



LUCAS MALLADA

19

REVISTA DE CIENCIAS

**LUCAS
MALLADA**

LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

19

HUESCA, 2017



**INSTITUTO DE ESTUDIOS
ALTOARAGONESES**

Diputación de Huesca

LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALTOARAGONESES

(DIPUTACIÓN 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, Ángel CASTELLARNAU VISÚS, Pilar CATALÁN RODRÍGUEZ, Ángel CRESPO YAGÜE, Belén DIEZMA IGLESIAS, Santiago FÁBREGAS REYGOSA, Luis FRANCO GAYA, Francisco Javier GARCÍA RAMOS, José GÓMEZ PORTER, Penélope GONZÁLEZ SAMPÉRIZ, Luis Ángel INDA ARAMENDÍA, Jesús INSAUSTI LÓPEZ, Juan Manuel LANTERO NAVARRO, Emilio LEO FERRANDO, Rocío LÓPEZ FLORES, José M.^a MAÑAS PASCUAL, Clara MARTÍ DALMAU, Pablo MARTÍN-RAMOS, Jesús MONREAL PUEYO, Luis Enrique MONTANO GELLA, Antonio NAVAL MAS, José María NICOLÁU IBARRA, César PEDROCCHI RENAULT, M.^a 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

Diseño de la portada: Vicente BADENES

Redacción y administración

Instituto de Estudios Altoaragoneses

Parque, 10. E-22002 HUESCA

Tel. 974 294 120. Fax 974 294 122

www.iea.es / lucasmallada@iea.es

ISSN: 0214-8315 (revista impresa)

e-ISSN: 2445-060X (revista digital en acceso abierto:

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

Depósito legal: HU-76/2014

Imprime: Harmony Veyron, S. L.

ÍNDICE

PREFACIO

¿Por qué investigar los pastos del Pirineo aragonés?, por Ramón REINÉ	9
---	---

ARTÍCULOS

Nota sobre el camino viejo entre Huesca y Almudévar, por Pablo MARTÍN-RAMOS, Juan José GENERELO y José Antonio CUCHÍ	25
Mina Felicidad (valle de Bardají, Ribagorza), por José Luis VILLARROEL, Víctor VIÑALS, José Antonio RAUSA, Pedro Sidonio PEREIRA DA SILVA, Pablo MARTÍN-RAMOS, José Antonio MANSO, Pilar LAPUENTE y José Antonio CUCHÍ	51
¿Podemos controlar la expansión del erizón mediante quemas?, por David BADÍA, Cecilia ARMAS, Juan Luis MORA, Daniel GÓMEZ, Gabriel MONTSERRAT y Sara PALACIOS	69
Propiedades físicas de suelos desarrollados sobre margas eocenas en la Val Ancha de Jaca, por José Ramón DOZ y David BADÍA	95
Aproximación metodológica al Plan de Seguimiento Ecológico del Paisaje Protegido de San Juan de la Peña y Monte Oroel, por Olatz FERNÁNDEZ, Juan HERRERO, Carlos PRADA, Alicia GARCÍA-SERRANO, Raquel HERNÁNDEZ, Daniel GÓMEZ y David GUZMÁN	123
Lucas Mallada en el Alto Aragón, por José Antonio CUCHÍ	135
La Madre de Castejón de Monegros, por Mario GISBERT, Marcos PASTOR, José Luis VILLARROEL, José Antonio RAUSA y José Antonio CUCHÍ	165
Evolución del contenido en nitratos en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca (marzo de 2016 — febrero de 2017), por Raquel ZUFIAURRE, Óscar GRACIA y José Antonio CUCHÍ	185

Flora de los montes Monzorrabal y San Miguel (Ayerbe, Huesca), por José Luis LEÓN y José Antonio CUCHÍ	209
Los aludes en el Alto Aragón: tipología, zonas de peligro, daños y víctimas, por Emilio LEO y José Antonio CUCHÍ	233
La resistencia de una comunidad vecinal contra la Desamortización: el caso de Biel (Zaragoza), por Ignacio PÉREZ-SOBA	279
Evolución reciente del glaciar del Infierno (Panticosa, Huesca), por José Antonio CUCHÍ, Luis CANCER-POMAR, Javier DEL VALLE – MELENDO, Fernando LAMPRE-VITALLER y Gonzalo FERNÁNDEZ-JARNE	323

PREFACIO

¿POR QUÉ INVESTIGAR LOS PASTOS DEL PIRINEO ARAGONÉS?

La Sociedad Española de Pastos (SEP) define pasto “como cualquier recurso vegetal que sirve de alimento al ganado, bien directamente (en pastoreo) o bien como forraje (parte vegetativa de las plantas una vez cosechada, en fresco o bien conservada como heno, ensilada, etcétera)” (FERRER, 2016). Ante la pregunta planteada de por qué investigar las comunidades vegetales que contienen estos recursos la respuesta es muy directa: por su interés económico, ambiental y sociocultural.

Antes de desarrollar estos tres aspectos de la explotación de los pastos, describiré brevemente el sistema tradicional de su aprovechamiento en las comarcas pirenaicas del Alto Aragón, y sus principales tipos (FILLAT y cols., 2008). La vocación ganadera de nuestra montaña se ha basado en el aprovechamiento estival a diente de los pastos de puerto (fig. 1), ubicados en los pisos montano, subalpino y alpino del Pirineo. Estas grandes superficies pastorales (86 490 hectáreas en el Pirineo oscense según FERRER y cols., 2008) suelen ser de propiedad comunal. Al final del verano, las ganaderías, fundamentalmente de ovino practicaban la trashumancia al valle del Ebro. En la actualidad, pese a que todavía queda ovino trashumante, los desplazamientos descendentes (trasterminantes) tanto de vacuno como de ovino son más cortos y llegan solo hasta los pueblos del fondo de valle. Allí se encuentran los prados de siega, que son parcelas particulares dentro de la superficie agraria útil (SAU) de los municipios, dedicadas a la producción de hierba para la alimentación invernal del ganado, pero que en otoño y primavera son también pastoreadas. Los prados se manejan mediante fertilización, pastoreo y siega a comienzos del verano (fig. 2). Prados y cultivos forrajeros

ocupan 9609 hectáreas en el Pirineo oscense, el 92% de la SAU (FERRER y cols., 2008). Entre los pastos de puerto y los prados de fondo de valle, se sitúan los puertos de tránsito o bajantes, que como su nombre indica son pastos de diente utilizados en primavera y otoño en periodos y espacios intermedios entre los de puerto y los prados.

