la 8, resultaron ser eutróficas ( $> 7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ; DODDS y cols., 1998). En cuanto al segundo muestreo, solo la poza 2 superó el límite de la mesotrofia, el resto resultaron oligotróficas. En las pozas 7, 9, 11 y 14, a pesar de encontrar concentraciones relativamente altas de clorofila *a*, las de oxígeno disuelto en el agua fueron las menores obtenidas, mostrando un balance producción – respiración decantado hacia la vía

heterótrofa. Sin embargo, durante el segundo muestreo, las concentraciones de clorofila *a* obtenidas fueron bastante homogéneas. Este muestreo se produjo a finales de septiembre, periodo en el cual aumenta el número de precipitaciones y la temperatura del agua desciende en algunas pozas hasta en 6 °C. Las condiciones mencionadas anteriormente se tornaron más favorables para la concentración de oxígeno disuelto, ya que a pesar de obtener valores inferiores de clorofila *a* en todas las pozas, excepto la 2 y la 4, la concentración de oxígeno disuelto fue más elevada y homogénea en todas las pozas. Este hecho, a su vez, se vio favorecido por la aparición de esco-rentía puntual en la Canal.

Por otra parte, la absorbancia de los pigmentos carotenoides y licopeno fue elevada en ambos muestreos. El licopeno se encuentra asociado a la presencia de cianobacterias, organismos que son capaces de resistir condiciones extremas de irradiación (HIRSCHBERG y CHAMOVITZ, 1994). De tal manera, las algas del perifiton desarrollan su capacidad de crecer a intensidades de luz bajas y altas, incrementando la concentración de diferentes carotenoides fotoprotectores (FORJÁN y cols., 2007) y otorgándoles las coloraciones pardoamarillentas observadas en las muestras.

### *Estudio de la comunidad planctónica*

#### Fitoplancton

La composición de la comunidad fitoplanctónica en el primer muestreo está formada fundamentalmente por diatomeas (*Bacillariophyceae*), especialmente de los géneros *Navicula*, *Nitzschia* y *Chroomonas* en la totalidad de las pozas (figs. 3 y 4). Las diatomeas son un taxón cosmopolita del que se conocen multitud de especies; en este caso se detectaron los géneros *Gomphonema*, *Closterium*, *Cymbella*, *Navicula* y *Nitzschia*. Se trata de organismos que viven de manera bentónica asociada a sustratos diversos en aguas generalmente dulces, de calidad buena o intermedia (DÍAZ y cols., 2007). En el caso de las criptofitas, están representadas por el género *Chroomonas* en la totalidad de las pozas. Se trata de un género de algas unicelulares tanto de agua dulce como del medio marino. En los humedales estas algas, que se desarrollan preferentemente en los meses fríos, suelen proliferar dando al agua una coloración pardorrojiza. A muchos taxones se les asocia con lagos

pobres en nutrientes, pero se pueden desarrollar en pequeños cuerpos de agua especialmente enriquecidos con nutrientes. Una característica general es la capacidad de formar quistes de resistencia en condiciones desfavorables (DÍAZ y cols., 2007).

La predominancia de estos dos grandes grupos taxonómicos nos indica que durante el primer muestreo las condiciones ambientales en la Canal del Palomo dieron lugar a ambientes eutróficos en las pozas. Se trata de dos grupos taxonómicos que aprovechan los pulsos de nutrientes gracias a su estrategia de vida *r*, de la que sacan provecho en momentos de avenida, cuando se producen estos pulsos (LÓPEZ-FLORES y cols., 2014). Otros taxones asociados, como *Cosmarium* sp. o *Euglena* sp., encontrados en algunas de las pozas también son propios de aguas efímeras o de aguas estancadas y ríos, tanto de forma planctónica como asociada a diversas superficies; en el caso de *Euglena* sp., se emplea como indicador de eutrofia y contaminación en el agua entre moderada y alta (DÍAZ y cols., 2007).

En el segundo muestreo sucede de igual manera: se observó una predominancia de taxones de las clases *Bacillariophyceae* y *Cryptophyceae* (fig. 16), en este caso con predominancia casi exclusiva en todas las pozas de los géneros *Chroomonas* y *Navicula*, y con una abundancia más reducida. Sin embargo, desapareció casi por completo la presencia de especies características de entornos eutróficos como *Cosmarium* y *Euglena*, que permanecieron únicamente en las pozas 8, 11, 13 y 14, de forma muy reducida. Cabe destacar un gran incremento en la abundancia del género *Scenedesmus* en las pozas 11, 12 y 13, característico este de medios enriquecidos (meso o eutróficos). Se deduce entonces que un cambio en las condiciones ambientales, como el aumento de las precipitaciones, y una reducción de la temperatura favorecen la reducción de la eutrofia a nivel general en la Canal del Palomo, salvo en pozas puntuales donde las condiciones internas de reciclaje propician la acumulación de materia orgánica y nutrientes en el agua.

### Zooplancton

El zooplancton identificado durante el primer muestreo sigue el mismo patrón que el fitoplancton (fig. 5). Cuando el nivel trófico es elevado, la densidad fitoplanctónica aumenta y está constituida principalmente por

especies de pequeño tamaño, lo que se traduce a la vez en una comunidad de zooplancton en la que predominan pequeñas tallas (microfiltradores; MARGALEF, 1983). Este hecho se confirma dentro del área de estudio, donde predominaron rotíferos y copépodos, dando lugar a una comunidad zooplanctónica que por sí misma indica eutrofia. Los rotíferos son organismos prácticamente cosmopolitas cuya ecología de la especie y su abundancia pueden ser un índice de eutrofia (DÍAZ y cols., 2007). La clase *Copepoda* constituye un grupo de pequeños crustáceos filtradores que nos acerca también a aspectos como la salinidad, la temperatura, el nivel trófico o la permanencia del agua en los sistemas acuáticos continentales (MARGALEF, 1983). Este taxón puede asumir diferentes papeles ecológicos a medida que va desarrollándose: en estadios larvarios (nauplio) actúan como microfiltradores pasivos, mientras que, a medida que atraviesan los distintos estadios de desarrollo hasta adultos, el tamaño de las partículas que ingieren es mayor y se vuelve selectivo. Cuando son adultos, en el caso de los ciclopoideos que se han detectado en las muestras, pueden incluso actuar como depredadores (MARGALEF, 1983). Este hecho, unido a que la capacidad de movimiento es diferente también en los distintos estadios del copépodo, confiere que una misma especie se caracterice por el uso de distintos nichos ecológicos en el sistema, con el objetivo de evitar la competencia intraespecífica en ambientes con escasez de alimento (DÍAZ y cols., 2007; BRUCET y cols. 2008). Destaca la presencia del *phylum Tardigrada* en el muestreo, ya que se trata de un taxón con una notable resiliencia en condiciones abióticas extremas, incluyendo bajas y altas temperaturas, radiación ionizante, vacío, alta presión y extrema desecación (AGERLIN y cols., 2002).

Durante el segundo muestreo se encontró una predominancia casi exclusiva de rotíferos en todas las pozas, excepto la 7 y la 9 (fig. 6). Este hecho concuerda con la tendencia descrita en el anterior muestreo, salvo que en este caso la población de copépodos se ve reducida en gran medida, tal y como sucedió con la abundancia general de los taxones identificados. Los taxones *Hydracarina* y *Tardigrada* desaparecen por completo en este muestreo, salvo en la poza 1 para el primero. Esta disminución de la abundancia en la comunidad zooplanctónica, así como la desaparición casi completa de algunos de los taxones, se asociaron a un cambio en las condiciones ambientales, principalmente el incremento de la corriente o de la renovación del agua.



### *Composición de la comunidad de macroinvertebrados*

Tal y como se ha comentado en el apartado de resultados, la comunidad de macroinvertebrados analizada durante el primer muestreo mostró una predominancia de dípteros, concretamente de las familias *Culicidae* y *Chironomidae* (fig. 7). Los dípteros acuáticos habitan en más tipos de agua que cualquier otro grupo de insectos y su biología es sumamente diversa (HANSON y cols., 2010). La familia *Culicidae* forma parte del hiponeuston: sus individuos viven justo debajo de la superficie del agua debido a su modo de respiración. Apenas poseen capacidad locomotora, por lo que predominan en ambientes sin corriente de agua y aguas estancadas (HANSON y cols., 2010). En el caso de la familia *Chironomidae*, poseen hábitos bentónicos y utilizan seda para construir refugios y pegarlos al sustrato, que también es empleada como un “hilo de seguridad” para evitar que la larva sea arrasada por la corriente. Se trata de una familia habitual en ambientes eutróficos (TACHET y cols., 2010). Los hábitos biológicos de ambas familias difieren, por tanto, ampliamente en cuanto al nicho ecológico ocupado por cada una. Sin embargo, la predominancia de estos taxones respalda un hecho mencionado anteriormente: el carácter mediterráneo del caudal de los arroyos de montaña en la sierra de Guara. Otros dípteros encontrados en este muestreo son las familias *Stratiomidae*, *Psychodidae*, *Ceratopogonidae* y *Limoniidae*. Estos taxones poseen hábitos bentónicos y se mantienen ocultos bajo el sustrato, o bien semibentónicos y permanecen agarrados a macrófitos y rocas adheridas al sustrato (HANSON y cols., 2010). Destaca la presencia de la familia de hemípteros *Veliidae* en las pozas 4 y 8, que se caracteriza por formar parte del epineuston, al vivir en la fase aérea, sobre la película de aguas tranquilas y estables. Esto concuerda con la amplia abundancia de culícidos y los patrones anteriormente descritos, ya que durante el primer muestreo tuvo lugar un periodo de sequía dentro de la Canal con ausencia de corriente superficial de agua.

Durante el segundo muestreo, sin embargo, encontramos el caso contrario, con una amplia reducción de la abundancia de culícidos en la mayoría de las pozas (fig. 8) y con una distribución pequeña pero homogénea de la familia *Baetidae*. Este tipo de efemerópteros se caracterizan por tener un cuerpo hidrodinámico y un abdomen aplanado para impulsarse y nadar, pudiendo habitar así entornos con corriente de agua. Este hecho, junto con

un incremento en el índice de diversidad en la mayoría de las pozas, concuerda con los anteriores resultados del segundo muestreo, lo que indica una mejora de la calidad de las condiciones ambientales en esa fecha.

### *Abundancia de Calotriton asper en la Canal del Palomo*

El total de individuos detectados durante el primer muestreo fue de 30, mientras que durante el segundo fue de 46. Esta diferencia puede deberse a que el tritón pirenaico posee la capacidad de esconderse bajo las rocas y las piedras y permanecer así indetectable a la vista (MONTORI y cols., 2002). Durante el primer muestreo se pudo apreciar una predominancia en su distribución en las pozas más altas (11, 12, 13 y 14), mientras que en el segundo se observaron individuos en todas las pozas, sin encontrar grandes agrupaciones de estos. El hecho de que durante el primer muestreo se encuentren agrupados los individuos en las pozas finales concuerda con el volumen de agua que estas contienen, ya que son las más voluminosas (anexo I) y, por tanto, las que más agua mantienen en periodos de sequía. Puede ser que estas pozas conserven gran parte de la población cuando las condiciones ambientales sean desfavorables, permitiendo su posterior dispersión a lo largo de la Canal con la recuperación de la escorrentía al final de este periodo.

Durante el segundo muestreo se identificaron individuos subadultos en las pozas 8, 12 y 14 (fig. 9), que compartían espacio con individuos adultos en el agua, hecho que contrasta con la biología de este estado fenológico descrita (DESPAX, 1923), según la cual los tritones pirenaicos llevan una vida prácticamente terrestre hasta la madurez sexual, momento en el que regresan al agua. DESPAX (1923) y MONTORI (1988) comentan la dificultad de hallar a estos ejemplares en tierra. Sin embargo, en los límites de su distribución existen muchas poblaciones en las que los subadultos llevan una vida prácticamente acuática. Dentro de la mayoría del transecto estudiado encontramos una ausencia de refugio terrestre.

### *Distribución de biomasa en la cadena trófica*

En el ecosistema las transformaciones surgen principalmente de las interacciones tróficas con distintas eficiencias de transferencia de energía,

que expresada en términos de biomasa, fluye con mayor gasto a través de los consumos y se reduce en el biotopo conforme se transfiere en la red trófica (SALCIDO, 2006). Este concepto de circulación de la energía en la cadena se conoce como *diezmo ecológico* y fue introducido por LINDEMAN (1942). Generalmente, se aplica en estudios diversos de ecología, que estiman en un 10 % aproximado la energía que circula desde que se origina con la producción primaria hasta que pasa sucesivamente al siguiente eslabón.

Los resultados obtenidos de biomasa en cada punto de la cadena trófica y el porcentaje de diezmo ecológico que se mantiene en cada punto de la red trófica, desde la producción primaria hasta la biomasa de tritón, muestran que, durante el primer muestreo, en la mayoría de las pozas hay un porcentaje muy inferior al 10 % de paso de producción primaria a producción secundaria, con valores entre 0,32 % y 2,63 %, salvo en las pozas 4, 11 y 12, en las que se multiplican por diez estos valores (anexo II). La media del paso de energía entre el primer y el segundo escalón de la cadena trófica es cercana al 11 %. Esta relación no se mantiene con el porcentaje obtenido del paso de producción secundaria a la biomasa de tritón, ya que este porcentaje sobrepasa el 10 % en todas las pozas con presencia de tritón, con valores entre 68 % y 497 % y un valor medio de 139 %.

Durante el segundo muestreo tampoco se mantiene esta relación para el paso de producción primaria a secundaria, pues sobrepasa en la mayoría de las pozas el 10 % estimatorio, salvo en las pozas más altas (11, 12, 13 y 14). Destaca la poza 2, ya que al no haber prácticamente producción secundaria no hay intercambio de energía con ese nivel trófico. El paso medio de energía desde los productores primarios a los secundarios es del 56 %. El porcentaje de biomasa que se transfiere en la red a la biomasa de tritón continúa con la misma relación que en el primer muestreo, aunque el valor medio es aún mayor (1453 %). Durante la época de sequía gran parte de la producción secundaria se basó en la producción primaria, aunque con gran heterogeneidad entre pozas. En otoño (muestreo 2), el aporte de materia orgánica alóctona asociada a la circulación de agua permitió sostener una biomasa de productores secundarios cinco veces superior a lo esperable. En cuanto al paso de energía al tritón desde la producción secundaria, es insuficiente sobre todo en la época con más caudal (muestreo 2), lo que sugiere que el origen de la alimentación, en este caso, también es principalmente

alóctono. Este hecho manifiesta el carácter generalista de la especie, que es capaz de alimentarse de presas terrestres de deriva, no recogidas por tanto dentro de este estudio, en mayor medida de lo que lo haría en su hábitat óptimo, donde supondría un 8,26 % de su dieta (MONTORI y LLORENTE, 2014). Ejemplo de ello es el hecho de que parte de la alimentación potencial está compuesta por coleópteros y lepidópteros adultos. El carácter aleatorio y variable de este aporte alimenticio alóctono podría suponer que esta población de tritón pirenaico también pase largos periodos de ayuno, al igual que sucede con las poblaciones cavernícolas (CLERGUE-GAZEAU, 1969).

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGERLIN, K., D. PERSSON, H. RAMLØV, P. WESTH, R. MØBJERG y N. MØBJERG (2002). *Cyclomorphosis in Tardigrada: adaptation to environmental constraints*. Departamento de Biología, Universidad de Copenhague. Copenhague.
- BRUCET, S., J. COMPTE, D. BOIX, R. LÓPEZ-FLORES y X. D. QUINTANA (2008). Feeding of nauplii, copepodites and adults of *Calanipeda aquaedulcis* (Calanoida) in Mediterranean salt marshes. *Marine Ecology Progress Series*, 355: 183-191.
- BUERA, J., J. A. CUCHÍ y J. A. MANSO (1997). Hidroquímica de las aguas naturales de los sectores occidental y central de la sierra de Guara (Huesca). *Lucas Mallada*, 9: 35-63.
- CLERGUE-GAZEAU, M. (1969). Alimentation de l'*Euprocte* dans les grottes. *Annales de Spéléologie*, 24: 361-364.
- CLERGUE-GAZEAU, M., y J. P. MARTÍNEZ-RICA (1978). Les différents biotopes de l'urodèle pyrénéen, *Euproctus asper*. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 114: 461-471.
- CUCHÍ, J. A., y J. SETRINI (2004). Primera aproximación al cálculo de avenidas en los cañones fluvio-kársticos de la sierra de Guara (Huesca, España). *Lucas Mallada*, 11: 93-104.
- CUCHÍ, J. A., J. L. VILLARROEL, R. DOMINGO, L. MONTES y C. OLIVÁN (2013). El edificio tobáceo de Isarre (Santolaria la Mayor, Huesca). *Lucas Mallada*, 15: 85-97.
- DESPAX, R. (1923). *Contribution à l'étude anatomique et biologique des batraciens Urodèles du groupe des Euproctes et spécialement de l'Euprocte des Pyrénées*. Facultad de Ciencias de París. Serie A, n.º 929. Bonnet. Toulouse.
- DÍAZ, J. J., E. PEREA, J. M. MOREIRA, M. GARCÍA, M.<sup>a</sup> D. BURGOS y E. GARCÍA (2007). *Atlas de microorganismos planctónicos presentes en los humedales de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- DÍAZ-PANIAGUA, C., y J. A. MATEO (1999). Geographic variation in body size and life-history traits in Bosca's newt (*Triturus boscai*). *British Herpetological Society: Herpetological Journal*, 9: 21-27.

- DODDS, W., J. JONES y F. WELCH (1998). Suggested classification of stream trophic state: Distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water Research*, 32: 1455-1462.
- ELOSEGI, A., y S. SABATER (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. Bilbao. 444 pp.
- FORJÁN, E., I. GARBAYO, C. CASAL y C. VÍLchez (2007). *Enhancement of carotenoid production in Nannochloropsis by phosphate and sulphur limitation*. Department of Chemistry and Material Sciences. Universidad de Huelva. Huelva.
- HANSON, P., M. SPRINGER y A. RAMÍREZ (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58: 3-37. Universidad de Costa Rica.
- HIRSCHBERG, J., y D. CHAMOVITZ (1994). Carotenoids in Cyanobacteria. En *The Molecular Biology of Cyanobacteria*: 559-579. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- LANCASTER, J., y A. G. HILDREW (1993). Flow Refugia and the Microdistribution of Lotic Macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 12: 385-393.
- LINDEMAN, R. L. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23: 399-417.
- LÓPEZ-FLORES, R., X. D. QUINTANA, A. M. ROMANÍ, L. BAÑERAS, O. RUIZ-RUEDA, J. COMPTE, A. J. GREEN y J. J. EGOZCUE (2014). A compositional analysis approach to phytoplankton composition in coastal Mediterranean wetlands: Influence of salinity and nutrient availability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 136: 72-81.
- MARGALEF, R. (1983). *Limnología*. Omega. Barcelona.
- MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J., G. BRITTON, I. VICARIO y F. HEREDIA (2007). Relationship between the colour and the chemical structure of carotenoid pigments. *Food Chemistry*, 101: 1145-1150.
- MIDDLETON, E., J. HERMAN, E. CELARIER, J. WILKINSON, C. CAREY y R. RUSIN (2001). Evaluating ultraviolet radiation exposure with satellite data at sites of amphibian declines in Central and South America. *Conservation Biology*, 15: 914-929.
- MONTORI, A. (1988). *Estudio sobre la biología y ecología del tritón pirenaico Euproctus asper (Dugès, 1852) en La Cerdanya*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- MONTORI, A. (1992). Alimentación de las larvas de tritón pirenaico, *Euproctus asper*, en el Prepirineo de la Cerdaña, España. *Amphibia-Reptilia*, 13: 157-167.
- MONTORI, A., y P. HERRERO (2004). *Caudata*. En M. A. García-París, P. Montori y P. Herrero (eds.), *Amphibia, Lissamphibia*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.
- MONTORI, A., y G. A. LLORENTE (2014). Tritón pirenaico – *Calotriton asper*. *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- MONTORI, A., G. LLORENTE, X. SANTOS y M. CARRETERO (2002). *Euproctus asper* (Dugès, 1852). Tritón pirenaico. En J. M. Pleguezuelos, R. Márquez y M. Lizana (eds.), *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*: 48-50. Dirección General de la Conservación de la Naturaleza / Asociación Herpetológica Española. Madrid.

- OSCOZ, J., D. GALICIA y R. MIRANDA (2011). *Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados en la cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza.
- PARRA-OLEA, G., E. MARTÍNEZ-MEYER y G. PÉREZ-PONCE DE LEÓN (2005). Forecasting climate change effects on salamander distribution in central México highlands. *Biotropica*, 37: 202-208.
- PLEGUEZUELOS, J. M., R. MÁRQUEZ y M. LIZANA (2002). *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*. Dirección General de la Conservación de la Naturaleza / Asociación Herpetológica Española. Madrid.
- PUYAL, M. Á., J. A. CUCHÍ y J. A. MANSO (1998). Hidroquímica de aguas naturales del Pirineo altoaragonés. *Lucas Mallada*, 10: 173-187.
- RODRÍGUEZ-GARCÍA, L., y F. J. DIEGO-RASILLA (2006). Use of a magnetic compass for Y-axis orientation in premetamorphic newts (*Triturus boscai*). *Journal of Ethology*, 24: 111-116.
- ROE, A. W., y K. L. GRAYSON (2008). Terrestrial movements and habitat use of juvenile and emigrating adult Eastern red-spotted newts *Notophthalmus viridescens*. *Journal of Herpetology*, 42: 22-30.
- SÁ, R. O. de (2005). Crisis global de biodiversidad: importancia de la diversidad genética y la extinción de anfibios. *Agrociencia*, 9: 513-522.
- SALAMERO, E. (2009). *Guía de barrancos de la sierra de Guara: sierras de piedra y agua*. Camping Mascún. Huesca. 340 pp.
- SALCIDO, L. A. (2006). *Estructura y flujos de biomasa en un ecosistema bentónico explotado en el sur de Sinaloa, México*. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz.
- SERRA-COBO, J., T. MARQUÈS-BONET y J. MARTÍNEZ-RICA (2000). Ecological segregation between *Rana pyrenaica* and *Rana temporaria* and differential predation of *Euproctus asper* on their tadpoles. *Netherlands Journal of Zoology*, 50: 65-73.
- SMOK, L. (1980). Relationships between body size and biomass of aquatic insects. *Freshwater Biology*, 10: 375-383.
- STALLARD, R. F. (2001). Possible environmental factors underlying amphibian decline eastern Puerto Rico: analysis of U. S. government data archives. *Conservation Biology*, 15: 943-953.
- STREBLE, H., y D. KRAUTER (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida de una gota de agua*. Omega. Barcelona. 372 pp.
- SUN, J., y D. LIU (2003). Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plancton Research*, 25: 1331-1346.
- TACHET, H., P. USSEGLIO-POLATERA, P. RICHOUX y M. BOURNAUD (2010). *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*. CNRS. París.
- TOJA, J. (2008). *Efecto del accidente minero en el perifiton del río Guadiamar: las algas bentónicas como indicadoras de la calidad del agua*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.