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Los pastos son el recurso alimenticio de las ganaderías extensivas de montaña por lo que su importancia económica es evidente. Valorando los puertos en una capacidad estival de 0,7 unidades de ganado mayor (UGM)/ha · 120 días y los prados de fondo de valle en 2,5 UGM/ha · 240 días (resto del año), y considerando exclusivamente el ganado censado en los municipios pirenaicos, FERRER y cols. (2008) deducen que los puertos solo están aprovechados en un 55% de su capacidad, mientras que los prados de los fondos de valle solo aportan el 72% de las necesidades del ganado durante el resto del año. Pese a que en estos cálculos no se han considerado los recursos de los puertos de tránsito, debe hacernos reflexionar sobre la infrautilización actual de



Fig. 1. Rebaño de ovejas pastando en el puerto de Quimboa, en el término municipal de Ansó, con la sierra de los Alanos al fondo.



Fig. 2. Tras la siega del prado a principios de julio y el secado de la hierba, el ganadero recoge el heno en forma de rotopacas. Valle de Benasque.

estos recursos. Y es que la ganadería extensiva, especialmente la de ovino, atraviesa un estado de crisis que parece no tener fin. Según datos analizados por ROLDÁN (2016), en la provincia de Huesca se ha reducido en un 60% el número de explotaciones en los últimos veinte años (de 2902 en el año 1995 a 1221 en 2015), y en un 39% el número de hembras reproductoras (de 811 620 en el año 1995 a 491 621 en 2015). Debemos recordar que el pasto requiere de la defoliación del herbívoro para su conservación, sin el cual la vegetación se embastece y pierde calidad (MONTSERRAT, 2009), por lo que en la situación actual no solo estamos dejando de aprovechar un recurso, sino que lo podríamos estar perdiendo para el futuro.

En el año 2015, el Gobierno español, para la elección de las superficies de pastos sobre las que cobrar las ayudas del primer pilar de la política agraria común (PAC), propuso unos nuevos coeficientes de admisibilidad de los pastos (CAP), asignados automáticamente a las parcelas y basados

en su pendiente, cobertura y altura de la vegetación, parámetros todos obtenidos mediante distintos procedimientos de teledetección (BUSQUÉ y cols., 2016). El resultado de su aplicación ha sido una considerable reducción de las superficies elegibles en toda España (RUIZ y BEAUFOY, 2015), hecho que ha causado una gran preocupación entre los ganaderos de montaña, que verían reducidos sus ingresos a largo plazo por la exclusión definitiva de sus parcelas de las subvenciones. El sistema identifica más o menos bien los pastos herbáceos (salvo los excluidos por su pendiente), pero existen problemas con muchas parcelas de pastos arbustivos y arbóreos que han sido reclasificadas como forestales y excluidas de las subvenciones de la PAC. Es el caso de algunos pastos de tránsito descritos. Los CAP no consideran los pastos herbáceos bajo la copa de los árboles ni el interés forrajero de muchas especies leñosas, ni responden a información sobre un pastoreo real de las parcelas. Técnicos y científicos consideran que la pérdida del interés de la gestión por parte de los ganaderos en algunas de estas áreas excluidas de la PAC, generaría una serie de problemas productivos y medioambientales (pérdida de producción primaria, incremento de matorral, riesgo de incendio, pérdida de biodiversidad y pérdida de potencial agrario). Por lo tanto, se debería pensar a corto plazo en la revisión de estos coeficientes (OSORO y cols., 2015; BUSQUÉ y cols., 2016).

Ante la situación descrita en los pastos de puerto parece apremiante fomentar de nuevo su uso, estableciendo medidas nuevas como el cálculo de cargas ganaderas sostenibles para el mantenimiento de los pastos; el diseño de nuevas formas de manejo de ganado que permitan la explotación uniforme del pasto según la estacionalidad de la hierba y la mejora de las condiciones laborales de los ganaderos (cercas permanentes, pastores eléctricos, mangas de manejo, GPS, accesos a pistas, bebederos, rediles); la regulación de los tiempos y los espacios de pastoreo en los montes; y la determinación de especies y razas de ganado más adecuadas para cada tipo de pasto. En ocasiones sería interesante revisar y actualizar las normas de uso y de ordenación del pastoreo, sus calendarios de aprovechamiento, la organización de los comunales y sus condiciones de acceso para evitar dejar fuera del sistema a ganaderos jóvenes o de valles vecinos, y para la adecuación de las viejas normas a los nuevos planes de gestión exigidos por la Administración de la Red Natura 2000.

En cuanto a los prados de siega, parece que los objetivos de investigación deben centrarse en el incremento de la producción y de la calidad. La innovación de las prácticas agrarias tan presente en los cultivos forrajeros de las zonas de regadío en las dos últimas décadas, apenas ha tenido incidencia alguna en el cultivo de las praderas y de los prados en las zonas de montaña, en los que se ha practicado una agricultura un tanto marginal, con fechas de corte muy tardías y cosechas de un forraje con deficientes valores de proteína bruta. Muy pocos son los ganaderos que utilizan correctamente algunas técnicas innovadoras como, por ejemplo, el ensilado en rotopacas, la siembra directa de mezclas forrajeras o la fertilización ajustada a las extracciones de la hierba. Deberían ensayarse distintas prácticas agrícolas para la innovación en la gestión de los prados y los cultivos forrajeros del Pirineo, según la cantidad de hierba producida, su calidad bromatológica y su composición florística, abordando como innovación un sistema que contemple la mejora del manejo, la producción y la calidad de forma coordinada, abogando por un aprovechamiento óptimo de los recursos forrajeros endógenos y una menor dependencia de los insumos exteriores para la alimentación animal.

Si bien en los pastos de puerto la calidad de la hierba no es un gran problema puesto que el animal en pastoreo selecciona la ración según su composición florística y fenología, la hierba producida en los prados se aporta en pesebre y allí todas las especies forman parte de la ración, y desafortunadamente se sabe muy poco de la calidad nutritiva de las distintas plantas que componen los prados. En general, los forrajes de los prados seminaturales suelen ser deficitarios en contenidos proteicos (BAUMONT y cols., 2009), lo que obliga a corregir las carencias con complementos alimenticios que encarecen el coste de la explotación. Sin embargo, en los prados más diversos hemos encontrado especies silvestres con muy buenos valores bromatológicos (ASCASO y cols., 2014) que se deberían seguir analizando.

La mejora conjunta de la producción y la calidad se debería conseguir estableciendo calendarios de manejo, basados en las fechas de pastoreo, siega y fertilización de los prados, prestando especial atención al adelanto de la fecha de inicio del pastoreo de primavera y su intensidad y sus efectos sobre la fecha de siega; a la determinación de cargas ganadera y duración del pastoreo y a la estimación de las necesidades de aportes de fertilizantes

orgánicos (estiércol y purín de vacuno) e inorgánicos según la fertilidad del suelo y las extracciones de la hierba. También deberían establecerse planes conjuntos de aprovechamiento de los cultivos forrajeros, praderas, prados y pastos de puerto, incidiendo en la intensificación de los prados más productivos, puesto que el forraje obtenido en ellos es clave para la alimentación invernal de los animales, y, por lo tanto, para la economía de la explotación; y en el mantenimiento del corte y/o pastoreo en las parcelas que por su mayor originalidad florística (fig. 3), estén incluidas en la directiva 92/43/CEE, como hábitat de importancia comunitaria y, por lo tanto, de obligada conservación.

Además de las ayudas del primer pilar de la PAC de las que hemos hablado, pastos y prados por su interés para la conservación pueden beneficiarse de dos medidas sobre agroambiente y clima en el ámbito del Programa de Desarrollo Rural (PDR) para Aragón 2014-2020. Son la “1.3: Extensificación adicional del pastoreo” y la “1.4: Mantenimiento de prados de siega en



Fig. 3. Prado de siega en el valle de Benasque en el que puede observarse la diversidad de su composición florística.

zonas de montaña”. La primera tiene una prima unitaria de 36 €/ha que puede incrementarse hasta los 65 €/ha si el puerto tiene especiales dificultades de acceso, si se pasta con razas autóctonas y si la producción se comercializa bajo una figura de calidad certificada regulada a través de agrupaciones de productores. En el caso de los prados de siega, la prima unitaria asciende a 109 €/ha. Tanto el diseño de los compromisos de los beneficiarios como las cuantías de las subvenciones tienen un margen de mejora en ambas medidas.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Además de la producción de biomasa para la alimentación del ganado, los pastos tienen un alto interés ambiental por su papel en el mantenimiento de la biodiversidad vegetal y animal (no solo fauna salvaje, sino también conservación de razas ganaderas autóctonas); en la prevención de incendios (disminución de la proporción de vegetación combustible); en la regulación del ciclo hidrológico (prevención de inundaciones, disminución de la escorrentía, aumento de la infiltración y recarga de acuíferos); en el secuestro de carbono en suelos (por ejemplo, los pastos herbáceos almacenan más de un 10% del carbono total de la biosfera, del que un 90% es secuestrado en los suelos); en la creación y conservación de paisajes (paisajes en mosaico, paisajes abiertos); en la estabilización y fertilidad del suelo (contribución a la prevención de la erosión); en la purificación del agua, etcétera (REINÉ y cols., 2009).

Si nos referimos a estos beneficios directos e indirectos que el hombre obtiene del aprovechamiento de estos pastos, en términos de sus servicios ecosistémicos, podríamos diferenciar los de aprovisionamiento (alimentación del ganado), los de regulación (secuestro de carbono, polinización, prevención de la erosión, etcétera), los de soporte (conservación de la biodiversidad, reciclado de nutrientes) y los culturales que veremos más adelante (RODRÍGUEZ-ORTEGA y cols., 2014).

Los sistemas de ganadería ligada a la tierra como el descrito en los municipios pirenaicos constituyen una parte substancial de los espacios agrarios considerados de alto valor natural. La biodiversidad en Europa depende significativamente de estos sistemas y, de hecho, una elevada proporción de la superficie incluida en la Red Natura 2000 en España está

constituida por superficies pascícolas y forrajeras. Este es el caso de amplias áreas de pastos pirenaicos, integradas en los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) de dicha Red. De hecho, de las trece formaciones vegetales de carácter herbáceo reconocidas en España por la Directiva Hábitat (92/43/CEE) (VV. AA., 2009), cuatro están presentes en los pastos de puerto de la provincia de Huesca, son concretamente los siguientes hábitats: 6140 “Pastos pirenaicos y cantábricos de *Festuca eskia*”; 6170 “Pastos de alta montaña caliza”; 6210 “Pastos vivaces mesofíticos y mesoxerofíticos sobre sustratos calcáreos de *Festuco-Brometalia*”, y 6230 “Formaciones herbosas con *Nardus*, con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de Europa continental)”. Además, en los prados de siega encontramos dos nuevos hábitats de interés comunitario: el 6510 “Prados de siega de montaña (*Arrhenatherion*)” y el 6520 “Prados de siega de montaña (*Trisetum-Polygonum bistortae*)”. En los planes de gestión de los seis hábitats citados figura el pastoreo del ganado en régimen extensivo como la principal actividad para su conservación. Si la Administración autonómica está obligada ante la Unión Europea (UE) al mantenimiento de la Red Natura 2000 y la conservación de los pastos integrados en ella depende de su uso, tenemos una nueva oportunidad para fomentar el pastoreo y el uso de estos recursos. La conservación de los prados de siega todavía es un caso más paradigmático del manejo para la conservación, puesto que las parcelas se sitúan en propiedades particulares y su biodiversidad depende totalmente de las prácticas de la gestión agraria (pastoreo, fertilización y siega) (REINÉ y cols., 2014).

La biodiversidad ligada a la gestión de los prados y los pastos está amenazada por dos factores de tendencia opuesta: el abandono de las actividades agrarias y su intensificación desmesurada. El abandono del pastoreo reduce la frecuencia de la perturbación, que tanto favorece a las especies herbáceas, y el ecosistema evoluciona hacia sus estadios forestales, más pobres en especies, de paisaje más cerrado y vulnerables al fuego. Por otro lado, la intensificación a base de fertilizantes inorgánicos y pesticidas construye un medio donde solo unas pocas especies muy productivas persisten. Esta especialización productiva acaba también generando cambios en el paisaje. Este se hace más homogéneo y desaparecen los hábitats estratégicos para la supervivencia de la flora y la fauna. El

diseño de modos de gestión para nuestros pastos compatibles con la conservación de su biodiversidad y adaptados a los distintos medios productivos sigue siendo un reto, pero se deberá abordar dentro de los distintos instrumentos que permite la PAC (POLÁKOVÁ y cols., 2011). Especialmente en parques nacionales, parques naturales y demás espacios protegidos, en los que la actividad pastoral tradicional ha modelado y mantenido este paisaje durante siglos (fig. 4).