- TOMAS, C. R. (1997). *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press. St. Petersburg (Florida). 858 pp.
- UTERMÖHL, H. (1958). Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt International Ver Limnology*, 9: 1-38.
- VALIENTE-BANUET, A., M. A. AIZEN, J. M. ALCÁNTARA, J. ARROYO, A. COCUCCI, M. GALETTI, M. B. GARCÍA, D. GARCÍA, J. M. GÓMEZ, P. JORDANO, R. MEDEL, L. NAVARRO, J. R. OBESO, R. OVIEDO, N. RAMÍREZ, P. J. REY, A. TRAVESSET, M. VERDÚ y R. ZAMORA (2015). Beyond species loss: The extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*, 29: 299-307.
- VALLE, M. del, y J. ESPONA (2003). *Análisis territorial del Parque de la Sierra y Cañones de Guara y su entorno*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza.
- VREDENBURG, V. T. (2004). Reversing introduced species effects: Experimental removal of introduced fished leads to rapid recovery of a declining frog. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 7646-7650.
- WATKINS, J., L. RUDSTAM y K. HOLECK (2011). *Length-weight regressions for zooplankton biomass calculations: A review and a suggestion for standard equations*. Universidad de Cornell.
- ZUFIAURRE, R., L. TRABA y J. A. CUCHÍ (2015). Caracterización hidroquímica de las aguas en la Hoya de Huesca. *Lucas Mallada*, 17: 17-44.

<i>N.º de poza</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Composición del lecho</i>	<i>Distancia (m)</i>	<i>Pendiente media (°)</i>	<i>Volumen (m³)</i>
Entrada	0,00	0,00	0,00	N/A	29,10	52	–
1	3,20	2,40	0,72	Grava 100 %	1,00	90	1,448
2	1,50	0,50	0,60	Sin sustrato, 100 % piedra desnuda	8,24	55	0,118
3	2,20	1,50	1,00	30 % grava, 70 % piedra desnuda	4,50	90	0,864
4	1,93	1,80	0,80	30 % grava, 55 % piedra, 15 % ramas	5,00	90	0,728
5	1,00	0,50	1,20	60 % grava	19,05	80	0,157
6	1,25	0,78	1,60	30 % grava, 70 % roca	7,50	58	0,408
7	1,37	2,22	1,00	80 % grava, 10 % fango, 10 % ramas	4,20	70	0,796
8	1,20	0,80	1,00	100 % grava	1,70	50	0,251
8.1	0,20	0,30	0,20	100 % grava	6,40	60	0,003
9	1,90	1,70	0,40	100 % grava	3,70	70	0,338
10	0,90	0,60	0,20	100 % grava	5,90	90	0,028
10.1	1,00	1,23	1,60	100 % grava intermedia	3,80	70	0,644
11	2,15	1,15	1,40	90 % piedras, 10 % grava	4,60	70	0,906
12	2,12	2,12	0,80	50 % grava, 50 % roca	1,50	0	0,941
13	2,40	1,60	0,60	80 % grava y arena, 10 % MO, 10 % piedra	11,70	58	0,603
14	2,70	1,90	0,80	100 % grava	10,30	90	1,074
15	2,50	3,60	1,20	70 % grava, 30 % roca	5,00	90	2,827
16	1,60	1,80	0,60	100 % grava	–	–	0,452

**Anexo I.** Características físicas de las pozas en la Canal del Palomo.



<i>Muestreo</i>	<i>Poza</i>	<i>Producción primaria (PP, g)</i>	<i>PP-PS (%)</i>	<i>Producción secundaria (PS, g)</i>	<i>PS-BT (%)</i>	<i>Biomasa tritón (BT, g)</i>
1	1	64,21	1,22	0,78	128,73	1,01
1	2	8,13	0,32	0,03	0,00	0,00
1	4	2,31	28,68	0,66	0,00	0,00
1	7	11,16	9,04	1,01	149,62	1,51
1	8	21,38	0,77	0,16	0,00	0,00
1	9	22,61	0,90	0,20	0,00	0,00
1	10	13,68	0,85	0,12	432,42	0,50
1	11	14,51	35,41	5,14	68,57	3,52
1	12	9,79	44,01	4,31	140,11	6,04
1	13	7,70	2,63	0,20	497,71	1,01
1	14	19,44	2,38	0,46	108,68	0,50
<i>Media de muestreo 1</i>		<i>17,72</i>	<i>11,47</i>	<i>1,19</i>	<i>138,71</i>	<i>1,28</i>
2	1	14,88	14,56	2,17	69,70	1,51
2	2	22,73	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4	4,72	34,78	1,64	61,26	1,01
2	7	2,09	14,91	0,31	1131,30	3,52
2	8	0,37	48,26	0,18	1948,60	3,52
2	9	0,07	337,11	0,24	0,00	0,00
2	10	1,28	102,08	1,31	0,00	0,00
2	11	0,57	0,95	0,01	9228,98	0,50
2	12	2,29	8,90	0,20	1235,10	2,52
2	13	2,81	6,23	0,18	860,96	1,51
2	14	1,96	5,31	0,10	1454,31	1,51
<i>Media de muestreo 2</i>		<i>4,89</i>	<i>52,10</i>	<i>0,58</i>	<i>1453,66</i>	<i>1,42</i>

**Anexo II.** Biomosas en la cadena trófica en la Canal del Palomo.



**LUCAS MALLADA, 21:** 235 a 266  
ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X  
<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>  
Huesca, 2019

## EL FORAU D'AIGUALLUTS

Fernando BIARGE LÓPEZ<sup>1</sup>

**RESUMEN.**— El presente artículo es una revisión bibliográfica sobre el Forau d'Aigualluts, en el valle de Benasque.

**ABSTRACT.**— This work is a bibliographical review of the Forau d'Aigualluts, in the Benasque Valley.

**KEYWORDS.**— Forau d'Aigualluts. Benasque Valley. Huesca (Spain).

### INTRODUCCIÓN

Se ha escuchado, hablado, leído e interpretado el tema del agua desde los más diversos ámbitos y puntos de vista, con especial atención a su uso y aprovechamiento. Con frecuentes referencias a la geografía aragonesa. La bibliografía es extensa. No es fácil, sin embargo, tener la oportunidad de escuchar, o simplemente de oír mencionar, el fenómeno natural hidrológico más importante del Alto Aragón, el que fue, durante años, el enigma del Forau d'Aigualluts. Único caso conocido en Europa, no solo de cambio de aguas de valle y cuenca (valle de Benasque / valle de Arán), sino incluso de vertiente (mediterránea / atlántica), por el que aguas nacidas en la cabecera del valle, de vocación mediterránea, terminaban por desembocar

Recepción del original: 2-12-2019

<sup>1</sup> Deportista y montañero destacado, fotógrafo, escritor y editor. [fbiarge@telefonica.net](mailto:fbiarge@telefonica.net)



**Fig. 1.** El Forau se presenta como una notable depresión, de forma tendente a circular, de unos 80 metros de diámetro, de paredes irregulares muy verticales y apreciable altura. (Foto: Fernando Biarge)

en el Atlántico. Solo sería comparable, a mucha distancia, con el fenómeno de cambio de vertiente de las aguas del ibón de Monte Perdido como proveedor del caudal de la cascada de Gavarnie. Pero este es mucho menos trascendente.

No se trata solo de un detalle de hidrología o geografía local, de interés limitado y teórico. Hablamos de un problema geográfico, geológico e

hidráulico de primer orden, por sus consecuencias en el caudal de dos ríos pirenaicos y sus apreciables implicaciones económicas, de carácter fronterizo e internacional. Muchas han sido las hipótesis, reales o imaginadas, ajustadas o aproximadas, bienintencionadas o claramente interesadas. Muchos son los estudiosos y los científicos que se han preocupado y ocupado del tema; variadas, las prospecciones, las campañas y los informes; notables, los foros a los que se ha acudido; mucho, lo publicado; abundantes, los tanteos y las coloraciones, con toda clase de materiales. Casi multitud, las personas que lo han visitado, y muchas, las que siguen haciéndolo. Estamos a casi noventa años después de la resolución del problema y casi se nos olvida hablar de ello.

Al tratar un descubrimiento de esta trascendencia es importante ocuparnos del lugar, el ambiente y las circunstancias, de los protagonistas y de las líneas maestras, pero también de todo aquello que se mueve y funciona a su alrededor, sea la historia, la economía o la política. Es bueno conocer detalles más o menos interesantes como los promotores, la financiación, el transporte, a quién beneficia o perjudica, los motivos principales, los expresados oficialmente y los otros políticamente incorrectos. Habrá que desbrozar el camino poniendo en evidencia cosas de las que hasta ahora poco o nada habíamos oído comentar.

## EL LUGAR

El nombre local es Forau d'Aigualluts. *Forau* es palabra aragonesa con el sentido de 'agujero', 'depresión', 'sima' o 'hundimiento'. *Aigualluts*, según recoge Bienvenido Mascaray en su obra *El misterio de la Ribagorza*, es un topónimo ibérico vasco, compuesto de 'aigua' como corriente de agua y de 'eluts' como paraje sombrío, que puede combinar como "la corriente de la sima", ajustado y fiel a la estricta realidad.

Se ha conocido también como Trou de Toro, *trou* como galicismo fronterizo en el mismo sentido de 'agujero' y *toro* por el especial sonido que hacen sus aguas al ser tragadas, como si bramara el ganado; "el mugido de las aguas que en él se precipitan", que recoge Norbert Casteret. El toro aparecería como el animal más representativo del vacuno, la especie más familiar en la zona. También por estar ubicado al sur de la zona del collado y el ibón de Toro.

Al norte de la Maladeta, en los terrenos primarios, se abre un nivel de llanos o *plas* —Pla d’Aigualluts, Pla d’Estany, Pla del Hospital, hasta el Pla de Senarta—, enclavados en el fondo de la cubeta glaciaria, entre los 1700 y los 2000 metros de altitud, debido al rellenado de las superficies de erosión por materiales de derrubio.

El Pla d’Aigualluts es una extensa planicie de naturaleza aluvio-glaciaria de 1316 metros de largo y de una anchura variable de entre 100 y 200 metros, orientada sensiblemente noroeste/sureste, con un mínimo desnivel de escasos 10 metros. Estamos en el fondo plano del valle, en el rincón escondido de un gran circo de montañas, donde al gran paisaje se une la significación del lugar.

El Forau está situado prácticamente en el centro del Pla, a 2030 metros de altitud, en la recta que une el pico de la Renclusa con la Tuca Blanca de Pomero. Se presenta como una notable depresión o hundimiento, de forma tendente a circular, de unos 80 metros de diámetro, de paredes irregulares, muy verticales y de apreciable altura. Las de su orilla izquierda son las mayores (alcanzan los 30 metros), con bloques calizos prismáticos muy grandes y regulares, de color grisáceo y bordes abruptos, de notable verticalidad, con ángulos y aristas vivos y formas sencillas con cortes precisos y atrevidos. Se alinean a modo de muro, se curvan como un circo, se modulan en estratos, juegan con aristas, cortados, cornisas y ángulos, en una variedad de perfiles y un sinfín de detalles. Las de su orilla derecha no sobrepasan los 20 metros, excepto en su zona septentrional, por encima del punto principal de absorción de las aguas, que alcanzan los 25 metros. En el tiempo han sido varios los desprendimientos y hoy algunas zonas se presentan con la altura reducida. No brindan demasiadas facilidades para una buena perspectiva, por lo que es preciso rodearlas en uno y otro sentido, para observarlas desde la mejor posición. Del lado sureste, por donde se introduce el torrente, una suave pendiente permite alcanzar el fondo, compuesto de arena fina y pequeños fragmentos rocosos, que merece poca confianza, por donde el agua se infiltra y desaparece con rapidez.

El lugar tiene duende y se enmarca en una privilegiada situación, un entorno inmenso y espectacular. Un impresionante circo de montañas, con exponentes de respeto en los frontones de cierre, con alturas y nombres de prestigio. Valles que convergen, con carácter marcadamente alpino y



pendientes pronunciadas, con contrafuertes graníticos de forma escarpada. Una morfología en U que denota claramente su origen glaciar. Un *pla* que se define en la conjunción de hierba y agua. Un verde terminado de pintar y un azul transparente del agua, casi recién creado. A pesar de lo abrupto del paisaje, es casi un lugar idílico que invita más al reposo que al esfuerzo, donde atrae el contraste entre el fondo suave de praderas y las pendientes del entorno.

Una vegetación arbórea de pino negro, dispersa, se ve como espolvoreada por la ladera. Tiene gran atractivo un conjunto de pies, por encima del



**Fig. 2.** Un conjunto de pies, por encima del Forau, asidos como broches a la roca, que, ante la falta de suelo y las dificultades, lanzan sus gruesas raíces como si de tentáculos se tratara para procurar mantener el precario equilibrio. (Foto: Fernando Biarge)



**Fig. 3.** Las paredes de su orilla izquierda son las mayores (alcanzan los 30 metros), con bloques calizos prismáticos muy grandes y regulares, de color grisáceo y bordes abruptos, de notable verticalidad, con ángulos y aristas vivos y cortes precisos y atrevidos. (Foto: Fernando Biarge)

Forau, asidos como broches a la roca, que ante la falta de suelo y las dificultades lanzan sus gruesas raíces, como si de tentáculos se tratara, para procurar mantener el precario equilibrio. Todo nos habla de la lucha terrible con los agentes del clima y la erosión. Al sordo rumor del movimiento circular de las aguas se une el ruido apreciable de la cascada de Aigualluts, que en la distancia se escucha con sordina. En contraste, el suave campanileo de algunas vacas que retozan por las inmediaciones. Con las horas del



día y la orientación, luces y sombras jugarán a destacar relieves y darán vida diferente al agua, las paredes y la vegetación.

Este peculiar paisaje guarda escondidos los secretos y las respuestas de sus múltiples interrogantes. Porque en el ambiente parece flotar el misterio. Las aguas desaparecen en un auténtico juego de prestidigitación, bajo tierra, en un verdadero túnel, como si le diera vergüenza hurtar esos caudales al sur, más necesitado, menos lluvioso, más ocre y gris y menos verde. Algo nos da que hablar o pensar. La visión no se limita a lo que ven los ojos, sino a intentar interpretar un fenómeno que aporta dudas, incertidumbres, curiosidad..., hasta buenas dosis de incompreensión.

### ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para determinar y conocer la hidrología subterránea es necesario acudir a la geología del terreno, responsable principal de las numerosas vicisitudes de los cursos de agua.

El Forau d'Aigualluts se abre en una banda calcárea devónica, de una anchura aproximada de 200 metros, que, proveniente de los picos de Paderna y la Renclusa, cruza el Pla por su centro y se eleva hacia la Tuca Blanca de Pomeró, formando un anticlinal hacia la Artiga de Lin. La situación de sus estratos, en la misma dirección de la fuga, favorece la circulación de las aguas. Romero Ortiz confirma que "estas fracturas se rellenan en otras zonas del Pirineo con soluciones metalíferas". La ausencia de relleno es la que ha dejado, en este caso, expedito el paso. En el fondo, es como si del pico de Paderna al del Pomeró las calizas hubieran levantado un dique o un foso que impidiera que todas las aguas discurrieran por su cuenca natural, capturándolas para desviarlas por los colectores de drenaje de los *foraus* hacia la Artiga de Lin. Un auténtico trasvase realizado de forma natural, sin intervención humana. La caliza es marmórea, tableada, con vetas de colores blanco, gris y negro, con las juntas de estratificación muy bien marcadas y profundas oquedades entre ellas.

El Forau de la Renclusa es el otro sumidero, excavado en el mismo paquete de calizas devónicas, situado más al suroeste del Trou de Toro y muy próximo al conocido refugio de la Renclusa. Es de dimensiones más reducidas, unos 30 metros de diámetro, más irregular, de menor profundidad

y con un sistema circulatorio menos transparente. A esto se añade su feo aspecto por la dilatada utilización como vertedero.

Digamos, para mejor comprensión, que la formación de estas depresiones es netamente posglaciar y, por tanto, de un tiempo geológico relativamente reciente. El relieve es la trama rígida del paisaje. Aquí se nos descubre que la roca no forma una muralla infranqueable. Y que la geología tiene muchas cosas que decir y que explicar.

### **HIDROGRAFÍA: EL RÉGIMEN DE LAS AGUAS**

Las aguas que alimentan el Forau d'Aigualluts proceden de dos colectores principales: uno, el más importante, el torrente de Barrancs, que baja del ibón del mismo nombre, a 2280 metros, y otro el torrente de la Valleta de Benasque o de la Escaleta.

El torrente de la Valleta recoge las aguas de la cuenca del Mulleres, que discurren, con fuerte desnivel, por una ruda ladera granítica, con terrazas y diferentes lagos escalonados. Recibe el pequeño caudal del circo de la Escaleta y continúa hasta desembocar en el Pla d'Aigualluts por el norte. Trayecto bastante complejo, desconcertante en palabras de Casteret, con tramos bajo tierra y abundantes pérdidas y resurgencias.

El torrente de Barrancs es el colector general de los glaciares de Salencas, Tempestades y Barrancs. Retiene sus aguas en el ibón de Barrancs, descendiendo en clara dirección noroeste, recoge el aporte hídrico del ibón del Salterillo, recibe las aguas de fusión del glaciar de Aneto y penetra en el Pla d'Aigualluts, donde se divide en múltiples brazos antes de unirse con los caudales procedentes de la Valleta. El torrente bordea el Pla por el este, se precipita en la cascada de Aigualluts, que bate el agua y le da impulso, y con un desnivel de 30 metros y aspecto espumoso entra mansamente en el Forau.

La depresión del Forau es el punto terminal o *cul de sac* de un cañón de 250 metros de longitud, excavado por la abrasión de las aguas y la disolución de la roca, al penetrar el torrente en la veta caliza. Entra así en un amplio recinto, de forma casi circular, de unos 80 metros de diámetro, donde las aguas describen habitualmente un lento movimiento de giro, en sentido inverso al de las agujas del reloj. El fondo está cubierto uniformemente de

una arena granítica, de espesor desconocido, que absorbe y engulle el agua de una forma permanente y difícilmente apreciable. Las aguas son filtradas por el suelo arenoso para reaparecer a 4 kilómetros de distancia y 600 metros de desnivel más abajo, en el manantial de los Güells de Joeu, en la Artiga de Lin del valle de Arán. Bienvenido Mascaray nos explica el topónimo desde la lengua ibéricovasca. *Güells de Joeu* significa literalmente ‘el



**Fig. 4.** El Forau d'Aigualluts actúa como sumidero en la casi totalidad de las veces, y en ocasiones especiales, como *trop-plein*, regulando las líneas de drenaje cuando van muy cargadas por exceso de caudal. Los conductos de drenaje se muestran incapaces de absorberlo y, en consecuencia, la capa freática comienza a subir, el nivel de filtración se estanca y empieza a acumularse agua: así podría llegar a desbordarse. (Foto: Lorenzo Almarza, ca. 1920)



**Fig. 5.** Del lado sureste, por donde se introduce el torrente, una suave pendiente permite alcanzar el fondo, compuesto de arena fina y pequeños fragmentos rocosos, que merece poca confianza y por donde el agua se infiltra y desaparece con rapidez.  
(Foto: Esteban Anía)

lugar a donde va a parar la vena de agua'. Después del estiaje baja el nivel de las aguas hasta reducirse a un simple riachuelo. En el recinto del Forau se aprecian seis pérdidas, localizadas todas en su margen derecha, excepto una en la parte central del círculo, y con la principal, en la zona más profunda de la sección septentrional.

El Forau d'Aigualluts actúa como sumidero en la casi totalidad de las veces, y en ocasiones especiales, como *trop-plein*, regulando las líneas de drenaje cuando van muy cargadas por exceso de caudal. El *cul de sac* del Trou de Toro es un enorme depósito natural (80 metros de diámetro  $\times$  30 metros de altura), con un volumen ligeramente superior a los 150 000 metros cúbicos. La hidrografía viene básicamente determinada por dos factores fundamentales, la pluviometría y el glaciario. En el deshielo, o caso de lluvias extremas, las líneas subterráneas de drenaje llevan caudales considerables por los notables aportes hídricos. El sinclinorio donde está enclavado el Forau





**Fig. 6.** Al pie del macizo de la Maladeta y de los Montes Malditos, en la vertiente española, en una sima llamada *Trou de Toro* se pierde un potente torrente. Norbert Casteret no es el primero en interesarse pero el reto es suficientemente importante para dedicarle todos sus esfuerzos, sin pensar en las interminables marchas y en las múltiples peripecias que se le van a exigir. (Foto: Maurice Meys, ca. 1900)

forma un estrechamiento y los conductos de drenaje se muestran incapaces de absorber el caudal. En consecuencia, el nivel freático comienza a subir, el nivel de filtración se estanca y empieza a acumularse agua. Así podría llegar a desbordarse, hecho muy esporádico del que se tiene constancia en fechas lejanas (Casteret lo comenta para el día 21 de junio de 1929), y en fechas recientes, la conocida riada de Benasque en junio de 2013. Mencionemos la curiosidad de que las aguas viajan por el interior hacia el Garona y en los escasos momentos en los que, por desbordamiento, el agua llega a rebosar la escorrentía superficial se incorpora a la cuenca del río Ésera.