IMPORTANCIA SOCIOCULTURAL

Hemos visto la conveniencia de la conservación del paisaje de prados y pastos en mosaico, biodiverso, heredado de la acción humana continuada, que presenta además una gran capacidad de autorregulación y homeostasis (MONTSERRAT, 2009). Pero además existen otros valores de los pastos relacionados con su capacidad para hacer viables social y económicamente las



Fig. 4. Grupo de vacas reposando tras el pastoreo en la montaña de Sesa, en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, con el Castillo Mayor al fondo.

áreas rurales, con la conservación del patrimonio cultural y toda su herencia cultural (tradición, folklore, construcciones tradicionales, etcétera). En términos de servicios ecosistémicos se trataría de los servicios culturales que englobarían un amplio abanico de beneficios intangibles que derivan de nuestras experiencias vividas.

La explotación de los pastos contribuye al mantenimiento de la población humana en el medio rural, sin la cual no es posible conservar la naturaleza en su conjunto. Debemos recordar que la mayoría de los paisajes naturales más valorados son consecuencia de la acción humana, y ante la desertización demográfica rural urge la transcripción en términos universales (cultura científica), de los viejos saberes en extinción (cultura empírica), para poder gestionar la complejidad que se enmascara tras la aparente sencillez de la ruralidad (IZQUIERDO y BARRENA, 2006).

Los sistemas ganaderos con base en pastos, bien gestionados y con pequeñas actualizaciones, son un ejemplo claro de sostenibilidad frente al productivismo a ultranza. Su aprovechamiento con razas autóctonas y con sistemas de manejo conservacionistas, en los que prima el bienestar animal y la seguridad alimentaria, permite obtener productos ganaderos diferenciados y de calidad. Con pequeñas industrias artesanales se pueden hacer transformaciones que añadan valor a estos productos (queso, chacina, conservas, artículos de piel o lana, etcétera), contribuyendo también así a la pluriactividad, a la creación de micromercados locales y al turismo rural (FERRER y cols., 2008).

La práctica de la trashumancia de los rebaños de ovino desde el sur de la provincia a los Pirineos todavía persiste con buena salud entre los ganaderos (BETRÁN y cols., 2016), y los rebaños circulan por las distintas cabañeras que siempre se han considerado corredores ecológicos, culturales, y en el futuro, por qué no, lúdicos.

Porque las prestaciones de los ecosistemas pascícolas dan soporte a una amplia diversificación de actividades en el medio rural (turismo, esquí, deportes de aventura, caza, etcétera), generando beneficios económicos y oportunidades de negocio. El mantenimiento de los pastos por el ganado beneficia indirectamente a los herbívoros salvajes y, en consecuencia, a actividades como la observación de estos animales, la caza,

etcétera. Los pastos son, además, terreno transitable que permiten el senderismo y el placer al aire libre.

Las estaciones de esquí en muchas ocasiones están ubicadas sobre zonas de pastos de puerto. El pastoreo de estas superficies en estos casos es fundamental, puesto que facilita la revegetación de las zonas erosionadas, reduce el impacto negativo que las instalaciones tienen sobre la biodiversidad y evita la existencia de una elevada biomasa residual al final del periodo vegetativo, que retiene aire y adelanta la fusión de la nieve, comportándose como un plano de deslizamiento en el deshielo y facilita la formación de aludes. Por otro lado, la coexistencia de ambas actividades económicas ofrece a los ganaderos de montaña alternativas de diversificación laboral que pueden ser compatibles entre sí con un manejo adaptado de los rebaños (CASASÚS y cols., 2014).

Por todo ello, parece oportuno valorar y promover estas externalidades positivas inherentes al aprovechamiento de los pastos, conocerlas bien mediante aproximaciones holísticas y, por qué no, buscar nuevas formas de pensamiento sistémico en el diseño de la política y la investigación agroambiental que merecen estas comunidades vegetales, integrando los factores ambientales, socioeconómicos y administrativos.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Recientemente, en el marco de la UE, la Asociación Europea para la Innovación, Productividad y Sostenibilidad Agrícolas (EIP-AGRI) a través de un *focus group* analizó la rentabilidad actual de los pastos permanentes y las fórmulas necesarias para incrementar su productividad de forma sostenible, diferenciando estos siete puntos fundamentales (OSORO y cols., 2016):

- Definición de tipología de pastos en relación con la biodiversidad y la productividad.
- Alcanzar una producción y una calidad de los pastos que se adapte a las necesidades del ganado.
- Establecer referencias en la producción de materia seca (DM por sus siglas en inglés, *Dry Matter*) y su utilización a nivel regional y nacional.
- Aumento de la funcionalidad de los pastos a través de la diversificación de su composición.

- Incremento de la eficiencia de los recursos para mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad.
- Diferenciación de productos basados en pastos para ponerlos en valor: vincular tratamientos y gestión de calidad en relación con los servicios de ecosistemas.
- Evaluación del ciclo de la vida: evaluación del impacto medioambiental de los sistemas basados en pastos a través del concepto de *ciclo de vida* (LCT por sus siglas en inglés, *Life Cycle Thinking*).

El trabajo del grupo de expertos concluyó con una relación de recomendaciones prácticas, identificación de factores y posibles acciones de investigación e innovación, como:

- Ofrecer a las explotaciones la tecnología adecuada para optimizar la producción de los pastos, incluyendo formas de identificación de parcelas y distintos modelos de gestión de los sistemas de pastoreo.
- Establecer bases de datos integradas a nivel local, herramientas de soporte en la toma de decisiones TIC, servicios de asesoría para la interconexión con todos los agentes, para el desarrollo de sistemas de referencia para pastos permanentes.
- Desarrollar herramientas de gestión para la obtención del forraje maximizando la productividad, la calidad y la biodiversidad (incluyendo los animales adaptados a los distintos sistemas de aprovechamiento de los pastos).
- Desarrollar herramientas para describir servicios y vincular los pastos permanentes a la demanda local.
- Soluciones técnicas y políticas para incrementar el valor de los productos de alta calidad y los servicios de ecosistemas para mejorar la calidad de vida de agricultores y ganaderos.
- Enfocar la transmisión de conocimientos como un proceso de participación de Grupos Operativos (Programas de Desarrollo Rural).
- Identificar diferentes incentivos a las explotaciones para la innovación y el uso de dichos conocimientos en las fases de desarrollo y transmisión.

Algunas de estas recomendaciones deberán ser tenidas en cuenta para que nuestros pastos continúen teniendo la relevancia que siempre han tenido en la sociedad agraria altoaragonesa. Tal era el deseo del doctor Pedro Montserrat, recientemente fallecido, a quien deseo recordar como referente en los estudios de los pastos del Pirineo, maestro del que muchos hemos recibido innumerables enseñanzas y cuyas ideas y reflexiones en torno a los pastos siguen orientando nuestra actividad investigadora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCASO, J., R. REINÉ, A. BROCA, O. BARRANTES y C. FERRER (2014). Características nutricionales de especies de los prados del Pirineo central. En M. D. Báez y cols. (eds.), *Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al cambio climático*: 181-187. SEEP. Lugo.
- BAUMONT, R., J. AUFRERE y F. MESCHY (2009). La valeur alimentaire des fourrages: rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages*, 198: 153-173.
- BETRÁN R., O. BARRANTES y R. REINÉ (2016). Vías pecuarias y recursos pascícolas en rutas trashumantes de ovino de la provincia de Huesca. *Lucas Mallada*, 18: 273-310.
- BUSQUÉ, J., J. R. RODRÍGUEZ y G. MAESTRO (2016). Field validation of an automatic coefficient of pasture eligibility in mountain areas. *Options Méditerranéennes*, serie A, 116: 39-43.
- CASASÚS, I., J. A. RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, A. SANZ, C. FERRER, R. REINÉ y O. BARRANTES (2014). Optimización del uso de los recursos pastables en una estación de esquí del Pirineo. *Pastos*, 44 (2): 31-42.
- FERRER, C. (2016). *Diccionario de pascología: aspectos ecológicos, botánicos, agronómicos, forestales, zootécnicos y socio-económicos de los pastos*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 932 pp.
- FERRER, C., O. BARRANTES, A. BROCA y M. MAESTRO (2008). El proyecto “tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles”. Algunos resultados obtenidos sobre los pastos de los altos valles del Pirineo aragonés. En F. Fillat, R. García-González, D. Gómez-García y R. Reiné (eds.), *Pastos del Pirineo*: 245-262. CSIC. Madrid.
- FILLAT, F., R. GARCÍA-GONZÁLEZ, D. GÓMEZ-GARCÍA y R. REINÉ (eds.) (2008). *Pastos del Pirineo*. CSIC. Madrid.
- IZQUIERDO, J., y G. BARRENA (2006). *Marqueses, funcionarios, políticos y pastores*. Red Asturiana de Desarrollo Rural. Nobel. Oviedo.
- MONTSERRAT, P. (2009). *La cultura que hace el paisaje*. La Fertilidad de la Tierra. Estella.
- OSORO, K., R. CELAYA, R. ROSA, U. GARCÍA-PRIETO y A. MARTÍNEZ (2015). Criterios a considerar para la admisibilidad de los pastos permanentes y su relevancia en el desarrollo rural. *Tecnología Agroalimentaria*, 16: 2-9.
- OSORO, K., y cols. (2016). *EIP-AGRI Focus Group Profitability of permanent grassland. Final Report*. EIP-AGRI, Agriculture and Innovation. 44 pp.
- POLÁKOVÁ J., G. TUCKER, K. HART y M. RAYMENT (2011). *Addressing biodiversity and habitat preservation through measures applied under Common Agricultural Policy*. Institute of European Environmental Policy. Londres.
- REINÉ, R., O. BARRANTES, A. BROCA y C. FERRER (eds.) (2009). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Madrid. 669 pp.
- REINÉ, R., O. BARRANTES, C. CHOCARRO, A. JUÁREZ, A. BROCA, M. MAESTRO y C. FERRER (2014). Pyrenean meadows in Natura 2000 network: grass production and plant biodiversity conservation. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12 (1): 61-77.

- RODRÍGUEZ-ORTEGA, T., E. OTERO-ROZAS, R. RIPOLL-BOSCH, M. TICHIT, B. MARTÍN-LÓPEZ y A. BERNUÉS (2014). Applying the ecosystem services framework to pasture based livestock farming systems in Europe. *Animal*, 8 (8): 1361-1372.
- ROLDÁN, L. (2016). *El ovino y el caprino en Aragón. Evolución en los 20 últimos años (1996-2016)*. Gobierno de Aragón. Zaragoza. 23 pp.
- RUIZ, J., y G. BEAUFOY (2015). *Informe sobre la elegibilidad para pagos directos de la PAC de los pastos leñosos españoles*. Plataforma por la ganadería extensiva y el pastoralismo. 225 pp.
- VV. AA. (2009). *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

Ramón REINÉ¹

¹ Profesor titular de Universidad. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. rreine@unizar.es

Editor principal de *Pastos*, revista científica publicada por la Sociedad Española de Pastos (SEP), disponible en <http://polired.upm.es/index.php/pastos>.

ARTÍCULOS

Lucas Mallada, 19: 25 a 50
ISSN: 0214-8315, e-ISSN: 2445-060X
<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>
Huesca, 2017

NOTA SOBRE EL CAMINO VIEJO ENTRE HUESCA Y ALMUDÉVAR

Pablo MARTÍN-RAMOS¹
Juan José GENERELO²
José Antonio CUCHÍ¹

RESUMEN.— Este artículo presenta el resultado de una inspección visual del camino antiguo entre Huesca y Almudévar. Se ha observado la presencia de restos constructivos que pudieran ser compatibles con una calzada romana.

ABSTRACT.— This work describes the results of a visual inspection of the old road between Huesca and Almudévar. Constructive remains that could be compatible with a Roman road have been found.

KEY WORDS.— Roman road, Via Lata, Osca, Burtina / Bortina (Spain).

INTRODUCCIÓN

Es conocido que existió una comunicación viaria para vehículos rodados entre las ciudades romanas de Osca y Caesaraugusta, tras la fundación de esta última en tiempos de Augusto, tal y como consta en las fuentes literarias de Antonino y Estrabón (MAGALLÓN, 1987: 57-58). Al margen de la

Recepción del original: 11-8-2017

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. pmr@unizar.es, cuchi@unizar.es

² Archivo Histórico Provincial de Huesca. Calle Canellas, 2. E-22001 HUESCA. jjgenerelo@aragon.es

controversia sobre la duplicidad de parte de los recorridos *De Italia in Hispanias* y *Ab Asturica Terracone* en el Itinerario de Antonino, ambos autores antiguos señalan que el camino pasaba por las localidades de Osca y Burtina. Esta última fue localizada como la actual Almudévar por CEÁN (1832: 35, 474) y otros. La distancia entre ambas localidades era de XII millas romanas.