Para establecer la importancia hidráulica y económica de este fenómeno bastará medir y conocer los caudales que se derivan y el especial régimen de sus aguas. Los aforos manejados oscilan entre los 2 y los 6 metros cúbicos por segundo, con puntas máximas. Cifras importantes capaces de modificar, caso de no desviarse, de forma notable los caudales del río Ésera, en especial en época de aguas bajas. El régimen especial viene dado por el origen glaciario de estas, que las hace más útiles y valiosas, de acuerdo con su papel complementario y regulador. Durante el verano, cuando los torrentes del valle de Arán sufren el estiaje, el Garona de Joeu confirma su valor, pues cuanto más aumentan la sequía y el calor tanto más se funden los glaciares y se incrementan los caudales. Para entonces el Forau d'Aigualluts recoge un torrente impetuoso que mana abundante en los Güells de Joeu y proporciona al Garona su mayor aporte. Es cierto que las circunstancias se han modificado en parte y la apreciable disminución de las masas glaciares del macizo de la Maladeta ha reducido su contribución hídrica. Pero hay que aceptar que en este sorteo, de carácter natural, el premio se lo llevó Francia. Teniendo en cuenta, además, que hablamos de la escorrentía de todos los caudales de los principales glaciares del macizo de la Maladeta (Aneto, Barrancs, Tempestades, Salenques, Mulleres y Maladeta), precisamente el mejor y mayor conjunto de masa glaciario de todo el Pirineo.

### *Afluente del Garona*

El fenómeno de desviación de caudales en el Forau d'Aigualluts tiene que ver, en primer lugar, con el nacimiento, múltiple y compartido, del río Garona, de notable cuenca y recorrido, que termina por desembocar en el océano Atlántico. Se han mantenido distintas y contradictorias posturas

para intentar que unas prevalecieran por encima de las otras. La del Garona de Ruda se consideró la más larga y alejada, y por ello la de mayor peso. La del Pla de Beret, la más popular y extendida, aunque la de menor caudal, y la del torrente de Joeu, la más caudalosa y regular y la que, con fuerza y argumentos, defendió Casteret, pues en el momento de su unión el caudal de Joeu dobla la suma del de las otras fuentes o afluentes. Se decía que en el momento de su unión el Garona de Ruda, que tiene su comienzo en el lago de Saburedo y recibe aguas de una decena de afluentes (o 12, al parecer) y de 25 lagos, lleva recorridos al menos 30 kilómetros (o solo 12 según Casteret) y termina por atravesar todo el valle de Arán. Pero, aun así, no hay comparación, pues el recorrido del Garona de Joeu llega, según Casteret, a los 17 kilómetros y está alimentado por hasta 80 lagos y 400 hectáreas de glaciares. Parece, pues, que el Garona de Joeu es la fuente occidental, también principal, aunque no la única, del río Garona y que este tiene una parte de recorrido, pequeño pero importante, ribagorzano y aragonés.

### *El aspecto económico*

Punto importante, que pasa casi desapercibido y del que apenas se habla, es el del aprovechamiento industrial de las aguas. Por informaciones de Soler Santaló sabemos que, con posterioridad a 1906, una compañía española, Riegos y Fuerzas Motrices del Ebro de Barcelona (filial de la Barcelona Traction, Light and Power Company, más conocida como *La Canadiense*), pretendió ejecutar un proyecto de desviación de aguas, obviando el Forau, posible por ser por entonces aguas nacionales, para utilizarlas como base para la infraestructura eléctrica necesaria para la industrialización del valle de Benasque, con la instalación de distintas fábricas. Esta desviación permitiría incrementar de forma apreciable el caudal del río Ésera y también regularlo, al ser aguas de procedencia glaciar, evitando los estiajes y momentos de aguas bajas. En el XIV Congreso Geológico Internacional de Madrid de 1926, Mariano Faura y Sans insiste en la información y la dota de publicidad, lo que promueve una notable inquietud en la vertiente norte.

Los franceses se apresuran a tomar la iniciativa para explicar el proceso de circulación de las aguas, su deriva hacia el Garona y la consideración



**Fig. 7.** El fenómeno natural hidrológico más importante del Alto Aragón, el que fue durante años el enigma del Forau d'Aigualluts. (Foto: Fernando Biarge)

de aguas internacionales, que conllevaría la imposibilidad de modificar el régimen de caudales. Estamos en 1928, comienzo de las exploraciones de Casteret. Y habla de una misión secreta, encargada por el Ministère des Travaux Publics, para demostrar que las aguas del Trou de Toro que los españoles querían captar derivaban hacia los Güells de Joeu. Verificados los trabajos y la prueba de fluoresceína el 19 de julio de 1931, Casteret revela a los





**Fig. 8.** Es el único caso conocido en Europa, no solo de cambio de aguas de valle y cuenca (valle de Benasque / valle de Arán) sino incluso de vertiente (mediterránea / atlántica), por el que aguas nacidas en la cabecera del valle, de vocación mediterránea, terminaban por desembocar en el Atlántico. (Foto: Fernando Biarge)

lectores de *L'Illustration* el verdadero origen del Garona en “La fin d’une controverse séculaire: découverte de la véritable source de la Garonne”:

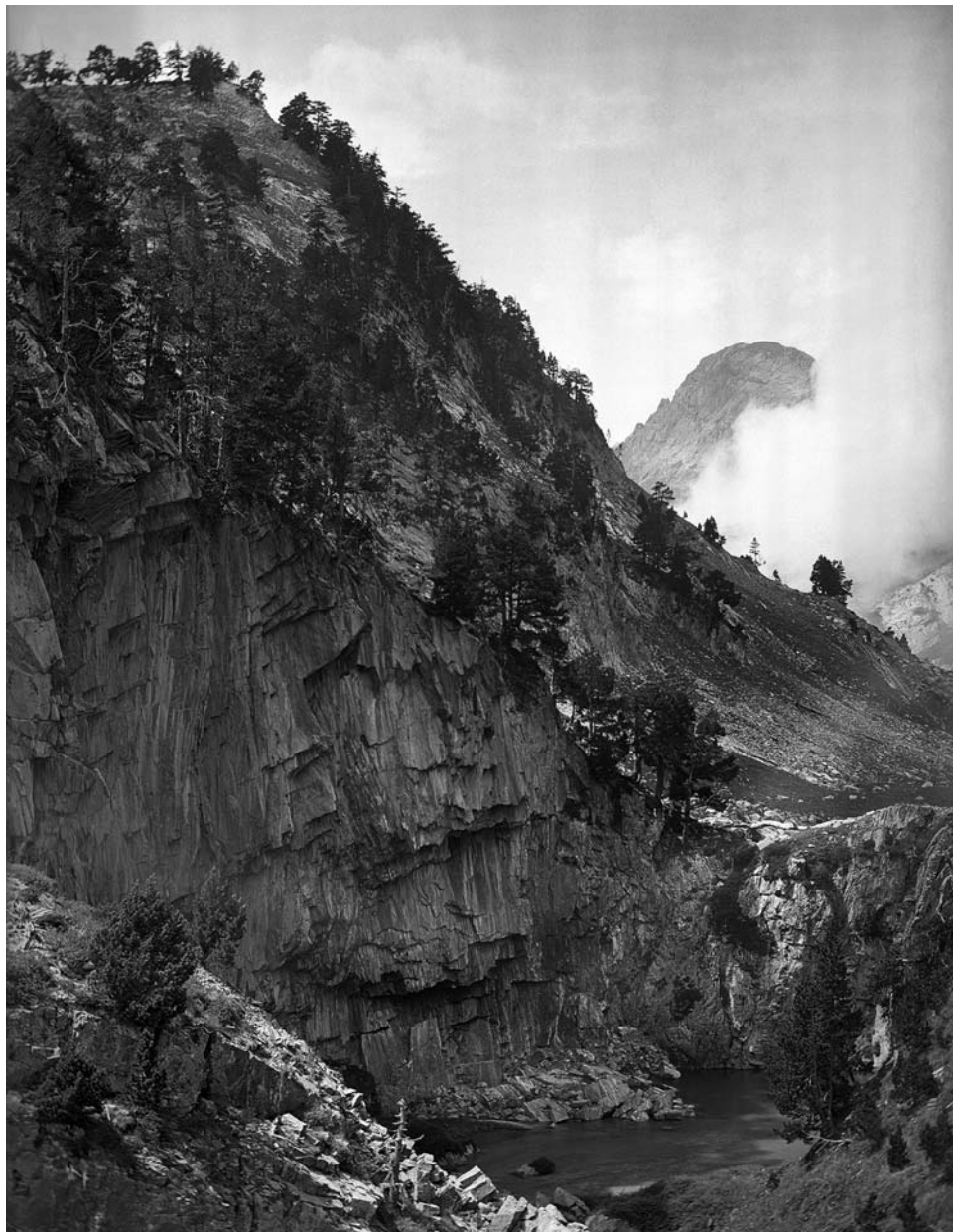
Yo revelé el hecho alarmante de que una empresa hidroeléctrica española proyectaba captar las aguas del Trou du Toro, derivándolas hacia el valle del Ésera. Esta sociedad industrial no encontraría ningún impedimento, puesto que restituiría las aguas al río, respetando su sistema fluvial.

Convencido de lo contrario, temblé pues la realización de estos trabajos tendría como resultado cierto el agotamiento de la surgencia del Goueil de Jouéou y la disminución de la mitad del caudal del Garona en el valle de Arán y en su entrada en Francia. Estaba convencido de que la ejecución de este proyecto tendría consecuencias irremediables en el alto valle y las llanuras del Garona, particularmente en la floreciente región de Comminges. Era urgente probar irrefutablemente la comunicación entre el Trou du Toro y el Goueil de Jouéou, pues la captación de nuestros vecinos y la derivación de aguas proyectada era inminente y habría causado graves e irremediables perturbaciones a nuestra industria, muy activa y que se desarrolla intensamente y que ya sufre cada verano, en sus canales de riego, los periodos de aguas bajas.

Los apoyos vinieron de la Academia de Ciencias de París, la Sociedad de Geografía de París y, al fin, y haciéndose de rogar, del Consejo General del Alto Garona. Dado el coste de la operación, en especial del colorante, deben intervenir en su financiación distintas instituciones: la Academia de las Ciencias, la Fundación Loutreuil para las investigaciones científicas, el Instituto de Hidrología, la Sociedad de Pozos de Padirac, el Consejo General del Alto Garona, la Fundación Martel y la Sociedad de Geografía de Francia, que llegaron a aportar más de 9000 francos. Al agradecer las aportaciones, insiste en este lado, útil y práctico, de una prueba científica.

Es fácil apreciar la situación. Se quiso industrializar el valle de Benasque con el aprovechamiento de las aguas glaciares, pero nos fuimos de la lengua antes de tiempo, los franceses reaccionaron, financiaron e investigaron, mientras aquí no se produjo ni la más leve reacción. Soledad y silencio. Y cuando las aguas tuvieron carácter internacional ya no hubo posibilidad. Habría que aprender de las oportunidades que hemos dejado pasar para convencernos de que a las ideas y las investigaciones hay que darles carácter práctico. Este es un ejemplo emblemático. Y así intentar en el futuro hacer más y quejarnos menos.

No se termina aquí la cosa, pues los españoles entre 1947 y 1948 colorearon las aguas de la sima de Turmo con 7 y 18 kilos de fluoresceína para poder aprovechar el caudal del glaciar de la Maladeta y del torrente de Paderna, pero las aguas del Güell de Joeu se tiñeron de nuevo de verde a las doce horas, sin repercusión en el río Ésera. No hubo manera. Se abrió un proceso diplomático que no terminó hasta 1964, con la firma de un convenio francoespañol con ciertas compensaciones.



**Fig. 9.** Un peculiar paisaje que guarda escondidos los secretos y respuestas de sus múltiples interrogantes. Las aguas desaparecen en un auténtico juego de prestidigitación, bajo tierra, en un verdadero túnel, como si le diera vergüenza hurtar esos caudales al sur, más necesitado, menos lluvioso, más ocre y gris y menos verde. (Foto: Ricardo Comparé, ca. 1930)

## HISTORIA

El Forau d'Aigualluts ha movido en todo tiempo la natural curiosidad de estudiosos, técnicos y científicos. Sirva una sucinta relación para dar fe del interés demostrado, del tiempo transcurrido y de las controversias y polémicas suscitadas.

Louis Ramond de Carbonnières, en los orígenes casi del pirineísmo, hizo dos expediciones a los Altos Pirineos franceses, una en 1788 y la segunda durante el Terror, 1792-1793. Recoge en sus escritos, al decir de Casteret, la tradición popular por la que las aguas desaparecidas en el Forau reaparecían en la Artiga de Lin dando origen a las fuentes occidentales del Garona. Una tradición basada en la búsqueda de lo maravilloso y en la desbordada imaginación de quienes transitaban por las proximidades del puerto.

Lucas Aldana en 1851, en la página 546 del tomo II de la *Revista Minera*, explica en "Apuntes geognósticos sobre el valle de Arán" que el Garona debe su importante caudal a los afluentes, en detrimento de las fuentes del Pla de Beret.

Adolphe Joanne, en su *Itinéraire des Pyrénées* (1862), hace la primera observación completa sobre el sistema del Trou de Toro y señala el Forau como las verdaderas fuentes del Garona. Hace constar una experiencia anónima para determinar la circulación del agua mediante serrín.

Lucas Mallada, en su *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca* (1878), se ocupa del Trou de Toro e ignora prácticamente el Forau de la Renclusa y su conexión. Considera que las aguas del helero de la Maladeta reaparecen en el Pla d'Estanys.

Frantz Schrader publica en 1879 en el *Bulletin de la Société Ramond* "Observations sur l'orographie des Pyrénées", donde cree que el verdadero origen del Garona ha de estar en Aigualluts y que el trayecto subterráneo debe suponer unos 4 kilómetros.

Alexandre Leymerie, quien fuera profesor de Geología de la Facultad de Ciencias de Toulouse, publica *Description géologique et paléontologique des Pyrénées de la Haute-Garonne* y da por sentado que las aguas de fusión de los heleros del Aneto, engullidas en el Forau d'Aigualluts, son las que reaparecen en el valle de la Artiga de Lin. Incluye, erróneamente, que las aguas de los heleros de la Maladeta, perdidas en el Forau de la Renclusa,





**Fig. 10.** Las aguas que alimentan el Forau d’Aigualluts proceden de dos colectores principales: uno, el más importante, el torrente de Barrancs, que baja del ibón del mismo nombre, a 2280 metros, y otro el torrente de la Valleta de Benasque o de la Escaleta. (Foto: Esteban Anía)

salen a la superficie cerca del Hospital y contribuyen al nacimiento del torrente del Ésera.

Jacques-Élisée Reclus, en su *Nouvelle Géographie universelle* (1876-1894), recoge la información relacionada con las fuentes del Garona, da por sentada la comunicación Trou de Toro – Güell de Joeu y polemiza sobre la distinta consideración de su fuente oriental en el Pla de Beret con la occidental, mucho más caudalosa y regular, en las fuentes de la Artiga de Lin, “agua que no se seca ni se desborda y que nunca se hiela”.

Josep Caralp publica en 1888 *Études géologiques sur les hauts massifs des Pyrénées centrales*, donde hace una relación de los cortes estructurales del valle de Arán y, con la opinión clásica francesa, establece las fuentes del Garona en el Pla de Beret. Menciona las fuentes del Güell de Joeu y las distintas opiniones al respecto, pero sin decantarse por ninguna de ellas.

Émile Belloc en 1897, con seriedad incuestionablemente científica, tiñó el agua de Aigualluts utilizando fucsina amoniacal. El año siguiente repitió con un kilo de fluoresceína y flotadores de corcho e hizo vigilar las salidas. No pudo encontrar argumentos por, según autores posteriores, la utilización inadecuada en cantidades, condiciones y tiempo de respuesta. Sus resultados negativos le hicieron rebelarse contra la forma empírica y demasiado teórica por la que se habían decantado los partidarios de la comunicación, “un error profundamente arraigado”. Añadía que era altamente improbable, porque las aguas deberían realizar un giro de 120 grados al sureste, pasar bajo una cresta de 2600 metros de altitud y cruzar la línea divisoria de aguas, cambiando de valle, de cuenca y de vertiente. Concluía que todo era una leyenda, sin prueba alguna. Su capacidad, pruebas y argumentos hicieron que su tesis fuera aceptada por numerosos autores.

Édouard-Alfred Martel, padre de la espeleología y buen conocedor de los mecanismos hidrogeológicos, rechaza las tesis de Belloc y reconoce que “este es uno de los más curiosos enigmas subsistentes en la actualidad, en materia de espeleo-hidrología”.

Juli Soler i Santaló publica en 1906 su monografía *La Vall d’Aran*. En referencia a los Güells de Joeu se hace eco de las distintas coloraciones intentadas y de las distintas opiniones sustentadas en uno y otro sentido para terminar instando a los hombres de ciencia a decir su última palabra, pues una compañía —la sociedad Fuerzas Motrices del Ebro— tiene la intención de llevar a la práctica el proyecto de desviar las aguas de Barrancs, obviando el Forau, para utilizarlas como fuerza motriz para la instalación de distintas fábricas en el valle de Benasque.

Léon Bertrand en 1907, como colaborador principal del Servicio del Mapa Geológico de Francia, publica una monografía titulada *Contribution à l’histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées orientales et centrales*. En el estudio geológico de la Hoja 252 de Bagnères-de-Luchon, publicada en 1910, mantiene la creencia del nacimiento del Garona en el Pla de Beret y se mantiene al margen de la controversia con respecto a las fuentes occidentales.

Marius Dalloni, eminente geólogo, presenta en 1910 su tesis doctoral *Étude géologique des Pyrénées de l’Aragon*, donde parece no encontrar argumentos para desmentir a Belloc y termina reconociendo que las aguas que recibe el Trou de Toro reaparecen pronto para dar origen al río Ésera.

Mariano Faura i Sans, en la reunión celebrada en la Universidad de Barcelona el 17 de junio de 1916, imparte la conferencia “Sobre hidrología subterránea en los Pirineos Centrales de Aragón y Cataluña: supuesto origen *dels Güells del Juëu*”, donde explica el supuesto origen de su caudal, las tesis existentes, los distintos estudios, para terminar inclinándose por la primitiva teoría de la comunicación. En 1917 publica “Caracterización del Dinantienense (Culm) inferior entre los picos de Paderna y Maladeta” en el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, donde recoge un magnífico estudio estratigráfico de todo el entorno de la Maladeta. En 1923 el *Boletín del CEC* incluye su artículo “Avenç de les geleres d’Aneto i Maladeta”, donde expone la necesidad de colorear con rigor científico las aguas del Forau d’Aigualluts para acabar de dilucidar la cuestión. De nuevo, esta vez junto con Agustín Marín Bertrán de Lis, presenta en el XIV Congreso Geológico Internacional de Madrid de 1926 una guía titulada *Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Central*, en la que escriben del caudaloso manantial de la Artiga de Lin y recogen, por primera vez, que su origen procede de la convergencia de las aguas del Forau d’Aigualluts y del Forau de la Renclusa.

Manuel Lorenzo Pardo afora en 1928 el Forau d’Aigualluts, apreciando un caudal de 2,5 metros cúbicos por segundo.

Norbert Casteret, el eminente espeleólogo francés, publica en 1929 en el *Bulletin pyrénéen* sus notas sobre la “Campagne spéléologique de 1928 dans le massif des Monts Maudits”, donde recoge el resumen de su actividad espeleológica e hidrológica en el valle de la Escaleta. Y también en ese año la revista *Peñalara* publica un largo artículo suyo con ese mismo título.

Romero Ortiz, en la sesión de la Conferencia Mundial de la Energía celebrada en 1929 presenta *Un caso particular de aguas fronterizas: el origen del Garona*, donde establece con claridad el nacimiento de este río en el Forau benasqués. El estudio, basado en la naturaleza litológica y en las direcciones tectónicas de las capas sedimentarias, concluye dando al fenómeno naturaleza tectónica e indicando además que “en el Pirineo estas fracturas se rellenan en varios sitios con soluciones metalíferas”. La ausencia de relleno en este caso es la que deja expedito el paso a las aguas.

En 1930 *Geografiska Annaler* incluye el artículo de Luis García Sainz “Les phénomènes d’époque glaciaire et d’évolution karstique dans la vallée

du haut Essera (Espagne)”, en el que acepta la unión de cuencas pero le otorga al hecho un origen kárstico.

Y en 1931 publica Casteret “Le problème du Trou du Toro: détermination des sources du Rio Esera et de la Garonne Occidentale”, en el que, después de un riguroso estudio geoespeleológico, rebate en sus conocidas conclusiones de nueve puntos todas las tesis de Belloc. Durante el periodo 1928-1931 Casteret había realizado una profunda prospección con gran rigor y meticulosidad, en compañía de su madre, su esposa y su hermano Martial. El primer año tomó como objetivo los valles de la Escaleta y Barrancs, el segundo el valle del río Ésera, el tercero el circo de la Artiga de Lin y el cuarto el do de pecho final de la coloración de las aguas del Forau, el día 19 de julio de 1931.

Los detalles pueden consultarse en su obra *Diez años bajo tierra*, publicada en Madrid en 1943 por la Editora Nacional. Se utilizaron 60 kilos de fluoresceína procedente de las fábricas Poirrier de Saint-Denis, el más potente colorante conocido, repartidos en seis vasijas metálicas porteadas por un mulo con su mulero, el señor Cera, responsable del Hospital de Benasque. Los echaron en lo alto de la cascada para que la corriente los batiera y mezclara bien, y al crepúsculo, pues la luz del sol influye en el equilibrio del colorante. A la mañana siguiente comprobaron que el agua de la resurgencia de los Güells de Joeu brotaba de un verde purísimo, coloración que perduró nada menos que 27 horas. Aún quedaba el atestado con las firmas de los testigos.

Sugerimos consultar “L’âpre et poétique parcours de Norbert Casteret vers les sources de la Garonne”, narración con notable lujo de detalles y una amplísima información publicada por la prestigiosa revista *Pyrénées* en cuatro partes durante 2008, en la que se transcriben las notas de campo originales recogidas por su hija, *sœur* Marie Casteret. En el aspecto hidrológico, Casteret no relacionó la conexión del Forau de la Renclusa con el Forau d’Aigualluts y consideró que este había captado el antiguo curso del alto Ésera, motivo que sería fuente de controversia con García Sainz.

En el mismo año de 1931 incluye este último en el *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, números 3 a 6, su artículo “El glaciario cuaternario en el Pirineo Central español”, donde se definen como ramas madre del Ésera las abundantes cascadas de Aguas Pasas y Gurgutes, ya que su caudal



forma el verdadero río, considerando simplemente como “un comienzo algo más alejado del río Ésera” las que proceden de los lagos de Villamuerta.

Mariano Faura i Sans publica en 1933 “Orígens del Garona o de l'Ésera?” en la revista *Ciència*, donde resume la totalidad de los trabajos realizados, autores, polémicas y controversias.