Por otra parte, siguiendo, o no, el trazado de la vía romana entre Huesca y Zaragoza y pasando por Almudévar, hay una cabañera que se utilizó hasta mediados del siglo XIX como camino entre ambas ciudades. MADDOZ (1845-1850), que conocía bien el Alto Aragón, al hablar sobre las comunicaciones de Huesca, indica que “el de Zaragoza es el mejor de todos, aunque no tan bueno como exige el curso de la diligencia”. Algunos años más tarde, se construyó una primera carretera moderna, situada hacia el este del camino antiguo, y, posteriormente, la actual N-330 y la autovía A-23.

La identificación de la mencionada vía romana ha llamado la atención de varios autores, aunque es más que posible que algunos no la recorrieran. CAÑARDO (1908: 98) la ubica explícitamente en Huesca frente al cerro de San Jorge, señala que había servido como carretera antigua de Zaragoza e indica que todavía era utilizada como cabañera. CARRILLO (1951: 38) escribe que la vía pasaba por la cabañera y el Alto de San Juan. Para GALIAY (1946: 25): “El camino romano entre Osca y Burtina no atravesaba, como hoy hace la carretera, las llamadas canteras de Almudévar, pues marchaba al pie de ellas por los valles que se ven al norte, camino además de llano más corto”. No es fácil interpretar esta frase, que puede indicar simplemente que la carretera del siglo XIX se había desplazado del camino antiguo. Además, piensa que Burtina, por las distancias del itinerario, se encontraba hacia el sur de Almudévar, en los Llanos de la Violada. No se sabe qué patrón de milla empleó. De hecho, la cartografía electrónica permite hoy medir con precisión la distancia por el camino viejo entre Huesca y Almudévar que, por aquel, distan 17,77 kilómetros, correspondiendo francamente bien con XII millas romanas de 1480 metros.

A mediados del siglo XX, se abrió un interesante debate a partir de la interpretación del documento medieval de la concesión de los límites de Almudévar por Alfonso II, en mayo de 1170: “Dono etiam et concedo vobis,

ut illum caminum de Vialada qui vadit de Osca ad Caesaragusta...”. Interpretando este documento, ARCO (1954), en su última y póstuma obra, niega que Almudévar fuera Burtina y copia prácticamente la frase ya mencionada de José Galiay, afirmando que la orden real supuso la construcción de 10 kilómetros de camino nuevo y la inutilización de un tramo de calzada. Este autor situaba Burtina, que identificaba con Torres de la Violada, a bastante distancia hacia el oeste de Almudévar y sirviendo incluso al camino Jaca-Zaragoza que pasaba por Alcalá de Gurrea, el curso perdido del Astón, Fontellas, Marcuello, la Venta de Pequera, el Escalete, la Venta de la Garoneta y el puente de Anzánigo. Pero dos años más tarde, BALAGUER (1956), en la recensión del trabajo anterior, ya discrepa de esta interpretación y razona que Torres de la Violada es el monte de San Juan. Deja abierta la pregunta sobre si la vía romana pasaba por estas Torres, asunto que esperaba abordar en un futuro indefinido. CABRÉ (1959) se hace eco de la controversia, interrogándose sobre la magnitud del desplazamiento del camino ordenada por Alfonso II, e indica que los caminos desde Huesca a Zaragoza y Cuarte, a ambos lados del cerro de San Jorge, estaban ya bien diferenciados en el siglo xv. El documentado trabajo de MAGALLÓN (1987: 71-73), sobre las calzadas aragonesas, señala gráficamente la calzada por la cabañera actual. En esta línea también se pronuncia ALIOD (1990), quien indica que se ven restos de la calzada en la cabañera pasado el barranco de Las Fuentes hacia Huesca. ARIÑO y cols. (1991) mencionan la calzada sin precisar su trazado y ubican Burtina en Almudévar. IRANZO (1993) describe el ya mencionado documento regio medieval, al tiempo que señala la protección real sobre los viajeros y hace consideraciones sobre el mantenimiento de los caminos. JUSTE (1993) estudia el territorio entre el casco de Huesca y el límite del término municipal por el camino viejo de San Jorge y la cabañera. Presenta unas rodadas en un afloramiento de arenisca, una estructura excavada y restos de un edificio, así como un sistema de captación de agua, que parece contar con una presa antigua. Más recientemente, MORENO (2004: 63) presenta una imagen situada en las cercanías del collado de San Juan, aunque el texto adjunto es muy sucinto. Para NAVAL (2006), el camino a Zaragoza salía de la puerta de Remián, hoy plaza de Lizana, pasaba por la ermita de Loreto, e indica que solo podría ser recorrido en carro desde la segunda mitad del siglo xviii. Por último, PASTOR (2008: 346-368) incluye el camino existente como calzada romana dentro del inventario de bienes patrimoniales para el Catálogo del Plan General de

Ordenación Urbana de Almodévar. Su prolongación hacia el sur de la localidad, en zona transformada por el regadío del siglo XX, se recoge en ALAGÓN (2008).

En resumen, parece que hubo un camino viejo, para carros, desde Huesca a Almodévar por la actual cabañera, pasando por la Valdiesca que, para varios autores, es parte de la calzada romana. La pregunta clave, objetivo de este artículo, es intentar identificar sobre el terreno, en este camino, algún resto que pudiera pertenecer a época romana.

CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS ROMANAS

La discriminación entre una vía romana o un camino construido posteriormente es tema bastante trabajado, tal y como se presenta, por ejemplo, en MORENO (2004). Siguiendo a este autor, en varios casos se han identificado como romanas comunicaciones más tardías.

Además del estudio de las fuentes clásicas, la certificación de romanidad para un camino se basa en razones de tipo arqueológico. La más evidente es la presencia de miliarios, cuyo número y emplazamiento debió de ser limitado. En su ausencia por reciclado o destrucción, natural o intencionada, se recurre a hallazgos arqueológicos como la presencia de restos de cerámica romana en construcciones cercanas a la vía, como ventas, casas-mesones y, más alejadas, villas. En el resto del camino, la presencia de cerámica suele ser prácticamente inexistente (MORENO, 2004). Un resto sugerente que se pudiera encontrar a lo largo de todo el camino son los “clavi caligarii”, características tachuelas de cáliga que se han definido como elementos identificadores de las calzadas romanas (RODRÍGUEZ-MORALES y cols., 2012).

En ausencia de estos restos arqueológicos indicadores, hay que analizar la estructura constructiva del camino. La literatura, por ejemplo LAURENCE (1999), presenta abundantes ejemplos de caminos romanos con muy diverso origen, funcionalidad e historial de reparaciones. Aunque la anchura de las vías se definió en diversos momentos desde la época de las XII Tablas (LAURENCE, 1999), hay ejemplos desde 2 metros, con 3,4 metros en los giros (HAREL, 1959), hasta 5 metros (TSOKAS y cols., 2009). Hay que tener en cuenta, además, que la anchura podía aumentar en las proximidades de

los núcleos urbanos. La pendiente longitudinal es un tema también importante, debatido en relación directa con el tipo de transporte. Es evidente que a pie o a lomos de animal se pueden superar o descender pendientes mayores que con carros. MORENO (2004) y VERHAGEN y JENESON (2012) señalan que rara vez la pendiente supera el 8% y nunca el 15%.

El modelo clásico de estructura de vías romanas define cuatro niveles constructivos: *statumen*, *rudus*, *nucleus* y *pavimentum*, entre bordillos. Pero esto podía variar. Así BELTRÁN (1990) indica:

en síntesis, consistían en abrir dos fosos paralelos, extrayendo la tierra entre ellos para hallar un firme, cubrir la zanja con una capa de un metro o algo más, de la que la mitad aproximadamente fuese de piedras planas unidas por mortero o barro, unos 25 centímetros de una especie de betún de pequeñas piedras o ladrillo que le diese impermeabilidad y luego otra inerte y elástica más fina de mortero de cal prensado, que se cubriría de un empedrado, flanqueado por dos andenes o aceras y las correspondientes cunetas. Respecto a la anchura de 13, 7 y 4 metros ordenada por Augusto según la categoría de los caminos, se cumplió pocas veces y menos en Hispania, donde fueron rarísimas la *viae silice vel lapide stratae* o enlosadas, predominando las *glarea stratae* empedradas de guijarro o grava o *terrenae*. No faltan las encajadas en las laderas, abiertas en la roca o las que abrían carriles o guías e incluso alguna, como la del interior de Corduba, los tenían revestidos de hierro. Las canónicas capas de *statumen*, *rudus*, *nucleus* y *summa crusta* o *summum dorsum* pocas veces se encuentran en la Península.

En resumen, dentro de una amplia casuística, en una calzada romana sería esperable una estratificación subhorizontal de potencia decimétrica, material granodecreciente, de grava a zahorra, orlada de bordillos de obra.

GEOLOGÍA DEL TERRENO

Como bien es sabido en las construcciones de caminos, uno de los condicionantes básicos es la presencia y naturaleza de buenas canteras para aporte de los materiales necesarios a la obra y sus reparaciones, minimizando transporte y costos. Esto supone un adecuado conocimiento de la geología y geomorfología del terreno por donde se diseñe y construya la vía.

La zona del camino en estudio está formada por materiales del Terciario final, recubiertos por materiales más recientes del Pliocuaternario y Holoceno (IGME, 2014).

El Terciario está conformado por dos unidades, ambas del Ageniense (Mioceno). En el entorno de Huesca aflora una alternancia de margas y areniscas, subhorizontales y de espesor métrico. Las areniscas presentan frecuentes paleocanales de extensión limitada que pueden llegar a los 7 metros de espesor y con diaclasas. Un porcentaje significativo de esta zona está recubierto por recubrimientos de gravas de los glaciares holocenos, denominados *sasos*, así como alguna terraza fluvial del Isuela (RODRÍGUEZ VIDAL, 1986). El valle de Torón / Valdabrá y los diversos vales que surcan la sierra de la Galocha presentan rellenos de limos que se suponen del Holoceno. Su espesor puede alcanzar varios metros y presentar una importante erosión con abundantes procesos de sofusión tipo *piping* estudiados por BENITO y cols. (1993), quienes señalan erosiones laminares del orden de 1 centímetro por año.

Al sur del castillo de Orús, las areniscas desaparecen prácticamente en el límite municipal de Almudévar, donde surge una alternancia de limos y calizas lacustres. Forman una sierra residual que cierra la hoya de Huesca entre el valle del Flumen y la depresión de La Sotonera. La alineación se conoce en esta zona como sierra de la Galocha, amplia superficie estructural a favor de estratos de caliza horizontales. Por donde va el camino tiene una sección asimétrica. La ladera norte es mucho más escarpada que la meridional, más suave. En la ladera norte hay una serie de vales con procesos activos de erosión durante las lluvias de cierta intensidad. Hacia el sur, se presentan una serie de vales menos encajadas, de direcciones noreste-suroeste y norte-sur. Hoy se inician en la sierra, pero alguna de ellas tuvo conexión con las sierras prepirenaicas hasta ser capturada por el Flumen (PELLICER y GONZÁLEZ-HIDALGO, 1987). En esta pequeña estribación de la Galocha destacan los abundantes estratos subhorizontales en continuidad de caliza lacustre gris, que alcanzan hasta los 30 centímetros de potencia. Se han utilizado para construcción, de ahí el nombre popular de Canteras de Almudévar para la zona. Fragmentos rectangulares de caliza tabular, denominada localmente *pedra campana* o *campanil* por su sonido al golpe, han sido ampliamente utilizados en muros y edificios en Almudévar. En Huesca, esta piedra se usó en época romana para el pavimentado de calles. También se utilizó en algunos edificios en la segunda mitad del siglo XIX.

La identificación de las canteras es hoy incompleta y merecería un estudio específico. Alguna parece muy reciente (ETRS89 30T. X: 707655;

Y: 4662517). Otras, como ETRS89 30T. X: 706524; Y: 4661208, podrían estar relacionadas con la carretera de mediados del siglo XIX. Además de la piedra de canteras específicas, hay que señalar que una fuente importante de materiales pétreos son los reciclados de las acumulaciones de despedregado de los campos próximos en su periferia.

Hacia el sur, esta formación geológica da paso a una alternancia de yesos y limos. De hecho, ya antes de llegar a Almudévar desde Huesca, junto al camino, aparecen nódulos de yeso. Al sur de esta localidad, los yesos se van haciendo dominantes, como bien se observa en Zuera. La erodabilidad de estos materiales blandos al pisoteo y al tráfico rodado favorece el encajamiento del camino frente a los campos circundantes.