También en 1932 la revista *Ibérica* edita un resumen de las comunicaciones presentadas por Casteret el 17 de agosto de 1931 en las *Comptes rendus des séances de l'Académie de Sciences*, bajo el título “Sur la communication du Trou du Toro avec les Gouëils de Jouéou, source de la Garonne” y en *L'Illustration* de París como “Découverte de la véritable source de la Garonne”, y en el artículo ya citado de *L'Illustration* de 28 de noviembre de 1931. Traducido al castellano, lo recogió también el órgano de la Confederación Hidrográfica del Ebro en su número 55, correspondiente al mes de marzo.

Estos artículos provocan la contestación, en la misma revista, por parte de García Sainz y Agustín Marín Bertrán. Acusan a Casteret de “no revisar los estudios publicados en España”, pues “el problema desde el punto de vista tectónico, geológico, geográfico-morfológico e hidráulico estaba resuelto por los autores españoles con gran anterioridad a las experiencias de coloración realizadas”. Combaten también la tesis de la captación de las aguas del alto Ésera por el Forau d'Aigualluts, demostrando que aguas abajo del Forau no existe ninguna zona de *Talweg* con sus correspondientes terrazas fluviales.

En 1947 y 1948 se realizan distintas pruebas con fluoresceína sobre el caudal del torrente de Turmo o la Renclusa con la idea de captar sus aguas y evitar que a través del Forau de la Renclusa se derivaran hacia la surgencia del Güell en el valle de Arán. Se abre un proceso diplomático que termina en 1964 con la firma de un convenio francoespañol.

Juan de Lizaur y Roldán, ingeniero de Minas, publica en 1951 *Estudio sobre las conexiones subterráneas de las cabeceras de los ríos Ésera y Garona*. Con un notable rigor científico relaciona los Güells de Joeu con los *foraus* d'Aigualluts y Renclusa y hace coloraciones utilizando fluoresceína desde el Forau de la Renclusa.

En 1955 Juan Cañigüeral publica en la revista *Ibérica* “Vuelta al Ane-to”, donde ya describe, como cosa notoria, el hecho de que en el curso del alto Ésera coincidan dos corrientes de agua en direcciones opuestas, una

superficial y la otra subterránea y caudalosa que capta, por las fisuras de las calizas devónicas, las aguas de Aigualluts, Renclusa y Pla d'Estanys.

Albert Oliveras Folch, en la revista *Muntanya del Centre Excursionista de Catalunya* del mes de octubre de 1955, publica “Aigualluts, el misteri de la Maladeta”, donde hace una síntesis de lo conocido, glosa la comunicación Aigualluts – Güells de Joeu y refiere una parte de su historia.

Un gran salto en el tiempo (casi veinticinco años) hasta que el Instituto de Estudios Espeleológicos de Sabadell edita en el primer número de su revista *Actas Espeleológicas*, de 1979, un completo estudio sobre el funcionamiento hidrológico de la zona de la Maladeta y su catálogo espeleológico, todo ello del mayor interés, además de artículos monográficos sobre el Trou de Toro y su historia y la contaminación del Forau de la Renclusa, utilizado desde tiempos pretéritos como basurero del frecuentado refugio del mismo nombre. De su excelente información hemos bebido para realizar parte de este informe.

Nuevo silencio, este menos largo, de casi quince años hasta que Marie Casteret publica en la *Spelunca Librairie*, en 1994, el artículo “Norbert Casteret et les sources de la Garonne et de l'Ésera”.

En 1997 la Association Édouard-Alfred Martel de Meyrueis, en el departamento francés de la Lozère, edita *La plume et les gouffres*, donde aparecen las cartas intercambiadas entre Édouard-Alfred Martel, el padre Raphaël Pouget, el abad Ludovic Gaurier y Norbert Casteret en el periodo de 1922 a 1938, con detalles de cómo se fraguó la operación de tintar con fluoresceína el caudal del Trou de Toro, promotores, ayudas y dificultades técnicas y políticas.

La revista *Pyrénées*, como ya se ha comentado, publicó a lo largo de cuatro números en 2008 las notas de los carnés de campo de Casteret, facilitadas por su hija, Marie, bajo el título “Copie intégrale des relations écrites par Norbert Casteret dans ses carnets à ses retours d'expéditions dans la vallée de la Rencluse et au Trou du Toro”.

*Les feuilles du Pin à crochets* dedicó al Garona un número monográfico en 2013-2014, *Garonne, source d'histoires: 1923-1933*, presentado por Henri Salvayre, con documentación exhaustiva sobre el periodo de intervención de Norbert Casteret (desarrollo, circunstancias, financiación, apoyos, información al público, publicaciones y polémicas), muy completo y del máximo interés, con datos también de su correspondencia con Édouard-Alfred Martel.

Larga, interesante y poco conocida historia (más bien bibliografía comentada) de la que merece dar cuenta en territorio aragonés casi cuarenta años después de haber sido publicitada, en buena parte, por el Instituto de Estudios Espeleológicos de Sabadell. Mucho tiempo, muchas diatribas y polémicas, mucha información, en bastantes casos contradictoria, diferentes teorías: todo un mundo del que el valle de Benasque no pudo en ningún momento beneficiarse.

### EL ASPECTO HUMANO: LOS TRABAJOS DE NORBERT CASTERET

Al pie del macizo de la Maladeta y de los Montes Malditos, en el lado español y en una sima llamada *Trou de Toro*, se pierde un potente torrente. Norbert Casteret no es el primero en interesarse pero el reto es suficientemente importante para dedicarle todos sus esfuerzos, sin pensar en las interminables marchas y en las múltiples peripecias que se le van a exigir.

Se ha podido disponer de una notable colección de cartas o correspondencia inédita entre Édouard-Alfred Martel, su superior y mentor, y el padre Raphaël Pouget, su contrincante operativo, nada menos que 65 entre 1922 y 1938; entre Pouget y el abad Gaurier, en número de 28, de 1923 a 1931, y entre Martel y Casteret, 23 referidas al tema entre 1928 y 1932. El conjunto ha abierto nuevas vías de información para explicar los momentos y las circunstancias anteriores y posteriores al día clave de la coloración. Más la publicación de las notas sobre el terreno redactadas por Casteret y aportadas por su hija, sor Marie.

Fue el primero, en 1925, el reverendo padre dominico Raphaël Pouget (1889-1952), profesor de Ciencias Naturales. Intervino después, casi al mismo tiempo, el abad Ludovic Gaurier (1875-1931), espeleólogo y glaciólogo. Enseguida, en 1928, entra en escena Norbert Casteret (1897-1987). Por encima, con toda su autoridad y prestigio, Édouard-Alfred Martel (1859-1938), el maestro incontestable, el creador de la espeleología. Pasamos a relacionar las campañas y las distintas expediciones de la exploración de Norbert Casteret:

- 1.<sup>a</sup> Trou de Toro – gruta de la Escaleta. 6-8 de agosto de 1928.
- 2.<sup>a</sup> Trou de Toro – gruta de la Escaleta. 17-19 de agosto de 1928.
- 3.<sup>a</sup> Descubrimiento de la cueva del Toro. 30 de agosto – 5 de septiembre de 1928.



**Fig. 11.** Es como si las calizas hubieran levantado un dique o un foso que impidiera que todas las aguas discurrieran por su cuenca natural, capturándolas para desviarlas por los colectores de drenaje de los Forau hacia la Artiga de Lin. Un auténtico trasvase realizado de forma natural, sin intervención humana. (Foto: Lorenzo Almarza, ca. 1920)

- 4.<sup>a</sup> Güell de Joeu – Col de Toro. 12-13 de noviembre de 1928.
- 5.<sup>a</sup> Misión secreta a la fuente occidental del Garona. 20-22 de marzo de 1929.
- 6.<sup>a</sup> Nueva campaña a la fuente occidental del Garona. 24-28 de junio de 1929.
- 7.<sup>a</sup> Determinación de las fuentes del Garona occidental. Valle del Ésera – valle de la Artiga de Lin – valle de Arán. 8-14 de julio de 1929.
- 8.<sup>a</sup> Determinación de las fuentes del Garona occidental. Valle de Barrancs – valle de Salenques – valle del Noguera Ribagorzana – puerto de Viella. 25-28 de agosto de 1929.

- 9.<sup>a</sup> Búsqueda sin concreción por su madre. 10-13 de septiembre de 1929.
- 10.<sup>a</sup> Trou de Toro – Pla des Étangs. Medida de temperaturas. 8-10 de junio de 1930.
- 11.<sup>a</sup> Trou de Toro – Güells – Col de Toro – río Mulleres – Trou de Toro – Renclusa. 19-21 de agosto de 1930.
- 12.<sup>a</sup> Trou de Toro – puerto de Benasque – Pla des Étangs – tentativa al pico de Alba. 26-28 de septiembre de 1930.
- 13.<sup>a</sup> Experiencia de coloración en Trou de Toro – Güell de Joeu – Hospital de Benasque – pico de la Maladeta – coloración de las aguas. 19-24 de julio de 1931.

“He procedido primero siguiendo el método de exploración de todos los pozos, fisuras, cavidades, simas y cuevas de la región, susceptible de proporcionarme datos, información o de darme acceso al torrente subterráneo”. Un trabajo paciente, riguroso, valiente, impecable, que le otorga el máximo nivel. Solo él podía hacerlo en ese momento determinado. Y logró hacerlo.

Es preciso valorar el magnífico trabajo espeleológico de Casteret. Fueron cuatro campañas y trece experiencias entre 1928 y 1931, donde destacan su decisión, su arrojo, su empeño, casi su terquedad, su seriedad, su profesionalidad, su temeridad, su acierto a la hora de vencer las infinitas dificultades que, en tan largo periodo de tiempo, se le presentaron. “Audacia, rigor y disciplina”, ha escrito Marie Casteret a propósito de la forma de investigar de su padre. Problemas con la comida y los suministros; con dónde refugiarse y poder dormir; con las múltiples exploraciones, en buen número en solitario; con movimientos que debieron ejecutarse con el máximo secreto, además de la climatología. La lucha del hombre contra un mundo difícil, complejo, agresivo y poco favorecedor para las vivencias. Ese es su gran mérito: su paciencia y persistencia para seguir hasta que la investigación estuvo terminada, al margen de problemas, contrariedades e impedimentos.

Basten algunos ejemplos, entresacados de sus extensos informes:

Tumbado de bruces y en la más completa oscuridad, por ser imposible conservar la vela encendida en este agujero soplador, quité a fuerza de puños los guijarros y piedras húmedos que me impedían el paso y logré avanzar poco a poco durante media hora.

Solo en este desierto de piedra, acostado sobre una losa de granito escuchando y miro cómo llega la noche. Gozo de un sueño entrecortado con los

movimientos necesarios para entrar en calor. Solitario en este mundo subterráneo, inexplorado e ignorado, situado a una jornada de marcha de toda habitación, mi situación no deja de ser delicada. Al volver, tengo que recurrir a mi sangre fría, cuando me asaltan las dudas sobre la dirección a seguir.

La muerte de Casteret se produjo el día 22 de julio de 1987 en Toulouse. Se anunció en el periódico *La Dépêche* como el fallecimiento del “sourcier de la Garonne”. No pregunte el lector, por favor, de toda esta historia. Nada en el aspecto material, algunas polémicas y una medalla mucho tiempo después. Así se han escrito siempre las notas de la pequeña historia.

Entre las muchas dificultades que Casteret hubo de superar no fue la menor el cruce de la frontera. Hay que ponerse en el lugar, el momento y la circunstancia. Menciona haberla traspasado hasta treinta y cinco veces y, en alguna ocasión, debió bajar a Benasque, bien escoltado por los carabineros, para que el agente de Aduanas revisara su equipaje. También cruzó a la Artiga de Lin un número de veces superior a veinte. El verdadero problema surgió en el traslado del colorante (60 kg, de un importe superior a los 6000 francos de la época), realizado con un mulo y un mulero español, después de muchas dudas, consultas y defecciones, de forma clandestina, sin autorización, pues de haber sido requisado ello hubiera dado al traste con la prueba.

## ANECDOTARIO

Hay cosas que, sin ser trascendentes, pueden ser comentadas como complemento o, si se quiere, adorno o entretenimiento. Unos ejemplos.

Para demostrar lo cuidadoso de la planificación y cómo eran conscientes de que ciertas partes de su trabajo no eran del todo legales, basta considerar que, para transportar a lomos de mula por el puerto de Benasque los bidones de fluoresceína, contratan a un mulero español, el señor Cera, a la sazón responsable del Hospital de Benasque, más conocido y que, en teoría, tenía menos riesgo en el paso y mayores posibilidades de camuflaje. No se le comentó la verdad y se le dijo que eran útiles para el campamento: desconfianza hasta el final.

No crea el lector que fue fácil el espinoso problema de la financiación. No todos lo aprobaron de inmediato y mucho menos aportaron su parte en el momento adecuado. Pero sí hubo consenso, apoyo, y se supo crear el

ambiente preciso para la unanimidad en la Administración y las diferentes instituciones. La fluoresceína exigía pronto pago y ello obligó a aplazamientos, dudas e intentos de posponer responsabilidades.

Esto supuso también que, confirmada su teoría, se le exigiera prudencia a Casteret por parte de las autoridades de su país, y posponer la publicación de sus conclusiones hasta no conocer las posibles reacciones españolas. Primero hubo que esperar, después se llegó a editar un informe en alguna revista científica y hasta el 28 de noviembre, casi cinco meses después, no se le permitió una publicación al gran público en la revista *L'Illustration*. La prudencia forma parte importante de la diplomacia. No obstante, los hechos tuvieron una buena difusión. Por poner un ejemplo, el libro *Diez años bajo tierra*, de 1943, fue varias veces reeditado, traducido a distintas lenguas, entre ellas la española, y se convirtió en el libro espeleológico más difundido del mundo. En torno a 1955 se llegaron a vender más de 43 000 ejemplares.

Resulta bastante curiosa, no obstante, en la amplia información sobre los trabajos realizados por Casteret, la ausencia absoluta del Ayuntamiento de Benasque o de cualquier otra autoridad española, dado que se prorrogaron durante varios años e intervinieron en Francia numerosas administraciones. No parece que existiera ningún control ni que se llegaran a conocer ni los objetivos ni las múltiples actividades. También es de destacar que, a pesar de todas las informaciones aparecidas y la mejora de la mentalidad, el basurero siga existiendo en el Forau de la Renclusa. Va ya por los cien años. En algún momento habrá que tomar decisiones.

Interesante puede ser también recoger las menciones sobre el nacimiento del río Ésera. Según Casteret nace en el lago de Villamuerta y recibe enseguida por la derecha los torrentes de la Picada y Peña Blanca. Al alcanzar el Pla des Étangs pierde su caudal y reaparece hasta tres veces, con cortos trayectos intermedios. No aparecen ni surgencias ni fuentes ni filtraciones que puedan provenir de zonas superiores.

Por si se quisieran hacer cálculos, comentemos que Faura y Marín en 1926 calculan que el caudal alcanza los 6 m<sup>3</sup>/s en el Güell, y dan para el Trou de Toro unos 4. Esto supondría atribuir 2 m<sup>3</sup>/s al proveniente del agujero de Tormo o Forau de la Renclusa, cifra importante, pues supone la mitad del

recogido en el Forau d'Aigualluts. Resultan curiosas las reacciones ante el cambio de color del río una vez realizada la prueba de la fluoresceína. Al parecer, en el valle de Arán, concretamente en Les, había una planta de lavado de mineral que coloreaba a menudo de ocre el Garona. Numerosos testigos consideraron que tenía este origen, aunque, eso sí, esta vez se habían esmerado en el color. La coloración diabólica se atribuyó también a que había reventado una mina de azufre en la montaña. Y las autoridades pusieron a la Gendarmería tras los pasos del desaprensivo capaz de colorear el río y alterar la tranquilidad de los paisanos.

En resumen, una importante historia, con notables hitos, que en todo momento nos confirma la trascendencia del fenómeno natural ubicado en el alto valle de Benasque y que bien merece la pena publicar en Aragón para general conocimiento. Observemos que en la relación bibliográfica el número de referencias aragonesas es mínimo, por no decir nulo. Eran otros tiempos. Y que en los últimos cincuenta años la escasez de información en la vertiente sur de la cadena es también mínima, salvada por el relevante informe del Instituto de Estudios Espeleológicos de Sabadell y, en Aragón, la referencia de Vicente Juste en su libro *Aproximación a la historia de Benasque*. Un fenómeno de primer orden, próximo y nuestro, que bien merecería estar de actualidad y hoy disfrutar de una mayor atención y mejor conocimiento.

A lo que al principio fue una curiosidad científica pronto se le añadió la preocupación política y el aprovechamiento económico-industrial. Pero fueron siempre los científicos y los investigadores quienes abrieron el camino. Hay, seguro, bastante materia para la reflexión, aunque por hoy nos baste la del simple conocimiento. Sea lo que sea para cada uno de nosotros, y la importancia y la actualidad que cada uno quiera darle, es bien cierto que los hechos desprenden un aire de valor, esfuerzo y emoción que no puede sino conmover y admirarse. Queríamos dar una visión global y añadir algunos detalles poco mencionados. Esperamos haber cumplido.

## AGRADECIMIENTOS

Las fotografías que ilustran este artículo están depositadas en la Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca, de la que su autor fue promotor



y primer responsable en una labor que se extendió entre 1990 y 2002. Agradecemos a Esteban Anía su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDANA, L. (1851). Apuntes geognósticos sobre el valle de Arán. *Revista Minera*, 11: 545-556 y 577-584.
- BELLOC, É. (1897). De Bagnères-de-Luchon aux Monts Maudits. *Annuaire du club alpin français*, 24<sup>e</sup> année: 395-400. Hachette. París.
- BERTRAND, L. (1907). *Contribution à l'histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées orientales et centrales*. Béranger. París.
- BERTRAND, L. (1910). Feuille Bagnères-de-Luchon, n.º 252. *Carte géologique détaillée de la France (1 : 80 000)*. BRGM. Orleans.
- CAÑIGUERAL, J. (1955). Hacia el Aneto. *Ibérica*, 21: 340-346.
- CARALP, J. (1888). *Études géologiques sur les hauts massifs des Pyrénées centrales (Ariège, Haute-Garonne, vallée d'Aran)*. Imprimerie Durand, Fillous & Lagarde. Toulouse.
- CASTERET, M. (1994). Norbert Casteret et les sources de la Garonne et de l'Esera. En *Journées Norbert Casteret: XX<sup>e</sup> Congrès de la Fédération Française de Spéléologie (28-31 mai 1992)*. Spelunca Librairie (Spelunca Mémoires, 21).
- CASTERET, N. (1929a). Campagne spéléologique de 1928 dans le massif des Monts Maudits. *Bulletin Pyrénéen*, 34: 136-144.
- CASTERET, N. (1929b). Campagne spéléologique de 1928 dans le massif des Monts Maudits. *Peñalara*, 85: 11-116.
- CASTERET, N. (1931a). La fin d'une controverse séculaire: découverte de la véritable source de la Garonne. *L'Illustration*, 4630: 410-413.
- CASTERET, N. (1931b). Le problème du Trou du Toro: détermination des sources du Rio Esera et de la Garonne Occidentale. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, LXI: 89-131.
- CASTERET, N. (1931c). Sur la communication du Trou du Toro avec les Gouëils de Jouéou, source de la Garonne. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 193 (julio-diciembre): 360. París.
- CASTERET, N. (1943). *Diez años bajo tierra*. Editora Nacional. Madrid.
- CASTERET, N. (2008). Copie intégrale des relations écrites par N. Casteret dans ses carnets à ses retours d'expéditions dans la vallée de la Rencluse et au Trou du Toro: L'âpre et poétique parcours de Norbert Casteret vers les sources de la Garonne. *Pyrénées*, 233 (1<sup>ère</sup> partie, année 1928), 234 (2<sup>e</sup> partie, année 1929), 235 (3<sup>e</sup> partie, année 1930) y 236 (4<sup>e</sup> et dernière partie, années 1931-1954).
- DALLONI, M. (1910). *Étude géologique des Pyrénées de l'Aragon*. Typ. et lith. Barlatier. Marsella.
- FAURA I SANS, M. (1916). Sobre hidrología subterránea en los Pirineos Centrales de Aragón y Cataluña: supuesto origen "dels Güells del Juëu". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XVI: 353-354.

- FAURA I SANS, M. (1917). Caracterización del Dinantiense (Culm) inferior entre los picos de Paderna y Maladeta: Montes Malditos (Pirineos Centrales del Alto Aragón). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, xvii: 432-448.
- FAURA I SANS, M. (1923). Avenç de les geleres d'Aneto i Maladeta. *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 347: 343-346.
- FAURA I SANS, M. (1932). Geofísica: orígens del Garona o orígens de l'Éssera? *La Publicitat*, 5 de noviembre.
- FAURA I SANS, M. (1933). Orígens del Garona o de l'Ésера? *Ciència*, 7: 145-165, 203-218, 249-268, 297-313 y 337-345.
- FAURA I SANS, M., y A. MARÍN BERTRÁN DE LIS (1926). *Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Central: excursión C-3*. Instituto Geológico de España. Madrid.
- GARCÍA SAINZ, L. (1930). Les phénomènes d'époque glaciaire et d'évolution karstique dans la vallée du haut Essera (Espagne). *Geografiska Annaler*, 12: 323-339.
- GARCÍA SAINZ, L. (1931). El glaciario cuaternario en el Pirineo Central español. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 3-6. Madrid.
- Garonne, source d'histoires: 1923-1933. Les feuilles du Pin à crochets*, 11 (2013-2014). Pau.
- INSTITUTO DE ESTUDIOS ESPELEOLÓGICOS DE SABADELL (1979). Contribución al conocimiento del sistema hidrogeológico de la Maladeta – Valle de Arán/El “Trou de Toro” y su Historia/Renclusa, karst contaminado, 1.<sup>a</sup> Parte. *Actas Espeleológicas*, 1: 11-63/65-80/81-104.
- JOANNE, A. (1862). *Itinéraire des Pyrénées*. Hachette. París.
- JUSTE, V. (1991). *Aproximación a la historia de Benasque*. Antena del Pirineo. Benasque.
- LEYMERIE, A. (1881). *Description géologique et paléontologique des Pyrénées de la Haute-Garonne*. Édouard Privat. Toulouse.
- LIZAUR Y ROLDÁN, J. de (1951). *Estudio sobre las conexiones subterráneas de las cabeceras de los ríos Ésера y Garona*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 44 pp.
- MALLADA, L. (1878). *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Imprenta y Fundición de Manuel Tello. Madrid.
- MARTEL, É.-A. (1997). *La plume et les gouffres: correspondance d'Édouard-Alfred Martel, de 1868 à 1936*. Association Édouard-Alfred Martel. Meyrueis.
- MASCARAY SIN, B. (2000). *El misterio de la Ribagorza: orígenes, historia y cultura a través de la toponimia*. Ed. del autor. Tafalla.
- OLIVERAS FOLCH, A. (1955). Aigualluts, el misteri de la Maladeta. *Muntanya: revista del Centre Excursionista de Catalunya*, 39.
- RECLUS, J.-É. (1876-1894). *Nouvelle Géographie universelle*, vol. II (*La France*): 429. Hachette. París.
- ROMERO ORTIZ, J. (1929). *Un caso particular de aguas fronterizas: el origen del Garona (estudio hidrogeológico)*. Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro. Zaragoza. 29 pp.
- SCHRADER, F. (1879). Observations sur l'orographie des Pyrénées. *Bulletin de la Société Ramond*, 1: 22-25.
- SOLER I SANTALÓ, J. (1906). *La Vall d'Aran: guia monogràfica de la comarca*. Tip. L'Avenç. Barcelona.

## AEROGENERADORES Y AVIFAUNA EN ARAGÓN

Rocío SUS-PÉREZ<sup>1</sup> |

Ernesto PÉREZ-COLLAZOS<sup>2</sup> | Chabier GONZÁLEZ-ESTEBAN<sup>3</sup>

**RESUMEN.**— La energía eólica es un tipo de energía limpia y renovable; sin embargo, puede generar problemas de conservación a algunas especies. Las colisiones de aves y murciélagos en sus aerogeneradores parecen ser frecuentes. Este artículo pretende determinar las especies más afectadas por colisión en 48 parques eólicos (1555 aerogeneradores). Se han detectado un total de 1213 colisiones durante el periodo 2002-2016, que afectaron a 42 especies, principalmente al buitre leonado. De los parques estudiados se ha podido determinar que La Loba, Rabosera y San Juan de Bargas son los que ofrecen mayor tasa de colisiones. En contraposición, los parques de la zona de La Muela, a pesar de disponer de un elevado número de aerogeneradores (267), presentan una tasa de colisiones muy baja.

**ABSTRACT.**— Wind energy is a type of clean and renewable energy. However, it can generate conservation problems for some species. Collisions of birds and bats in their turbines seem to be frequent. This work aims to determine the species most affected by collision in 48 wind farms (1555 wind turbines). A total of 1213 collisions have been detected during the

Recepción del original: 19-12-2019

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [rocio.sus@gmail.com](mailto:rocio.sus@gmail.com)

<sup>2</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. [ernestop@unizar.es](mailto:ernestop@unizar.es)

<sup>3</sup> Centro de Recuperación de la Fauna Silvestre. Gobierno de Aragón. Finca de la Alfranca–Pastriz. E-50195 Zaragoza. [chabiergo@gmail.com](mailto:chabiergo@gmail.com)

period 2002-2016, affecting 42 species, mainly the griffon vulture. The study of the parks determined that La Loba, Rabosera and San Juan de Bargas are the ones with the highest collision rate. In contrast, the parks in the area of La Muela, despite their high number of wind turbines (267), show a very low collision rate.

**KEYWORDS.**— Bird mortality. Collision. *Gyps fulvus*. Turbines. Wind energy. Wind farms. Aragón (Spain).

## INTRODUCCIÓN

La energía eólica se define como una fuente de energía renovable y limpia, debido a que su materia prima, el viento, es un recurso inagotable y su aprovechamiento reduce el impacto ambiental, ya que no emite gases contaminantes, ni efluentes líquidos, ni residuos sólidos. Por cada megavatio hora (MWh) de energía eólica producida se evita un vertido de 600 kg de CO<sub>2</sub>, que contribuye al efecto invernadero; 1,33 kg de SO<sub>2</sub>, causante de la lluvia ácida que puede destruir la vegetación y alterar el ciclo del agua, y 1,67 kg de NO<sub>2</sub>, contaminantes químicos que reducen notablemente la calidad del aire (TALAYERO-NAVALES y TELMO-MARTÍNEZ, 2011). Por todo ello, el uso de la energía eólica se ha incrementado notablemente en China, Estados Unidos, Alemania, España e India (SAWIN, 2016). El número de parques eólicos y de aerogeneradores instalados en España es alto (1080 y 20 292, respectivamente, a finales de 2016), y las comunidades autónomas con mayor potencia instalada son Castilla y León, Castilla – La Mancha, Andalucía, Galicia y Aragón, que suponen el 77,99 % del total (ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA, 2017). A pesar de todos los beneficios que reporta este tipo de producción de energía, se ha demostrado que los parques eólicos pueden tener distintos efectos adversos sobre la flora y la fauna. La mayoría de los estudios se han centrado en la mortalidad de aves y murciélagos y en la pérdida de hábitat para la avifauna (LUCAS y cols., 2007).

Los efectos de los parques eólicos sobre la fauna son muy variables y dependen de un elevado número de factores que incluyen el diseño del parque, el tipo de hábitat ocupado, las especies presentes en su entorno y su abundancia (MUÑOZ-GALLEGO, 2014). Las principales afecciones a la avifauna son las colisiones con las palas del aerogenerador, la torre, la góndola u otras estructuras asociadas, tales como los tendidos eléctricos o las

torres de medición (LUCAS y cols., 2007). Otros efectos de los parques sobre la avifauna son el ruido, el electromagnetismo y las vibraciones que producen los aerogeneradores, lo que genera un abandono del hábitat en algunos casos (ATIENZA y cols., 2011). Algunos estudios han demostrado que cuanto más tiempo lleva en funcionamiento un parque eólico mayor es la disminución en el número de aves de la zona (STEWART y cols., 2005). Los parques eólicos suponen también una obstrucción al movimiento de las aves, ya sea en las rutas de migración o entre las áreas que emplean para su alimentación y su descanso (ATIENZA y cols., 2011).

Otros estudios han demostrado que la incidencia global de la mortalidad de la avifauna por colisión con aerogeneradores es relativamente baja pero que, sin embargo, estos constituyen una presión preocupante sobre especies y poblaciones con un precario estado de conservación (LUCAS y cols., 2007; TALAYERO-NAVALES y TELMO-MARTÍNEZ, 2011). Por otra parte, algunas especies, debido a su tipo de vuelo, comportamiento o gregarismo, son más propensas a sufrir colisiones, como por ejemplo las cigüeñas, las grullas, las gaviotas, los milanos y los buitres (TALAYERO-NAVALES y TELMO-MARTÍNEZ, 2011). Teniendo en cuenta lo anterior y la ausencia de este artículo sobre la mortalidad de la avifauna por colisión en parques eólicos aragoneses, los objetivos de esta investigación fueron los siguientes: *i*) estimar la magnitud de las colisiones sobre la avifauna en 48 parques eólicos, *ii*) identificar los parques que presentan mayor siniestralidad, *iii*) conocer qué especies se están viendo afectadas por colisión y *iv*) determinar la magnitud de la muerte por colisión en las especies afectadas.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Para la realización de este artículo se empleó la base de datos del Centro de Recuperación de Fauna Silvestre La Alfranca. Esta base de datos ha sido elaborada mediante las contribuciones de los agentes de protección de la naturaleza del Gobierno de Aragón, en diferentes parques eólicos del territorio de la comunidad autónoma durante el periodo 2002-2016. Se seleccionaron 31 parques eólicos (tabla I) y se agruparon otros debido a su proximidad y similitud de hábitat, considerándolos como un único parque (17 agrupaciones; tabla II). Se determinó el número de aerogeneradores en

los parques eólicos y de la base de datos se extrajo el número de especies afectadas, estimando así la tasa de colisión (número de colisiones / número de aerogeneradores) en cada uno de ellos. A cada especie se le otorgó un estatus migratorio: *E*, estival; *I*, invernante; *N*, nidificante; *P*, paso, y *S*, sedentario. Se indicó el número total de impactos y la catalogación de la especie según el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y según el Decreto 181/2005, de 6 de febrero, por el que se reguló el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón.

## RESULTADOS

De los parques estudiados, el que menor número de aerogeneradores presentó fue Cabezo Negro (Jaulín), con una sola unidad, y el de mayor número, San Juan de Bargas, con 56 aerogeneradores, seguido de Plana de Pola, en Tauste (tabla I). En 11 parques eólicos no se pudo determinar el número de aerogeneradores. El número total y la media de colisiones en estos parques fueron de 607 y de  $19,6 \pm 28,2$ , respectivamente. El parque eólico de San Juan de Bargas fue el de mayor incidencia de colisiones, con 140 casos, y los de menor incidencia, Albardilla Alta (Borja) y El Balcón del Buste (El Buste), con una sola colisión (tabla I). Las tasas de colisión más altas se detectaron en los parques La Loba (2,9), Raboseira (2,8), San Juan de Bargas (2,5) y Muel (2,3), mientras que los valores más bajos se encontraron en los parques Sierra de la Costera y Plana de Pola (0,1; tabla I).

Los parques eólicos, que se agruparon debido a su cercanía, en conjunto formaron parques con alto número de aerogeneradores (media =  $79,4 \pm 75,9$ ). Sin embargo, en cuatro de ellos no fue posible determinar el número total de aerogeneradores. El complejo de mayor tamaño se detectó en La Muela, con 267 unidades, y el de menor número fue el de La Sotonera, con 12 aerogeneradores (tabla II). La media de colisiones en estos parques fue de  $32,2 \pm 38,1$ , y el de Tardienta resultó ser el de mayor peligrosidad, con 137 colisiones, seguido de La Atalaya + El Águila + El Bayo + Los Monteros (113 colisiones) y Fuendetodos I y II (60 colisiones). El de menor incidencia fue

**Tabla 1.** Parques eólicos estudiados y colisiones de avifauna.

<i>Parques eólicos</i>	<i>Número de aerogeneradores</i>	<i>Número de colisiones</i>	<i>Tasa de colisión</i>
El Saso (Belchite)	30	28	0,9
La Loba (Mallén)	15	43	2,9
La Puntaza (Remolinos)	18	11	0,6
La Selva (Uncastillo)	27	23	0,9
Los Visos (Rueda de Jalón, Plasencia de Jalón y Fuendejalón)	25	38	1,5
Planas de María (María de Huerva)	32	14	0,4
Rabosera (Luna)	19	53	2,8
San Juan de Bargas (Magallón, Alberite de San Juan, Bureta y Borja)	56	140	2,5
Santo Cristo (Magallón)	20	33	1,7
Saso Plano (Almudévar)	49	52	1,1
Muel (Muel)	27	63	2,3
Farlete – Villamayor (Villamayor)	–	3	–
San Cristóbal (Aguilón)	–	10	–
Las Espardinas (Pastriz)	–	6	–
La Loteta (Luceni)	–	8	–
Río Gállego (Gurrea de Gállego)	40	7	0,2
Acampo Hospital (Zaragoza)	–	7	–
Sancho Abarca (Tauste)	5	8	1,6
Sierra de la Costera (Mezquita de Jarque)	48	8	0,1
Acampo Arias (La Cartuja)	6	6	1,0
Cabezo Negro (Jaulín)	1	2	2,0
Robres (Robres)	13	8	0,6
Los Monegros (Almudévar)	–	2	–
Plana de Pola (Tauste)	54	6	0,1
Saso Bajo (Borja)	–	3	–
Albardilla Alta (Borja)	–	1	–
Plana de Artajona (Tauste)	–	2	–
El Balcón del Buste (El Buste)	–	1	–
Los Cantales (Rueda de Jalón)	12	7	0,6
La Luisa (Rueda de Jalón)	–	9	–
Dehesa del Coscojar (Plasencia de Jalón)	25	5	0,2

Villa de los Ángeles, con un solo caso (tabla II). El total de colisiones en estos parques agrupados fue de 547. La tasa de colisión, en términos generales, resultó más baja que las detectadas para los parques sin agrupación (tablas I y II). La mayor tasa de colisión se detectó en La Sotonera (2,3), mientras que los valores mínimos se encontraron en El Boquerón (0,1) y en La Plana II + La Plana III + La Muela Norte + La Muela II + La Muela III + El Pilar + Aragón + La Carracha (La Muela), a pesar del elevado número de aerogeneradores (267; tabla II).

El total de aerogeneradores detectados en los 48 parques eólicos es de 1555, con un número de colisiones totales de 1213 (tablas I y II; + 59 casos de datos que faltan, en los que la base de datos no indica el parque eólico en el que se ha encontrado el ave colisionada). Las colisiones han afectado a 42 especies diferentes de 17 familias. La especie con mayor número de individuos afectados por colisión (NIAC) fue el buitre leonado, con 996 individuos, seguido del milano real (29 individuos), el cernícalo primilla (27 individuos), el milano negro (25 individuos), el cernícalo vulgar (19 individuos) y el águila culebrera (17 individuos). De las 42 especies afectadas, 29 presentaron menos de 5 colisiones (tabla III).

El estatus migratorio de las aves afectadas fue variable: se detectaron 38 especies que pueden ser clasificadas como nidificantes, 26 sedentarias, 13 estivales, 11 invernantes y 4 de paso (tabla III). Por tanto, los resultados indican un total de 26 especies afectadas por colisión que presentan un carácter migratorio (165 individuos afectados) y 16 especies colisionadas con un carácter estrictamente sedentario (1048 individuos afectados).

De las especies afectadas por colisión, 5 se encuentran incluidas en el *Catálogo español de especies amenazadas*, en la categoría “Vulnerable”: la cigüeña blanca, el buitre negro, el alimoche, el aguilucho cenizo y la ganga; en la categoría “En peligro” solo se halla el milano real. Las especies incluidas en el *Catálogo de especies amenazadas de Aragón* son el alimoche, el aguilucho cenizo, la ganga y la chova piquirroja, en la categoría “Vulnerable”; el milano real, el cernícalo primilla, la grulla y la alondra ricotí, en la categoría “Sensible a la alteración de hábitat”, y en la categoría de “Interés especial” se encuentran las especies cigüeña blanca, pardillo común y verdecillo (tabla III).



**Tabla II.** Unificación de parques eólicos debido a su cercanía y colisiones de avifauna.

<i>Parques eólicos</i>	<i>Número de aerogeneradores</i>	<i>Número de colisiones</i>	<i>Tasa de colisión</i>
La Atalaya + El Águila + El Bayo + Los Monteros (Pedrola)	165	113	0,7
La Plana II + La Plana III + La Muela Norte + La Muela II + La Muela III + El Pilar + Aragón + La Carracha (La Muela)	267	34	0,1
Sierra de la Virgen + Almarén unificado (Sestrica, Calatayud)	50	42	0,8
Sos del Rey Católico I y II (Sos del Rey Católico)	42	16	0,4
Tarazona Sur + Grisel (Tarazona)	30	15	0,5
Tardienta I + Tardienta II + Santa Quiteria (Tardienta)	167	137	0,8
Valdeconejos (Escucha + Utrillas)	38	13	0,3
La Sotonera (Alcalá de Gurrea + Gurrea de Gállego)	12	28	2,3
Fuendetodos I y II (Fuendetodos)	79	60	0,8
La Muela Alta (Bulbiente + Borja)	–	20	–
Villa de los Ángeles (Burgo de Ebro + Quinto)	–	1	–
La Sarda (Gurrea de Gállego)	–	13	–
Virgen de la Sierra (Villamayor)	–	3	–
El Boquerón (Bulbiente + Borja)	75	8	0,1
La Rabosera (Gurrea de Gállego + Luna + Ejea)	19	8	0,4
Las Lomas de San Just (Escucha + Utrillas)	14	13	0,9
La Serreta (Rueda de Jalón + Plasencia de Jalón)	75	23	0,3

## DISCUSIÓN

### *Parques eólicos y colisiones*

*A priori* se podría pensar en una correlación directa entre el número de aerogeneradores y el de colisiones de aves. No obstante, nuestros resultados muestran que algunos parques con un elevado número de aerogeneradores (267), como los de La Plana II + La Plana III + La Muela Norte + La

**Tabla III.** Especies afectadas por colisión en 16 parques eólicos aragoneses durante el periodo 2002-2016. Estatus migratorio: estival (E), invernante (I), nidificante (N), paso (P) y sedentario (S). Número de individuos afectados por colisión (NIAC). Categoría de amenaza a nivel nacional, *Catálogo español de especies amenazadas*, Real Decreto 139/2011 (RD139), y a nivel autonómico, *Catálogo de especies amenazadas de Aragón*, Decreto 181/2005 (D181): “En peligro” (EN), “Vulnerable” (VU), “Interés especial” (IE), “Sensible a la alteración del hábitat” (SAH).

<i>Especie</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Familia</i>	<i>Estatus migratorio</i>	NIAC	RD139	D181
Cigüeña blanca	<i>Ciconia ciconia</i>	<i>Ciconiidae</i>	E, P, S, N	2	VU	IE
Buitre leonado	<i>Gyps fulvus</i>	<i>Accipitridae</i>	S, N	996	–	–
Buitre negro	<i>Aegypius monachus</i>	<i>Accipitridae</i>	P	1	VU	–
Alimoche	<i>Neophron percnopterus</i>	<i>Accipitridae</i>	E, N	2	VU	VU
Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>	<i>Accipitridae</i>	S, N	8	–	–
Águila culebrera	<i>Circus gallicus</i>	<i>Accipitridae</i>	E, N	17	–	–
Águila calzada	<i>Aquila pennata</i>	<i>Accipitridae</i>	E, N	3	–	–
Milano real	<i>Milvus milvus</i>	<i>Accipitridae</i>	S, N, I	29	EN	SAH
Milano negro	<i>Milvus migrans</i>	<i>Accipitridae</i>	E, N	25	–	–
Aguilucho lagunero	<i>Circus aeruginosus</i>	<i>Accipitridae</i>	S, N, I	6	–	–
Aguilucho cenizo	<i>Circus pygargus</i>	<i>Accipitridae</i>	E, N	1	VU	VU
Busardo ratonero	<i>Buteo buteo</i>	<i>Accipitridae</i>	S, N, I	3	–	–
Abejero europeo	<i>Pernis apivorus</i>	<i>Accipitridae</i>	P	1	–	–
Gavilán común	<i>Accipiter nisus</i>	<i>Accipitridae</i>	S, N, I	2	–	–
Azor común	<i>Accipiter gentilis</i>	<i>Accipitridae</i>	S, N	1	–	–
Cernícalo vulgar	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falconidae</i>	E, S, N	19	–	–
Cernícalo primilla	<i>Falco naumanni</i>	<i>Falconidae</i>	E, N	27	–	SAH
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	<i>Falconidae</i>	S, N, I	3	–	–
Esmerejón	<i>Falco columbarius</i>	<i>Falconidae</i>	I	1	–	–
Grulla	<i>Grus grus</i>	<i>Gruidae</i>	I, P	1	–	SAH
Ganga	<i>Pterocles sp.</i>	<i>Pteroclididae</i>	S, N	1	VU	VU
Cuco común	<i>Cuculus canorus</i>	<i>Cuculidae</i>	E, N	1	–	–
Búho real	<i>Bubo bubo</i>	<i>Strigidae</i>	S, N	2	–	–
Mochuelo europeo	<i>Athene noctua</i>	<i>Strigidae</i>	S, N	4	–	–
Chotacabras europeo	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Caprimulgidae</i>	E, N	1	–	–
Vencejo común	<i>Apus apus</i>	<i>Apodidae</i>	E, N	5	–	–
Vencejo real	<i>Apus melba</i>	<i>Apodidae</i>	E, N	1	–	–
Cogujada común	<i>Galerida cristata</i>	<i>Alaudidae</i>	S, N	1	–	–

**Tabla III.** (continuación)

<i>Especie</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Familia</i>	<i>Estatus migratorio</i>	<i>NIAC</i>	<i>RD139</i>	<i>D181</i>
Cogujada montesina	<i>Galerida theklae</i>	<i>Alaudidae</i>	S, N	10	–	–
Alondra totovía	<i>Lullula arborea</i>	<i>Alaudidae</i>	S, N	2	–	–
Calandria común	<i>Melanocorypha calandra</i>	<i>Alaudidae</i>	S, N	10	–	–
Alondra ricotí	<i>Chersophilus duponti</i>	<i>Alaudidae</i>	S, N	1	VU	SAH
Colirrojo tizón	<i>Phoenicurus ochruros</i>	<i>Muscicapidae</i>	S, N, I	1	–	–
Collalba gris	<i>Oenanthe oenanthe</i>	<i>Muscicapidae</i>	E, N	1	–	–
Curruca capirotada	<i>Sylvia atricapilla</i>	<i>Sylviidae</i>	S, N, I	4	–	–
Reyezuelo listado	<i>Regulus ignicapilla</i>	<i>Regulidae</i>	S, N, I	3	–	–
Chova piquirroja	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	<i>Corvidae</i>	S, N	2	–	VU
Gorrión chillón	<i>Petronia petronia</i>	<i>Passeridae</i>	S, N	1	–	–
Pardillo común	<i>Carduelis cannabina</i>	<i>Fringilidae</i>	S, N, I	5	–	IE
Verdecillo	<i>Serinus serinus</i>	<i>Fringilidae</i>	S, N	1	–	IE
Escribano soteño	<i>Emberiza cirius</i>	<i>Emberizidae</i>	S, N	1	–	–
Escribano triguero	<i>Miliaria calandra</i>	<i>Emberizidae</i>	S, N	7	–	–

Muela II + La Muela III + El Pilar + Aragón + La Carracha (La Muela), presentan un reducido número de colisiones en el periodo estudiado (34), lo que resulta en una tasa de colisión: (0,1). Otros casos que confirman esta ausencia de correlación directa entre el número de aerogeneradores y el de colisiones de aves son los parques eólicos de El Boquerón, con 75 aerogeneradores y solo 8 colisiones (tasa de colisión 0,1), y los parques Planas de Pola, en Tauste y Sierra de la Costera, en Mezquita de Jarque, que presentan un número relativamente alto de aerogeneradores (54 y 48) y una tasa de colisión muy baja (tabla I). Nuestros resultados difieren de otros estudios, en los que se ha detectado una relación positiva entre el número de aerogeneradores y la tasa de colisión (THAXTER y cols., 2017). Estos autores relacionan el tamaño del aerogenerador y la tasa de colisión. A pesar de ello, recomiendan como medida de conservación y gestión priorizar la instalación de turbinas más grandes, capaces de generar más energía, antes que la instalación de un número elevado de aerogeneradores más pequeños.

La ausencia de correlación entre el número de aerogeneradores y una mayor mortalidad por colisión encontrada en nuestro estudio concuerda

con otras investigaciones en donde se priorizan las características del paisaje como variables, que pueden tener mayor magnitud sobre las colisiones que el tamaño de los parques eólicos (MARQUÉS y cols., 2014). Algunos accidentes geográficos, como crestas, pendientes pronunciadas, lagos y valles pueden ser más frecuentemente utilizados por algunas aves. Las crestas y las pendientes abruptas permiten que algunas especies aprovechen las corrientes de aire a gran velocidad. Estas mismas crestas, así como los valles, suelen generar masas de aire caliente ascendente (térmicas) que pueden ser aprovechadas por aves de gran tamaño para tomar altura. Otras zonas, como lagos y valles, son empleadas por las aves como espacios de caza, descanso o migración. Por ello, la instalación de aerogeneradores en estas zonas específicas puede generar un elevado número de colisiones en periodos de tiempo muy cortos (BARRIOS y RODRÍGUEZ, 2004; DREWITT y LANGSTON, 2008; KATZNER y cols., 2012). Es así como algunos estudios han demostrado una alta mortalidad por colisión de halcones en las crestas y los surcos, mientras que la mortalidad del águila real es mayor en aerogeneradores instalados en zonas de laderas (MARQUÉS y cols., 2014).

Teniendo en cuenta todo esto, se recomienda realizar un estudio detallado en cada uno de los parques con mayor tasa de colisión, especialmente en los de La Loba (2,9), Rabosera (2,8), San Juan de Bargas (2,5), Muel (2,3) y La Sotonera (2,3). En ellos se debería estudiar la tasa de colisión de cada uno de sus aerogeneradores, con el fin de determinar cuál o cuáles pueden estar provocando problemas de conservación, y en consecuencia establecer una gestión específica sobre esos aerogeneradores. Es importante tener en cuenta que existen evidencias de que el número de colisiones es mayor que el número de cadáveres encontrados (BARRIOS y RODRÍGUEZ, 2004), por lo que resulta relevante realizar seguimientos continuos y sistemáticos. Incluso se propone instalar cámaras de vídeo en dichos aerogeneradores, ya que algunas veces el ave es golpeada y no cae a los pies del mismo, sino en zonas aledañas, y en otras el ave es rápidamente predada.

### *Las aves afectadas por colisión*

De las 42 especies afectadas durante el periodo de estudio, el 33,3 % pertenece a la familia *Accipitridae*, el 11,9 % a la familia *Alaudidae* y el

9,5 % a la familia *Falconidae*; el resto de las familias presentan porcentajes inferiores al 5 % (tabla III), lo que demuestra que algunas son más sensibles a la colisión que otras. Y es que ciertos rasgos morfológicos de las aves, especialmente los relacionados con el tamaño, influyen en el riesgo de colisión (HERRERA-ALSINA y cols., 2013). Las aves de mayor tamaño, como las de la familia *Accipitridae*, a menudo usan corrientes ascendentes térmicas y orográficas para ganar altitud. Algunos estudios han determinado que la relación entre diferentes variables como el peso, la longitud del ala y de la cola y la longitud total pueden determinar un mayor o menor riesgo de colisión (JANSS, 2000). Aunque al parecer la relación entre el peso corporal y el área del ala (carga alar) es particularmente relevante, ya que influye en el tipo de vuelo (LUCAS y cols., 2008; HERRERA-ALSINA y cols., 2013). Es así como aves con mayor carga alar, como el buitre leonado, presentan mayor incidencia de colisiones con aerogeneradores en los mismos sitios que otras especies con menor carga alar, como pueden ser los busardos ratoneros y las águilas culebreras, y estos a su vez colisionan con mayor frecuencia que otras especies de menor carga alar (BARRIOS y RODRÍGUEZ, 2004). Esta relación directa entre carga alar y mayor incidencia de colisión también puede deberse a la menor maniobrabilidad y versatilidad de vuelo, lo que determina si un ave puede esquivar o escapar de otro individuo u objeto en movimiento lo suficientemente rápido como para evitar una colisión (LUCAS y cols., 2008). Todo esto concuerda con nuestros resultados, en donde la especie más afectada es el buitre leonado, seguida de milanos reales, milanos negros y águilas culebreras, todas estas especies con carga alar alta. Cabe resaltar que Aragón constituye una de las zonas con mayor abundancia de estas especies en España, lo que puede incrementar, por probabilidad, los accidentes con aerogeneradores.

La especie más afectada es el buitre leonado, con un total de 996 individuos (tabla III), lo que supone el 82,1 % del total de las colisiones detectadas en este artículo. Este número de colisiones resulta dramático al compararse con el resto de los incidentes en el resto de las especies; sin embargo, es un resultado que coincide con otras investigaciones en diferentes parques eólicos (LEKUONA, 2001; BARRIOS y RODRÍGUEZ, 2004; LUCAS, 2007; LEKUONA y URSÚA, 2007). Tanto los estudios de BARRIOS y RODRÍGUEZ (2004) llevados a cabo en dos parques eólicos situados en el estrecho de Gibraltar, una zona con un alto paso de aves migratorias, así

como el seguimiento de seis parques en Navarra (LEKUONA, 2001), sitúan al buitre leonado como la especie más afectada, con un porcentaje cercano al 60 %. Dicho porcentaje es inferior al detectado en nuestro estudio, debido probablemente a la alta abundancia de la especie en Aragón, principalmente en las provincias de Huesca y Zaragoza. Aragón cuenta con cerca de 5161 parejas reproductivas, que representan el 15,2 % de la población española, mientras que en Navarra y en Andalucía la abundancia es inferior (2680 y 4305 parejas, respectivamente, lo que supone el 8,7 % y el 13 %) (MORAL y MOLINA, 2018). Algunos estudios han demostrado que la abundancia de una especie no es un buen indicador de la frecuencia de colisión con aerogeneradores (LEKUONA y URSÚA, 2007; LUCAS y cols., 2008). No obstante, estos mismos autores concluyen que en el caso de los buitres leonados y de los milanos parece existir una correlación directa entre las dos variables.

Otras razones que pueden explicar el alto número de colisiones con aerogeneradores del buitre leonado son las siguientes: *i*) la morfología del ave, concretamente su alta carga alar, que implica escasa capacidad de maniobra, y el tipo de vuelo, que supone el uso de corrientes térmicas circulares ascendentes; *ii*) las grandes aves planeadoras tienen una gran capacidad de desplazamiento, que va en función de sus necesidades: alimentación (grandes áreas de búsqueda de presas o de carroña), dormideros, nidificación o dispersión juvenil (MUÑOZ-GALLEGO, 2014); el buitre leonado es capaz de realizar desplazamientos diarios en busca de alimento de hasta 300 kilómetros (MORAL y MOLINA, 2018), lo que le lleva a atravesar parques eólicos con mayor probabilidad que otras especies con una capacidad de vuelo inferior; y *iii*) la presencia de zonas de alimentación suplementaria para la especie (muldares) y de zonas frecuentadas por la especie, como basureros en áreas cercanas a parques eólicos, lo que podría estar favoreciendo la alta tasa de colisión con aerogeneradores (LEKUONA y URSÚA, 2007).

Las 996 colisiones de buitre leonado detectadas en nuestro artículo (tabla III) representan una disminución de la población aragonesa del 12,3 % durante el periodo estudiado. Este valor es alto de por sí, pero más aún si se tiene en cuenta que la población española de buitre leonado supone el 90 % de la población europea y que las comunidades autónomas con mayor abundancia de esta especie, como Castilla y León, Castilla – La Mancha, Aragón, Andalucía y Extremadura (MORAL y MOLINA, 2018), son zonas en

las que hay instalado un elevado número de aerogeneradores (ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA, 2017). Por todo ello, es muy relevante realizar seguimientos en los parques eólicos con el fin de detectar aerogeneradores que por su ubicación estén provocando una tasa de colisión alta y aplicar medidas correctoras.

En cuanto a las otras especies afectadas de la familia *Accipitridae*, los últimos censos de milano real en las provincias de Huesca y Zaragoza indican cerca de 205 parejas nidificantes (MOLINA, 2015). Los 29 casos detectados durante el periodo de estudio supondrían una reducción de la población de Huesca y Zaragoza de un 7 % si el problema afectase exclusivamente a las parejas nidificantes. Teniendo en cuenta la alta mortalidad de la especie debida a envenenamientos y colisiones con coches, tendidos eléctricos y aerogeneradores, se encuentra en la máxima categoría de amenaza en el *Catálogo español de especies amenazadas* (REAL DECRETO 139/2011) y como “Sensible a la alteración del hábitat” en la Comunidad Autónoma de Aragón (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2007).

Los censos de milano negro no son exactos en España, pero se han llegado a contabilizar cerca de 22 000 individuos que migran hacia el norte en los puertos del Somport y Portalet (SEO, 2018). Las colisiones detectadas en este estudio supondrían una reducción poblacional de cerca del 0,1 %, por lo que la colisión con aerogeneradores no estaría constituyendo una presión fuerte sobre la especie. No obstante, el milano negro ha sufrido un gran declive en las últimas décadas (SERGIO y cols., 2019); a pesar de ello, no se encuentra en ninguna categoría de amenaza a nivel nacional o aragonés.

Los censos de águila culebrera en Aragón son antiguos y rondaban las 200 parejas en 1998 (SAMPIETRO y cols., 1998). Teniendo en cuenta esas estimaciones, la reducción por colisión durante el periodo de estudio ha sido de un 4,2 %, lo que muestra una afección grave sobre las poblaciones aragonesas, aún más si se considera que es probable que los tamaños poblacionales hayan decrecido desde 1998. Resulta imprescindible actualizar los censos demográficos de esta especie en España y en Aragón.

La segunda más afectada por colisiones es la familia *Falconidae*, especialmente el cernícalo vulgar y el cernícalo primilla (tabla III). A pesar de tratarse de una familia y de dos especies con carga alar más baja

que el resto de las especies de la familia *Accipitridae*, su tipo de vuelo parece estar incidiendo sobre su alta tasa de colisión. Estas dos especies se caracterizan por mantenerse en vuelo en un mismo punto mientras detectan alguna presa, comportamiento que cerca de aerogeneradores en movimiento puede ser el responsable de la alta tasa de mortalidad. Las colisiones detectadas en el periodo estudiado supondrían una reducción de la población aragonesa relativamente importante para el cernícalo primilla (2,5 %), teniendo en cuenta los censos de 2004 (BOA, 2010). Los censos españoles para el cernícalo vulgar son de aproximadamente 24 000 individuos (MARTÍNEZ-PADILLA, 2016), por lo que la afección por colisión sería muy baja, del 0,07 %. Por último, cabe destacar que el carácter sedentario y colonial de los cernícalos en zonas con aerogeneradores y altas tasas de incidencia de colisión puede convertirse en un problema de conservación serio para dicha población.

La familia *Alaudidae* es la tercera más afectada por colisiones con aerogeneradores, concretamente la cogujada montesina y la calandria común, datos que resultan sorprendentes, ya que se trata de aves muy pequeñas y con vuelos muy ágiles. No obstante, es muy probable que las colisiones ocurran principalmente en primavera y verano, debido al comportamiento que varias especies de alondras exhiben en vuelo en la fase prenupcial, cuando alcanzan una altura muy vertical seguida de un descenso escalonado y una caída abrupta en línea vertical casi hasta el suelo. Este comportamiento puede estar favoreciendo esta incidencia de colisiones. Teniendo en cuenta que los tamaños poblacionales, tanto de la cogujada montesina como de la calandria común, superan el millón de individuos en Aragón (CARRASCAL y PALOMINO, 2008), el número de colisiones detectados en el periodo estudiado no constituye ningún problema de conservación para la especie.

### *El sesgo de muestreo*

Los resultados indican que el buitre leonado es la especie más afectada y que las rapaces son el grupo con mayor colisión, al ser las especies más halladas. Sin embargo, no es posible determinar si especies más pequeñas estarán presentando una alta colisión con aerogeneradores y esta no habrá sido detectada. Este sesgo puede deberse a varias razones: *i*) un cadáver de ave rapaz en general, y de buitre en particular, resulta mucho



menos apetecible que los de otras aves para depredadores como los zorros, por lo que su permanencia en el campo es superior al de otras especies; *ii*) una presencia alta de carnívoros en los parques eólicos, que rápidamente predan las especies afectadas; en los últimos años se viene detectando un aumento de la densidad de zorros en el entorno de los parques eólicos, ya que aprenden pronto que los aerogeneradores suponen una fuente de alimento; *iii*) el tamaño del ave es proporcional al tiempo que permanece en el campo y, por tanto, a la probabilidad de hallarla (BARRIOS y RODRÍGUEZ, 2004). En el caso de que el zorro u otros carnívoros, córvidos e incluso otros buitres preden sobre los cadáveres, los restos de buitre leonado tienen un volumen y un peso suficientes como para que casi siempre permanezca algo en el campo. Sin embargo, las aves de peso inferior al kilogramo son muy fáciles de ser transportadas fuera del área de estudio y, las especies más pequeñas, ser ingeridas de inmediato sin dejar rastro. Algunos estudios han demostrado que el 90 % de los cadáveres de los paseriformes no permanecen en el campo más de 24 horas (LEKUONA, 2001). Por todo lo anterior, es muy probable que la alta siniestralidad en buitres leonados sea solo la punta del iceberg y detrás de esto haya muchas más especies afectadas y en mayor número.

### *Recomendaciones*

La compatibilidad de la energía eólica con la avifauna puede ser posible, siempre y cuando se tomen una serie de medidas preventivas. Existen varias opciones para disminuir el impacto de los parques eólicos: *i*) la instalación de nuevos parques y aerogeneradores debería ir precedida de un estudio detallado del comportamiento de las aves en el lugar de instalación, lo que permitiría mejorar su diseño, minimizando la mortalidad de aves por colisión; *ii*) es relevante desarrollar programas de detección de colisiones en los parques eólicos con el fin de identificar aerogeneradores que puedan estar provocando una alta tasa de mortalidad, y en este sentido se recomienda realizar prospecciones frecuentes, ya que existe una probabilidad mayor de depredación de las aves más pequeñas y palatables; *iii*) los aerogeneradores se pueden hacer más visibles para las aves, y de hecho algunos estudios han mostrado una disminución en la tasa de mortalidad al pintarlos con colores más vistosos o con patrones que han mostrado ser efectivos

(ondas cuadradas blancas y negras que cubran el aspa en su totalidad; MCISAAC 2001); *iv*) la instalación de dispositivos que impidan que las aves se posen sobre las torres de los aerogeneradores, y *v*) la instalación de módulos de detección y prevención de colisiones como el DTBird (Liquen Consultoría Ambiental, S. L.) en los aerogeneradores con mayor incidencia de colisiones. Se trata de un sistema automático capaz de detectar aves en los 360 grados del aerogenerador a una distancia máxima de 600 metros; si el ave se acerca demasiado, el DTBird emite sonidos de advertencia. En el caso de que los sonidos sean ignorados por el ave, el mecanismo realiza automáticamente la parada y la reactivación del aerogenerador en función del riesgo de colisión en tiempo real.

Aunque en los parques eólicos españoles se han propuesto varias medidas correctoras, la eficacia de la mayoría de ellas apenas ha sido contrastada. El diseño de estas medidas y la comprobación de su eficacia deben ser específicos para cada parque; ya existen variables diversas como la geografía del terreno, la abundancia de especies y la composición de especies presentes en la zona que hacen que cada parque obedezca a una casuística diferente, lo que implica estudios individualizados y medidas correctoras diferentes (JOHNSON y cols., 2007). Teniendo en cuenta el escaso número de informes e investigaciones sobre colisiones de avifauna en parques eólicos españoles y aragoneses, se puede concluir que queda mucho por hacer en este campo de la gestión.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Gobierno de Aragón y al Centro de Recuperación de Fauna Silvestre La Alfranca la aportación de los datos empleados para la realización de esta investigación. A Beatriz La Cruz, su ayuda en algunos apartados de la investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA (2017). *Eólica 2017*. Disponible en <[https://www.aeolica.org/uploads/AEE\\_ANUARIO\\_17\\_web.pdf](https://www.aeolica.org/uploads/AEE_ANUARIO_17_web.pdf)>.
- ATIENZA, J. C., I. MARTÍN-FIERRO, O. INFANTE, J. VALLS y J. DOMÍNGUEZ (2011). *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0)*. SEO/BirdLife. Madrid.

- BARRIOS, L., y A. RODRÍGUEZ (2004). Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, 41: 72-81.
- BOLETÍN OFICIAL DE ARAGÓN (2010). Decreto 233/2010, de 14 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se establece un nuevo régimen de protección para la conservación del cernícalo primilla (*Falco naumanni*) y se aprueba el plan de conservación de su hábitat.
- CARRASCAL, L. M., y D. PALOMINO (2008). *Las aves comunes reproductoras en España. Población en 2004-2006*. SEO/BirdLife. Madrid.
- DREWITT, A. L., y R. H. W. LANGSTON (2008). Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals New York Academy of Science*, 1134: 233-266.
- GOBIERNO DE ARAGÓN (2007). *Catálogo de especies amenazadas de Aragón*. Departamento de Medio Ambiente. Zaragoza.
- HERRERA-ALSINA, L., R. VILLEGAS-PATRACA, L. E. EGUIARTE y H. T. ARITA (2013). Bird communities and wind farms: A phylogenetic and morphological approach. *Biodiversity Conservation*, 22: 2821-2836.
- JANSS, G. F. E. (2000). Avian mortality from power lines: A morphologic approach of a species-specific mortality. *Biology Conservation*, 95: 353-359.
- JOHNSON, G. D., M. D. STRICKLAND, W. P. ERICKSON y J. R. YOUNG (2007). Uso de datos para desarrollar medidas correctoras del impacto sobre las aves provocado por la instalación de parques eólicos. En M. D. Lucas, G. Janss y M. Ferrer (eds.), *Birds and wind farms: risk assessment and mitigation*. Quercus. Madrid.
- KATZNER, T. E., D. BRANDES, T. MILLER, M. LANZONE, C. MAISONNEUVE, J. A. TREMBLAY, R. MULVIHILL y G. T. MEROVICH. (2012). Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: Implications for on-shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology*, 49: 1178-1186.
- LEKUONA, J. M. (2001). *Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual*. Dirección General de Medio Ambiente. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- LEKUONA, J. M., y C. URSÚA (2007). Avian mortality in wind power plants of Navarra (Northern Spain). En M. D. Lucas, G. Janss y M. Ferrer (eds.), *Birds and wind farms: Risk assessment and mitigation*. Quercus. Madrid.
- LUCAS, M. de, G. F. E. JANSS y M. FERRER (2007). *Birds and wind farms: Risk assessment and mitigation*. Quercus. Madrid. 275 pp.
- LUCAS, M. de, G. F. E. JANSS, D. P. WHITFIELD y M. FERRER (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of Applied Ecology*, 45: 1695-1703.
- MARQUÉS, A. T., H. BATALHA, S. RODRIGUES, H. COSTA, M. J. RAMOS PEREIRA, C. FONSECA, M. MASCARENHAS y J. BERNARDINO (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179: 40-52.

- MARTÍNEZ-PADILLA, J. (2016). Cernícalo vulgar – *Falco tinnunculus*. En A. Salvador y M. B. Morales (eds.), *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- MCISAAC, H. P. (2001). Raptor acuity and wind turbine blade conspicuity. *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting*, IV: 59-87.
- MOLINA, B. (2015). *El milano real en España. III Censo Nacional. Población invernante y reproductora en 2014 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.
- MORAL, J. C. del, y B. MOLINA (2018). *El buitre leonado en España, población reproductora en 2018 y método de censo*. SEO/BirdLife. Madrid.
- MUÑOZ-GALLEGO, A. R. (2014). Infraestructuras energéticas y conservación de la diversidad biológica: el caso de los parques eólicos y los tendidos eléctricos. *Jábega*, 106: 47-59.
- REAL DECRETO 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- SAMPIETRO, F. J., E. PELAYO, F. HERNÁNDEZ, M. CABRERA y J. GUIRAL (1998). *Aves de Aragón: atlas de especies nidificantes*. Diputación General de Aragón/Ibercaja. Zaragoza.
- SAWIN, J. L. (2016). *Energías renovables 2016: reporte de la situación mundial*. Disponible en <<https://cutt.ly/7kjERoB>>.
- SERGIO, F., A. TANFERNA, J. CHICANO, J. BLAS, G. TAVECCHIA y F. HIRALDO (2019). Protected areas under pressure: Decline, redistribution, local eradication and projected extinction of a threatened predator, the red kite, in Doñana National Park, Spain. *Endangered Species Research*, 38: 189-204 (DOI: 10.3354/esr00946).
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ORNITOLOGÍA (SEO) (2018). *Más de 20 000 milanos negros protagonizan el paso migratorio de aves por Aragón*. Disponible en <<https://cutt.ly/PkjYPYo>>.
- STEWART, G. B., A. S. PULLIN y C. F. COLES (2005). Effects of Wind Turbines on Bird Abundance (systematic review). CEE review 04-002 (SR4). *Collaboration for Environmental Evidence review*: 04-002 (SR4). Disponible en <<https://cutt.ly/KkjE28Q>>.
- TALAYERO-NAVALES, A. P., y E. TELMO-MARTÍNEZ (2011). *Energía eólica*. Prensas de la Universidad de Zaragoza (Colección de Textos Docentes; Serie energías renovables, 140). Zaragoza.
- THAXTER, C. B., G. M. BUCHANAN, J. CARR, H. STUART, M. BUTCHART, T. NEWBOLD, R. E. GREEN, J. A. TOBIAS, W. B. FODEN, S. O'BRIEN y J. W. PEARCE-HIGGINS (2017). Bird and bat species global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proceedings of the Royal Society B*, 284 (1862) (DOI: 10.1098/rspb.2017.0829).

## **EXAMEN DE MUESTRAS MINERALES DE LAS MINAS DE BIELSA Y ERISTE**

Pablo MARTÍN-RAMOS<sup>1</sup> | Mariella MOLDOVAN-FEIER<sup>2</sup> |  
Jesús MARTÍN-GIL<sup>3</sup> | Mariano OLIVÁN<sup>4</sup> | José Antonio CUCHÍ<sup>5</sup>

**RESUMEN.**— El presente artículo presenta el análisis mineralógico e isotópico de muestras de mineral y escorias de las minas de plomo de Bielsa y Eriste, como parte de un estudio isotópico de este elemento en el Pirineo oscense.

**ABSTRACT.**— This work presents the mineralogical and isotopic analysis of ore and slag samples from the lead mines of Bielsa and Eriste, as part of an isotopic study of this element in the Pyrenees.

**KEYWORDS.**— Isotopic analysis. X rays fluorescence. Lead. Pyrenees. Bielsa, Eriste (Huesca, Spain).

Recepción del original: 10-1-2020

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [pmr@unizar.es](mailto:pmr@unizar.es)

<sup>2</sup> Departamento de Química Física y Analítica. Universidad de Oviedo. Julián Clavería, 8. E-33006 Oviedo. [moldovanmariella@uniovi.es](mailto:moldovanmariella@uniovi.es)

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Agroforestal. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Avenida de Madrid, 44. E-34004 Palencia. [mgil@iaf.uva.es](mailto:mgil@iaf.uva.es)

<sup>4</sup> Sección de Espeleología del Club Atlético Sobrarbe. [marianoolivan@gmail.com](mailto:marianoolivan@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

Es conocida la existencia de mineralizaciones de plomo en el Pirineo del Alto Aragón, especialmente en Panticosa (Yenefrito), Bielsa (Parzán, Chisagüés, Barrosa, Suelza) y Benasque (Eriste, Castanesa, Fonchanina, Aстет), que fueron señaladas por MAESTRE (1845), ALDAMA (1846) y MALLADA (1876). A estas hay que añadir las cercanas minas de la cabecera del Noguera Ribagorzana (Cierco).

Las minas fueron trabajadas desde un pasado remoto, con probable interés en el contenido en plata de la galena. Es difícil identificar antiguas labores dado que las posteriores reutilizan y modifican las previas. Las primeras citas históricas son medievales, con repuntes de actividad en el siglo XVIII (ASSO, 1798) y, sobre todo, desde mediados del XIX hasta 1920, al final de la Primera Guerra Mundial. La actividad de alguna mina, sobre todo en Bielsa, continuó hasta después de la Guerra Civil (MAESTRE, 1845; ALDAMA, 1846; MADOZ, 1845-1850; MALLADA, 1876; CALVO y cols., 1988; CUCHÍ y VILLARROEL, 2017).

Varios autores (GALLARDO FERNÁNDEZ, 1808; BLÁZQUEZ, 1970; DAVIES, 1935; HEALY, 1978; SUBÍAS y cols., 2008) sugieren la explotación de alguna de estas minas para la obtención de plata, componente minoritario de la galena, durante las épocas ibérica y romana, a partir de la acuñación de monedas de este metal (el *argentum* oscense) por Bolskan/Osca. DOMERGUE (1990) niega la existencia de un distrito minero oscense a pesar del cuño TL Osca en un lingote de plomo procedente de un pecio de la isla de Cabrera presentado en VENY (1979).

Como fase previa para valorar la hipótesis de una minería romana de plomo en el Alto Aragón es necesario analizar la composición isotópica del plomo de mineral de plomo y artefactos romanos encontrados en el entorno del valle del Ebro. En esta línea de completar estudios sobre la posibilidad mencionada, el presente artículo ofrece información mineralógica sobre algunas muestras de mineral y escorias de Bielsa (mina Ana) y Eriste (fundición de Tramarrius).

## MARCO GEOLÓGICO

Las características mineralógicas de las zonas mineras con galena en el Alto Aragón han sido estudiadas por diversos autores: ROMERO (1929), IGME (1974), JOHNSON y cols. (1996) y, sobre todo, FANLO y cols. (1998), SUBÍAS y cols. (1997, 2008, 2010 y 2015) y YUSTE y cols. (1995 y 1998).

Más información sobre las minas del valle de Benasque puede encontrarse en <<http://www.fundacion-hospital-benasque.org>>. Para el valle de Bielsa, consúltese el trabajo de VIVEZ (1997).

## MUESTREO

En la mina Ana (figs. 1-4) se dispuso de una muestra de interior proporcionada por Mariano Oliván (muestra de mina Ana 1, fig. 5) y se realizó una visita al exterior el 11 de noviembre de 2017 (muestra de mina Ana 2, fig. 6). En el valle de Eriste, el 24 de noviembre del mismo año se realizó una visita a la antigua fundición de Tramariius (fig. 7) y a la escombrera vecina, donde se tomaron una muestra de mineral (fig. 8, izquierda) y otra de escoria (fig. 8, derecha).



**Fig. 1.** Imagen exterior de la mina Ana (Bielsa).





**Fig. 2.** Escombrera de la mina Ana.



**Figs. 3-4.** Detalle de la mina Ana y mineral en escombrera.



**Fig. 5.** Muestra de mina Ana 1 (interior de la mina).



**Fig. 6.** Muestra 2 de la mina Ana (exterior de la mina).





**Fig. 7.** Detalle de la fundición de Tramarius (Eriste).



**Fig. 8.** Muestras de mineral (izquierda) y de escoria (derecha) de Tramarius.

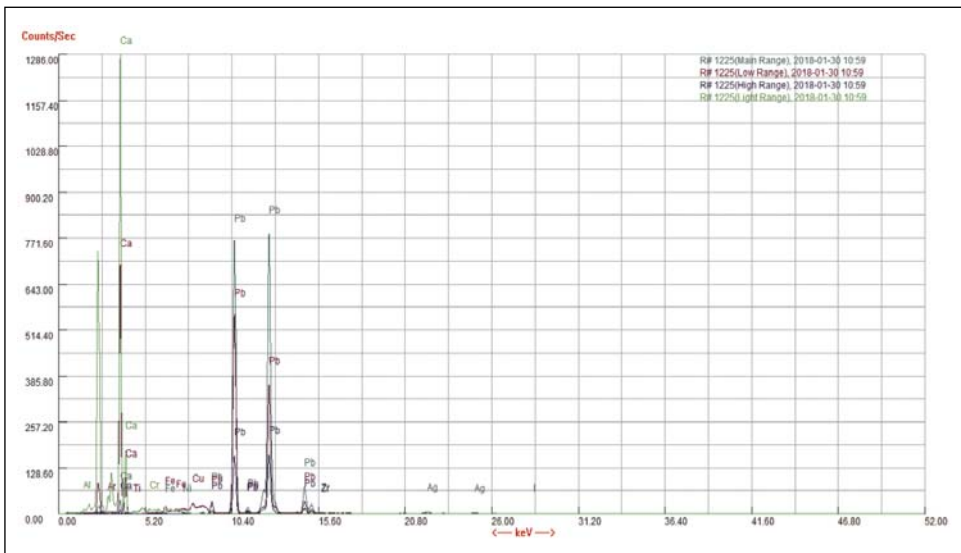
## ANÁLISIS DE MUESTRAS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (XRF)

### Metodología

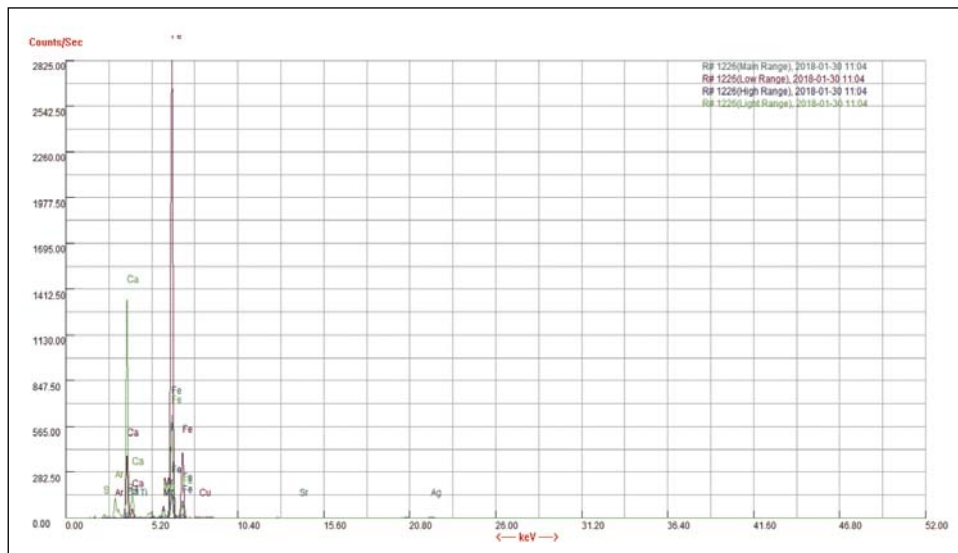
La composición de elementos mayoritarios (salvo Na y C) y minoritarios se determinó directamente sobre muestras (sin reducir las a polvo) usando un espectrómetro XRF portátil modelo Niton XL3t (Thermo Fisher Scientific), en el modo TestAll™ Geomode de análisis rápido de elementos mayoritarios y traza. Tubo de rayos: ánodo de oro, 50 kV, 200  $\mu$ A. Los datos se procesaron en el *software* Niton Data Transfer (NDT™) PC *software suite*.

### Resultados y discusión

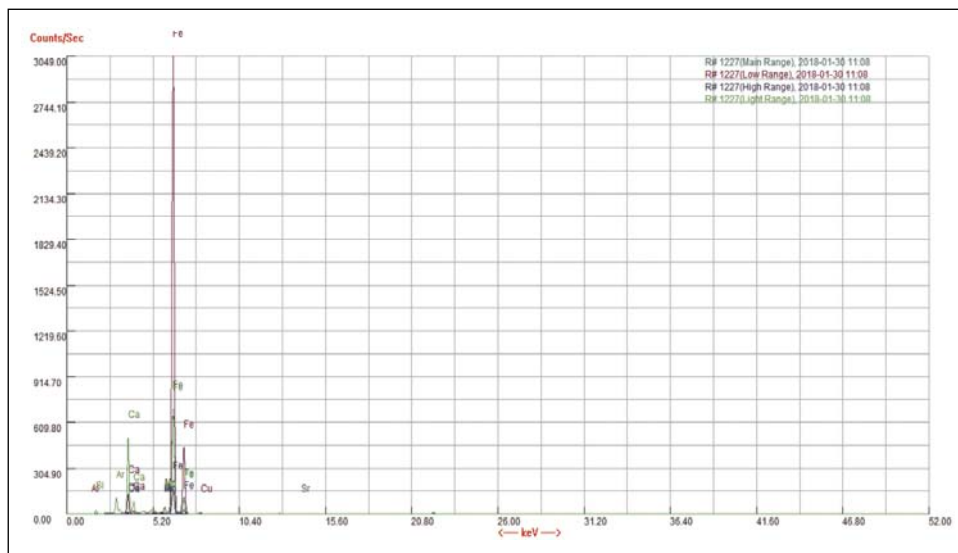
De la mina Ana se realizaron cuatro análisis de XRF. De la muestra 1, muy homogénea, solo se hizo un análisis, mientras que de la muestra 2, mucho más heterogénea, tres diferentes XRF. Los registros XRF (figs. 9-12) permiten identificar la presencia de galenas impurificadas con fluorita, carbonatos mixtos de hierro y granates.



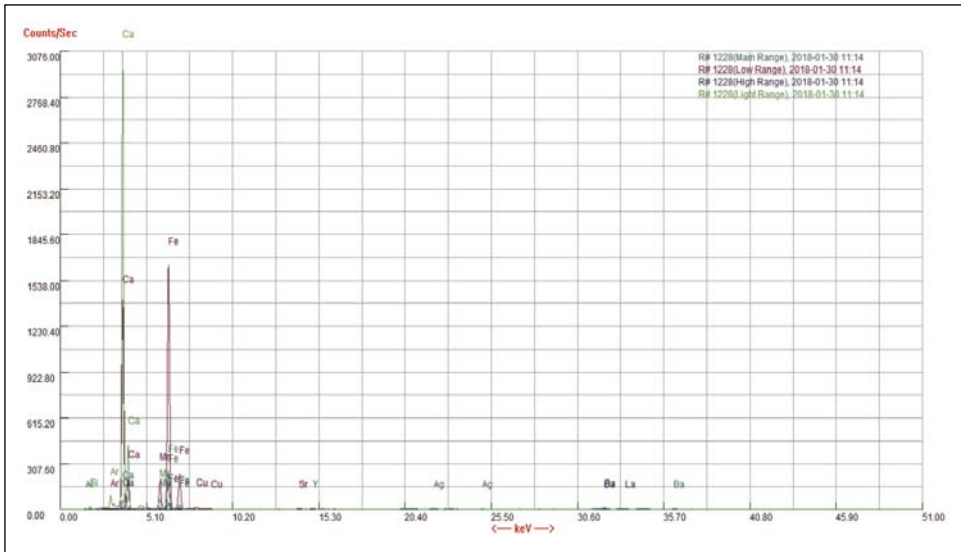
**Fig. 9.** Bielsa (mina Ana 1). Mineral de composición: Pb (39,48 %), Ca (32,7 %), S (14,63 %), Al (1,02 %), Si (1,12 %). Puede corresponder a galena impurificada con minerales ganga como fluorita y a granates como glosularita ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{12}$ ).



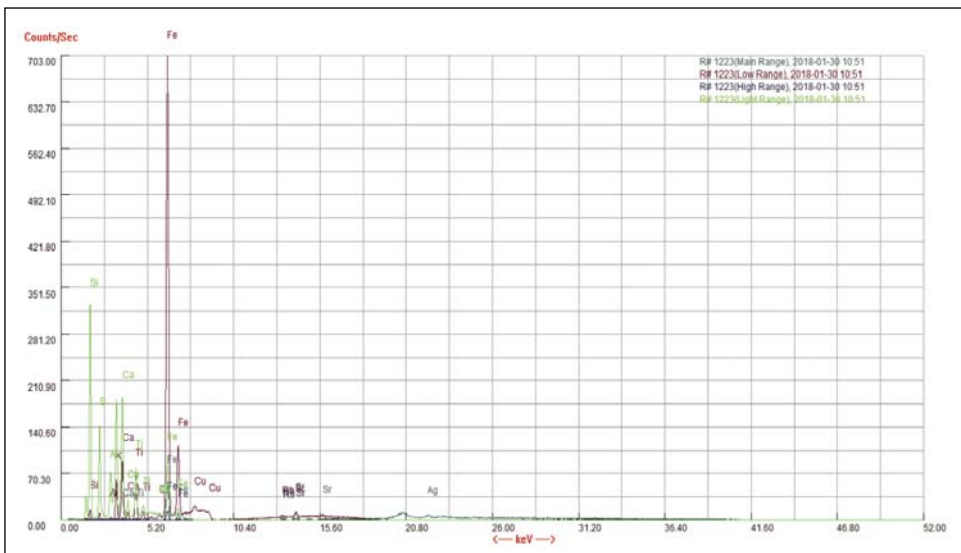
**Fig. 10.** Bielsa (mina Ana 2a). Mineral: Fe (48,42 %), Ca (14,44 %), Mn (1,04 %), Si (0,80 %), Al (0,42 %). Puede corresponder a carbonatos mixtos de calcio y hierro, tipo calciosiderita  $[(\text{Fe,Ca})\text{CO}_3]$ , con restos de granates.



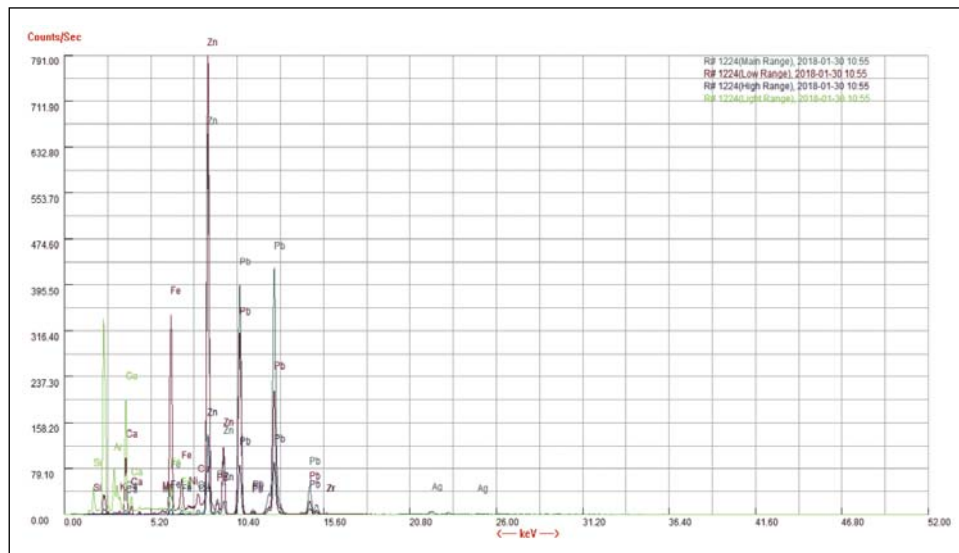
**Fig. 11.** Bielsa (mina Ana 2b). Mineral: Fe (55,6 %), Ca (6,21 %), Si (2,35 %), Mn (0,57 %), Al (0,33 %). Puede corresponder a carbonatos mixtos de hierro y calcio o a una mezcla de pirita y fluorita, con granates tipo grosularita como componentes minoritarios.



**Fig. 12.** Bielsa (mina Ana 2c). Mineral: Fe (16,03 %), Ca (32,81 %), Mn (1,80 %), Si (0,95 %). Composición acorde con una mezcla de minerales como fluorita y grosularita.



**Fig. 13.** Eriste. Mezcla mineral con la composición Si (24,82 %), Al (7,50 %), Fe (3,64 %), S (3,50 %), Ca (2,27 %), Ti (0,71 %). Puede tratarse de una mezcla de las especies minerales almandina ( $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) y schorlomita ( $\text{Ca}_3(\text{Ti},\text{Fe}^{3+})_2(\text{Si},\text{Fe})_3\text{O}_{12}$ ).



**Fig. 14.** Eriste. Escoria con concentrado de plomo y cinc [Pb (27,44 %) y Zn (22,95 %)], a partir de minerales que debían de contener galena y esfalerita, con restos de almandina y glosuralita [Ca (4,52 %), Si (4,46 %), Fe (3,64 %)].

En las muestras de Eriste (figs. 13-14) se han encontrado minerales ricos en almandina, schorlomita y glosuralita y un concentrado de plomo y cinc [Pb (27,44 %) y Zn (22,95 %)] procedente de minerales que debían de contener galena y esfalerita.

## ANÁLISIS ISOTÓPICO

### Metodología

**Digestión de las muestras.** Para esta operación se tomó una cantidad de muestra variable en función de la disponibilidad de la misma: 0,097 g para la de Benasque (Eriste) y 0,052 g para la de Bielsa (mina Ana). Estas muestras se colocaron en sendos viales de PFA de 15 mililitros con fondo plano y tapón de rosca. A continuación se añadieron 8 mililitros de agua regia ( $\text{HCl}/\text{HNO}_3$ , 3:1) y se calentaron en una placa calefactora a una temperatura de 110 °C durante 24 horas. Tras la consiguiente evaporación hasta sequedad, se añadieron 2 mililitros de  $\text{HNO}_3$  1M y los viales cerrados se calentaron nuevamente a 110 °C durante 30 minutos, dejando las muestras

preparadas para la separación química del plomo de su matriz, la cual se llevó a cabo utilizando la resina selectiva PbSpec.

**Separación del plomo de la matriz de la muestra.** A aproximadamente 15 g de resina se le añadieron 100 mililitros de agua Milli-Q. El sobrenadante se reemplazó por agua Milli-Q (dos veces) y la resina se cargó en una columna Bio-Rad de polipropileno con el fin de obtener una base de 0,5 mililitros de resina. Las columnas de separación se lavaron antes de su uso mediante un protocolo de limpieza de tres pasos, consistente en inmersiones sucesivas (24 horas cada una) en baños de HCl *sub-boiling* 10 % (v/v), HNO<sub>3</sub> *sub-boiling* 10 % (v/v) y agua Milli-Q. Una vez cargada la resina, se añadieron 2 mililitros de agua Milli-Q para eliminar el posible plomo residual. Inmediatamente después, se utilizó 1 mililitro de HNO<sub>3</sub> 1M para el acondicionamiento de la resina, seguido de la adición de 1 mililitro de muestra en medio HNO<sub>3</sub> 1M. A continuación se eliminó la matriz de la muestra mediante el empleo de 6 mililitros de HNO<sub>3</sub> 0,14M. La elución del plomo se realizó con 5 mililitros de oxalato de diamonio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O] 0,05M, que posteriormente se evaporaron hasta sequedad a 110 °C. Tras ello, se adicionaron 4 mililitros de agua regia (HCl/HNO<sub>3</sub> 3:1) para digerir el posible contenido orgánico introducido por el oxalato de diamonio. Tras calentar 24 horas a 110 °C, las muestras se evaporaron nuevamente hasta sequedad y, finalmente, se redisolviéron en 2 mililitros de HNO<sub>3</sub> 0,42 M.

**Medida de relaciones isotópicas de plomo mediante MC-ICP-MS.** Las fracciones de plomo puro obtenidas se diluyeron con HNO<sub>3</sub> 0,42M, en relación 1 : 100. Todas las muestras se introdujeron en el equipo MC-ICP-MS (Neptune, Thermo Scientific) siguiendo la secuencia estándar – muestra – estándar (*sample standard bracketing*). Para este propósito se utilizó una disolución de 200 µg·L<sup>-1</sup> del material de referencia certificado en composición isotópica de plomo NIST SRM 981. Además, también se añadió (ajustando su concentración a 100 µg·L<sup>-1</sup>) el material de referencia NIST SRM 997, certificado en composición isotópica de talio, muestras y estándares para poder corregir el efecto de discriminación de masas mediante normalización externa. Tras la medida de cada disolución, el sistema de introducción de muestra se lavó con una disolución de HNO<sub>3</sub> 0,42M hasta que las intensidades de las diferentes relaciones m/z monitorizadas alcanzaron nuevamente valores de blanco. En este punto, las muestras ya están listas para su

medida. Los parámetros de adquisición del equipo MC-ICP-MS para la medida de las relaciones isotópicas de plomo se muestran en la tabla I.

**Tabla I.** Parámetros de adquisición del equipo MC-ICP-MS para la medida de las relaciones isotópicas.

<i>Parámetros instrumentales MC-ICP-MS</i>					
Potencia RF aplicada		1210 W			
Flujo de gas plasmógeno		15 L/min			
Flujo de gas auxiliar		0.75 L/min			
Flujo de gas portador		0.9 L/min			
Posición de la antorcha		X: 2,430 mm; Y: -0,320 mm; Z: -3,030 mm			
Tiempo de integración		4,194 s			
Número de ciclos		50			
Número de bloques		1			
<i>Configuración de copas MC-ICP-MS</i>					
L2 <sup>203</sup> Tl	L1 <sup>204</sup> Pb	C <sup>205</sup> Tl	H1 <sup>206</sup> Pb	H2 <sup>207</sup> Pb	H3 <sup>208</sup> Pb

## Resultados y discusión

Los resultados de los cocientes isotópicos obtenidos en el presente artículo se presentan en la tabla II.

**Tabla II.** Datos propios sobre relaciones isotópicas en minas del Pirineo oscense.

<i>Mineralización</i>	$\frac{Pb^{206}}{Pb^{204}}$	2s	$\frac{Pb^{207}}{Pb^{204}}$	2s	$\frac{Pb^{208}}{Pb^{204}}$	2s	$\frac{Pb^{207}}{Pb^{206}}$	2s	$\frac{Pb^{208}}{Pb^{206}}$	2s
Bielsa, mina Ana	18,4509	0,0216	15,6815	0,0197	38,6815	0,0546	0,8499	0,0003	2,0965	0,0011
Ériste	18,4680	0,0108	15,7099	0,0117	38,5836	0,0339	0,8507	0,0002	2,0892	0,0008

2s = incertidumbre.

Se han recopilado los resultados de SUBÍAS y cols. (2015) y de GARCÍA-SANSEGUNDO y cols. (2014) para minas cercanas (tablas III-IV). En dichos estudios, el cociente  $Pb^{207}/Pb^{206}$  tiene un valor medio de 0,852 para Bielsa-Parzán y de 0,859 para Benasque. El valor moda para Bielsa-Parzán es 0,850 (un valor muy similar al obtenido en el presente artículo para la mina Ana). En lo que respecta a los valores medios de los cocientes  $Pb^{208}/Pb^{206}$ ,



son de 2,101 para Bielsa-Parzán y de 2,103 para Benasque. Con estos resultados parece posible proponer, como relaciones isotópicas características de las zonas mineras del Pirineo oscense, los valores  $Pb^{207} / Pb^{206} = 0,855 \pm 0,005$  y  $Pb^{208} / Pb^{206} = 2,102 \pm 0,009$ .

**Tabla iii.** Cocientes isotópicos de mineralizaciones de plomo de Bielsa-Parzán (SUBÍAS y cols., 2015).

<i>Mineralización</i>	$Pb^{206} / Pb^{204}$	$Pb^{207} / Pb^{204}$	$Pb^{208} / Pb^{204}$	$Pb^{207} / Pb^{206}$	$Pb^{208} / Pb^{206}$
Bielsa-Parzán, <i>Ana 1</i>	18,518	15,678	38,912	0,846	2,101
Bielsa-Parzán, <i>P4-7</i>	18,488	15,753	38,563	0,852	2,086
Bielsa-Parzán, <i>PF5-1</i>	18,239	15,865	38,762	0,869	2,125
Bielsa-Parzán, <i>PS-4</i>	18,589	15,808	39,142	0,850	2,106
Bielsa-Parzán, <i>PS-5</i>	18,595	15,812	39,157	0,850	2,106

**Tabla iv.** Cocientes isotópicos de mineralizaciones de plomo de Benasque (GARCÍA-SANSEGUNDO y cols., 2014)

<i>Mineralización</i>	$Pb^{206} / Pb^{204}$	$Pb^{207} / Pb^{204}$	$Pb^{208} / Pb^{204}$	$Pb^{207} / Pb^{206}$	$Pb^{208} / Pb^{206}$
Benasque 1	18,087	15,690	38,299	0,867	2,117
Benasque 2	18,094	15,692	38,321	0,867	2,118

Estos valores son significativamente diferentes de los de las áreas plumíferas de Cartagena ( $Pb^{207} / Pb^{206} = 0,837 \pm 0,001$ ;  $Pb^{208} / Pb^{206} = 2,083 \pm 0,002$ ) (TRINCHERINI y cols., 2009), Almería ( $Pb^{207} / Pb^{206} = 0,813-0,835$ ;  $Pb^{208} / Pb^{206} = 2,072-2,018$ ) o Andújar ( $Pb^{207} / Pb^{206} = 0,835$ ;  $Pb^{208} / Pb^{206} = 2,066 \pm 0,027$ ). Sin embargo, guardan similitud con los de las zonas de Alcudia-Almadén ( $Pb^{207} / Pb^{206} = 0,859$ ;  $Pb^{208} / Pb^{206} = 2,106$ ) y, especialmente, con Linares–La Carolina ( $Pb^{207} / Pb^{206} = 0,856$ ;  $Pb^{208} / Pb^{206} = 2,102$ ), que se presentan en la tabla v. Resulta, pues, obligado, para establecer las relaciones isotópicas características (*isotopic signature*) de las zonas estudiadas del Pirineo oscense, incluir un requerimiento adicional, bien sea el valor de la relación  $Pb^{206} / Pb^{204}$  o, mejor, el de la relación  $Pb^{207} / Pb^{204}$ .

Los cocientes  $Pb^{206} / Pb^{204}$  tienen una larga historia en geoquímica y han sido utilizados para establecer la edad del mineral. Valores del cociente  $Pb^{206} / Pb^{204}$  por debajo de 18,5 corresponden a dominios del alpino antiguo (< 90-Ma) y, en particular, a los del Egeo y cordilleras Cantábrica y Bética; y valores por encima de 18,6 corresponden al mucho más antiguo



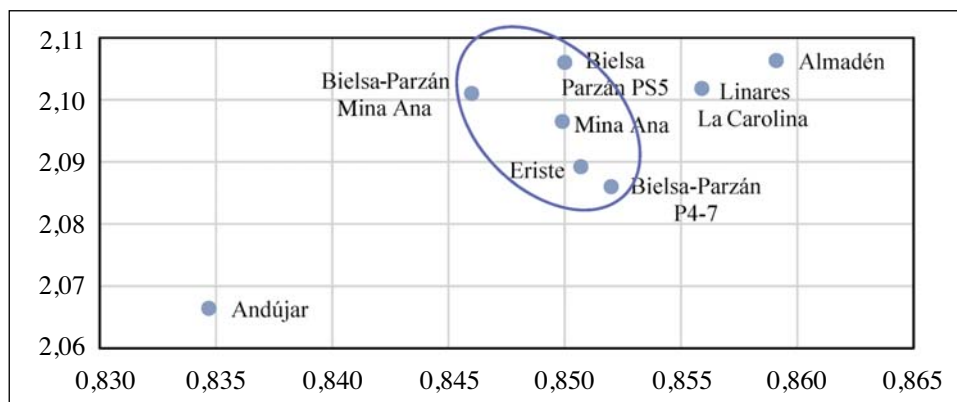
**Tabla v.** Datos sobre relaciones isotópicas en minas del sur peninsular (KLEIN y cols., 2009).

Mineralización	$Pb^{206} / Pb^{204}$	$Pb^{207} / Pb^{204}$	$Pb^{208} / Pb^{204}$	$Pb^{207} / Pb^{206}$	$Pb^{208} / Pb^{206}$
Andújar	18,7639	15,6563	38,74378	0,8347	2,0664
Alcudia-Almadén	18,1855	15,5238	38,3052	0,8591	2,1063
Linares – La Carolina	18,2419	15,6125	38,3470	0,8559	2,1018

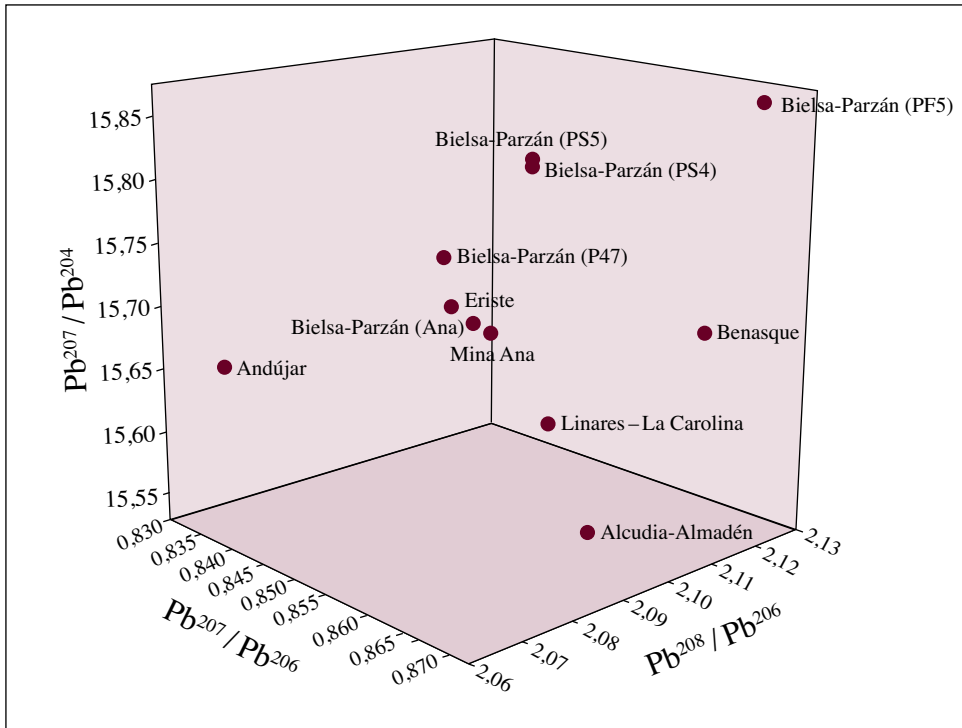
basamento herciniano (250- a 400- Ma) (DESAULTY y cols., 2011). Las minas de Benasque presentan valores de  $Pb^{206} / Pb^{204}$  por debajo de 18,5 (como las de Alcudia-Almadén, Linares – La Carolina y Cerro del Plomo); las de Bielsa-Parzán, entre 18,5 y 18,6; y las de Azuaga – Fuente Obejuna, Cartagena-Mazarrón y cabo de Gata varían entre 18,7 y 19,3.

Para la zona pirenaica, los valores del cociente  $Pb^{207} / Pb^{204}$  se mantienen por encima del valor de corte 15,68, ligeramente por encima de los de Cartagena y Almería (15,67) y significativamente superiores a los de Alcudia-Almadén (15,52), Linares – La Carolina (15,61) y Cerro del Plomo (15,40-15,63) y Andújar-Montoro (15,65).

Alternativa a las anteriores, a efectos de discriminación, es la utilización de las representaciones  $^{208}Pb / ^{206}Pb$  vs.  $^{207}Pb / ^{206}Pb$  (fig. 15), que reducen el ruido analítico eliminando las correlaciones inducidas por los errores de conteo relativamente altos asociados a las bajas abundancias de  $^{204}Pb$ ; o la de representaciones tridimensionales  $^{208}Pb / ^{206}Pb - ^{207}Pb / ^{206}Pb - ^{207}Pb / ^{204}Pb$  (fig. 16).



**Fig. 15.** Diagrama de dispersión  $^{208}Pb / ^{206}Pb$  vs.  $^{207}Pb / ^{206}Pb$  para mineralizaciones pirenaicas y de las cordilleras Béticas.



**Fig. 16.** Representación tridimensional  $^{208}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$  para mineralizaciones pirenaicas y de las cordilleras Béticas.

## CONCLUSIONES

En la escombrera de fundición de Eriste se han encontrado concentrados de plomo y cinc [ $\text{Pb}$  (27,44 %),  $\text{Zn}$  (22,95 %)] procedente de minerales que debían de contener galena y esfalerita, junto con restos de almandina, schorlomita y glosuralita. En las muestras de mineral de la mina Ana se ha caracterizado la presencia de galenas impurificadas con minerales ganga como fluorita, carbonatos mixtos de hierro, granates y sulfuros mixtos de antimonio.

Las zonas mineras del Pirineo oscense que han sido objeto de estudio presentan valores de los cocientes isotópicos de  $Pb^{207}/Pb^{206} = 0,850-0,867$ ,  $Pb^{208}/Pb^{206} = 2,089-2,118$  y  $Pb^{207}/Pb^{204} > 15,68$ , los cuales permiten su diferenciación de los de otras procedencias mineras peninsulares.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la información de Rafael Vidaller sobre las minas de plomo de Eriste. A los componentes de la sección de espeleología del Club Atlético Sobrarbe, por sus trabajos en la mina Ana. A M.<sup>a</sup> Carmen Ramos, por su colaboración en el muestreo de la escombrera de la mina Ana. Agradecemos también la colaboración, en la búsqueda de documentación, del personal de las bibliotecas de la Escuela Politécnica Superior de Huesca y del IEA, así como del Archivo Histórico Provincial de Huesca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAMA, J. (1846). Apuntes geognósticos-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*, IV: 191-233.
- ASSO, I. J. de (1798). *Historia de la economía política de Aragón*. Francisco Magallón. Zaragoza. 487 pp.
- BLÁZQUEZ, J. M. (1970). Fuentes literarias griegas y romanas referentes a las explotaciones mineras de la Hispania romana. En *VI Congreso Internacional de Minería. La minería hispana e iberoamericana: contribución a su investigación histórica: estudios, fuentes, bibliografía*, I: 117-150. Cátedra de San Isidoro. León.
- CALVO, M., J. BESTEIRO, E. SEVILLANO y A. POCOVÍ (1988). *Minerales de Aragón*. Mira Editores. Zaragoza. 142 pp.
- CUCHÍ, J. A., y J. L. VILLARROEL (2017). Materiales para una historia de la minería en el Alto Aragón. *Aragonito*, 27: 37-39.
- DAVIES, O. (1935). *Roman Mines in Europe*. UP Oxford. Oxford. 291 pp.
- DESAULTY, A. M., P. TELOUKA, E. ALBALATA y F. ALBARÈDE (2011). Isotopic Ag-Cu-Pb record of silver circulation through 16<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> century Spain. *PNAS*, 108 (22): 9002-9007 (DOI: 10.1073/pnas.1018210108).
- DOMERGUE, C. (1990). *Les mines de la Péninsule Ibérique dans l'antiquité romaine*. École Française de Rome (Collection de l'École Française de Rome, 127, n.º 1). 626 pp. Persée – Portail des revues scientifiques en SHS.
- FANLO, I., J. C. TOURAY, I. SUBÍAS y C. FERNÁNDEZ-NIETO (1998). Geochemical patterns of a sheared fluorite vein, Parzan, Spanish Central Pyrenees. *Mineralium Deposita*, 33 (6): 620-632.
- GALLARDO FERNÁNDEZ, F. (1808). *Origen, progresos y estado de las rentas de la Corona de España*. Imprenta Real. Madrid.
- GARCÍA SANSEGUNDO, J., A. MARTÍN IZARD y J. GAVALDÀ (2014). Structural control and geological significance of the Zn-Pb ores formed in the Benasque Pass area (Central

- Pyrenees) during the post-late Ordovician extensional event of the Gondwana margin. *Ore Geology Reviews*, 56: 516-527 (DOI: 10.1016/j.oregeorev.2013.06.001).
- HEALY, J. F. (1978). *Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World*. Thames and Hudson. Londres.
- IGME (1974). *Mapa metalogenético de España. Escala 1 : 200 000. Hoja 23 (Huesca)*. IGME. Madrid. Memoria, 23 pp. + 1 mapa.
- JOHNSON, C. A., E. CARDELLACH, J. TRITLLA y B. B. HANAN (1996). Cierco Pb-Zn-Ag vein deposits; isotopic and fluid inclusion evidence for formation during the Mesozoic extension in the Pyrenees of Spain. *Economic Geology*, 91 (3): 497-506.
- KLEIN, S., C. DOMERGUE, Y. LAHAYE, G. P. BREY y H. M. VON KAENEL (2009). The lead and copper isotopic composition of copper ores from the Sierra Morena (Spain). *Journal of Iberian Geology*, 35 (1): 59-68.
- MADOZ, P. (1845-1850). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Establecimiento tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti. Madrid.
- MAESTRE, A. (1845). Descripción geognóstica del Distrito Minero de Aragón y Cataluña. *Anales de Minas*, III: 193-278.
- MALLADA, L. (1878). *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España: descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Imprenta y Fundición de Manuel Tello. Madrid. 439 pp. + 2 mapas. (Facsímil, IEA, Huesca, 1990).
- ROMERO, J. (1929). Los filones de galena de Bielsa y Parzán. *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, 150: 1069-1202.
- SUBÍAS, I., C. RECIO, I. FANLO y C. FERNÁNDEZ-NIETO (1997). Stable isotope composition of F-Pb-Zn mineralization in the Valle de Tena (Spanish Central Pyrenees). *Mineralium Deposita*, 32 (2): 180-188.
- SUBÍAS, I., I. FANLO, E. MATEO y C. BIEL (2008). Explotaciones mineras del entorno del Hospital de Benasque: geología y encuadre histórico. *Macla*, 9: 239-240.
- SUBÍAS, I., I. FANLO, E. MATEO, K. BILLSTRÖM y C. RECIO (2010). Isotopic studies of Pb-Zn-(Ag) and barite Alpine vein deposits in the Iberian Range (NE Spain). *Chemie der Erde-Geochemistry*, 70 (2): 149-158.
- SUBÍAS, I. *Minería y hospital de Benasque. Geología y mineralogía*. Disponible en <<http://www.fundacion-hospital-benasque.org/espeologia/minas>>.
- SUBÍAS, I., I. FANLO y K. BILLSTRÖM (2015). Ore-forming timing of polymetallic-fluorite low temperature veins from Central Pyrenees: A Pb, Nd and Sr isotope perspective. *Ore Geology Reviews*, 70: 241-251.
- TRINCHERINI, P. R., C. DOMERGUE, I. MANTECA, A. NESTA y P. QUARATI (2009). The identification of lead ingots from the Roman mines of Cartagena: The rôle of lead isotope analysis. *Journal of Roman Archaeology*, 22 (1): 123-145 (DOI: 10.1017/S1047759400020626).
- VENY, C. (1979). Nuevos materiales de Moro Boti. *Trabajos de Prehistoria*, 36 (1): 465-488.

- VIVEZ, PH. (1997). *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. Ayuntamiento de Bielsa (relaciones históricas del valle de Bielsa con Francia): 37-61. Ayuntamiento de Bielsa. Bielsa.*
- YUSTE, A., A. LÓPEZ CIRIANO y C. FERNÁNDEZ NIETO (1995). Morfología y mineralogía de la mina Ana (Bielsa, Huesca). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 18 (2): 35-36.
- YUSTE, A., I. SUBÍAS, A. LÓPEZ, M. OROZCO y C. FERNÁNDEZ-NIETO (1998). Estudio estructural y mineralógico del filón Ana: distrito minero de Bielsa-Parzán (Alto Aragón). Datos preliminares. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 21: 29-46.



## NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA

*Lucas Mallada* publica artículos de investigación inéditos encuadrados en las distintas ramas de la ciencia, de acuerdo con las siguientes normas:

1. Los trabajos se enviarán en soporte digital a la redacción de la revista (Instituto de Estudios Altoaragoneses. Parque, 10. E-22002 Huesca. Teléfono: 974 294 120. Correo electrónico: lucasmallada@iea.es), 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. Por el momento no se aceptan originales en LaTeX.
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 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* (optativo). Cuando las haya, 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 referencias seguirán los modelos siguientes, según se trate de libros, artículos de revista o trabajos incluidos en una publicación colectiva:

KLIMCHOUK, A. B., D. C. FORD, A. N. PALMER y W. DREYBODT (eds.) (2000). *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society. Huntsville (Alabama). 527 pp.

WHITE, W. B. (2007). Cave sediments and paleoclimate. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69 (1): 76-93.

PEÑA, J. L. (1995). Los Pirineos. En M. Gutiérrez (coord.), *Geomorfología de España*: 159-225. Rueda. Madrid.

4. El texto podrá redactarse en cualquiera de las lenguas en uso en la comunidad autónoma de Aragón, en francés o 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 en su forma original o bien en la lengua en que esté escrito el trabajo, siguiendo siempre el mismo criterio.

No se admitirán 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.

Los pies de tablas y figuras serán claros y concisos. En el caso de que las figuras presenten leyenda, esta se incluirá preferentemente en el pie.

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 DEL NÚMERO 21 (2019)

### PREFACIO

El reto de la profesionalización y la mejora tecnológica de las explotaciones agrícolas: tecnología en equipos de aplicación de productos fitosanitarios, por Francisco Javier GARCÍA RAMOS

### ARTÍCULOS

La mecanización agrícola en la provincia de Huesca (1954-1963), por Pedro ARNAL ATARÉS

Las rapaces diurnas del Cinca Medio, por Álvaro DURÓ-ORTIZ y Ernesto PÉREZ-COLLAZOS

El transporte fluvial de madera por el río Gállego (provincias de Huesca y Zaragoza), por José Antonio CUCHÍ

Evolución vegetal del puerto de Santa Orosia y su respuesta a las quemas prescritas de matorral, por Noel CITOLER

*Galemys pyrenaicus* en la vertiente meridional de la cordillera Cantábrica: identificación de unidades de manejo como herramienta para la conservación de poblaciones amenazadas, por Lucía TARRAFETA-CALVO, Ángel FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ y Ernesto PÉREZ-COLLAZOS

Puesta al día de las nuevas especies de gasterópodos eocenos descritas en la cuenca de Jaca, por Guillermo GÓMEZ-GARCÍA

El tritón pirenaico en la Canal del Palomo (Vadiello), por Javier MARTÍNEZ-LEÓN, Rocío LÓPEZ-FLORES y Ernesto PÉREZ-COLLAZOS

El Forau d'Aigualluts, por Fernando BIARGE LÓPEZ

Aerogeneradores y avifauna en Aragón, por Rocío SUS-PÉREZ, Ernesto PÉREZ-COLLAZOS y Chabier GONZÁLEZ-ÉSTEBAN

Examen de muestras minerales de las minas de Bielsa y Eriste, por Pablo MARTÍN-RAMOS, Mariella MOLDOVAN-FEIER, Jesús MARTÍN-GIL, Mariano OLIVÁN y José Antonio CUCHÍ



**INSTITUTO DE ESTUDIOS  
ALTOARAGONESES**

Diputación de Huesca