EL ANTIGUO CAMINO Y CABAÑERA

Haciendo uso de la información de las diversas fuentes y apoyados en el uso del visor Iberpix 4 del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2017), se ha procedido a recorrer la cabañera, que se encuentra situada al este de las actuales A-23 y N-330. En la descripción que sigue se incluyen las informaciones recogidas como observaciones de tipo geotécnico.

El antiguo camino, posible calzada romana y actual cabañera vaguada, se acercaba, por el sur, a Almudévar a través de la depresión de la Violada, zona transformada en riego a pie desde 1920 y que recientemente ha experimentado una concentración parcelaria y una nueva puesta en riego por aspersión, con una fuerte modificación del parcelario y del trazado viario histórico. En el núcleo urbano, la calle Mayor aparece como continuación del camino de Zaragoza a Huesca. A partir del cementerio, el camino vuelve a ser reconocible, hoy convertido en pista. El primer tramo se realiza en terraplén y apoyado en un tosco muro (fig. 1). Luego se encaja parcialmente en el terreno, entre muros de protección en piedra seca (de los que se muestra un detalle en la figura 2), hasta alcanzar una primera confluencia, donde se observan los restos de posibles muros perpendiculares al camino. A unos 380 metros, en una nueva confluencia, al oeste de un pequeño cerro cónico fortificado en la Guerra Civil, se inicia una pequeña subida donde la cabañera aumenta su anchura. Hay escombros recientes y acumulaciones de calizas, que parecen despedregados de campos vecinos y acopio para construcción y recebado de la pista.



Fig. 1. Muro del terraplén junto al cementerio de Almudévar (ETRS89 30T. X: 700510; Y: 4657982).



Fig. 2. Detalle de muro de protección en la cabañera de Huesca, en las cercanías de Almudévar.



Fig. 3. Muro en el terraplén en pequeña vaguada (ETRS89 30T. X: 701212; Y: 4658560).



Fig. 4. Vista general del terraplén de la figura anterior.



Fig. 5. Firme natural en la cabañera (ETRS89 30T. X: 702005; Y: 4658957).

Una primera vaguada presenta otro terraplén en ladera en parte desmontado. El muro bajo la espuenda (figs. 3 y 4), alcanza casi los 2 metros de altura en algún punto. Aparentemente fue construido en dos fases y muestra una estructura en dos hojas, sin argamasa. El relleno hacia el interior de la pista está hecho en material local y no se observa ningún tipo de estructura.

A partir de este punto, la pista asciende una cuesta hasta un collado (702548 / 4659431), donde una línea eléctrica cruza la cabañera. Es un tramo ligeramente superior a 1,1 kilómetro, donde el camino asciende suavemente sobre estratos de caliza que, evidentemente, suponen un buen firme natural (fig. 5). No se observan huellas de rodadura. En el entorno hay alguna caseta rústica; los restos de un refugio, quizás militar, que tuvo techo de uralita; y bastantes acumulaciones de *pedra campana*, alguna sugiriendo algún tipo de estructura. Además, destacan las lindes del camino / cabañera. A partir del collado, la pista desciende en ladera hacia Valdelasfuentes sobre recebo de material local. En el tramo inicial de descenso, la pendiente de la pista actual alcanza un valor, sobre plano, del 7%. Luego

cruza Valdecabritos y comienza un suave ascenso por la ladera derecha de Valduesa con firme de recebo local y algún estrato de caliza. La pista actual evita el fondo encharcable de la val, como parece que lo hacía el camino antiguo. En el inicio aparecen restos de algún tramo de muro. Tras pasar los restos de algunos edificios, en las cercanías de una plantación de trufas, la pista actual entra en el fondo del val hacia el punto 705180 / 4661455. En el cruce del barranco, se observa un relleno natural de limos sobre otro de gravas angulosas. Hay presencia de agua freática y superficial, y eflorescencias salinas con evidentes problemas de encharcamientos, en el firme de la actual pista (fig. 6). Es zona problemática para cualquier camino, pero no se han encontrado trazados alternativos antiguos. La pista cruza la vaguada, asciende por la orilla, frente a una balsa y se desvía hacia el este, cerca de una caseta con un ciprés característico. En las cercanías, hacia el centro de la vaguada, aparece un pequeño muro sin argamasa formado por pequeños bloques cuadrados, del orden de 0,2 metros de arista y 0,1 metros de espesor (fig. 7).



Fig. 6. Zona con firme inundable (ETRS89 30T. X: 705180; Y: 4661455).



Fig. 7. Muro lateral (ETRS89 30T. X: 706003; Y: 4661956).



Fig. 8. Alineación de bloques, posibles restos de bordillo lateral.



Fig. 9. Erosión diferencial paralela al camino y acumulación acordonada de grava gruesa.

El camino antiguo continúa hacia el noreste por el collado de San Juan. Es un amplio collado, bastante indefinido. Al salir de la pista circula primero entre una ladera yerma y un campo de cultivo. En la margen del campo aparecen más bloques de las características mencionadas, en parte extraídos del campo y en parte aparentemente *in situ* (fig. 8). Acopios de bloques se observan en la zona alta del camino, hacia la ladera. Conforme se abandona el suave collado, el camino continúa por una hombrera estructural entre la ladera de la sierra y el barranco de San Jorge. La erosión hidráulica se presenta en dos ejes. En parte paralela al eje del camino, ¿antigua cuneta?, y, en ocasiones, en forma transversal. La primera es interesante porque en varios lugares se observa que se dispone en el lateral de un cordón de grava de unos 3 metros de anchura (fig. 9). La diferencia de textura y permeabilidad entre la grava y los materiales limosos terciarios favorece la incisión en el contacto.

El mencionado cordón, formado por grava algo redondeada de cantos de caliza local de aproximadamente 0,1 metros de diámetro, se puede seguir



Fig. 10. Cordón artificial de grava.



Fig. 11. Muro apoyando la grava (ETRS89 30T. X: 706513; Y: 4662157).



Fig. 12. Detalle de cantera de arenisca (ETRS89 30T. X: 706299; Y: 4662043).



Fig. 13. Rampa suave de descenso hacia el límite de los términos municipales.

paralelo al camino actual durante unos 300 metros (fig. 10). No parece tener origen natural y se puede distinguir de las acumulaciones de coluviones de ladera. En los barrancos transversales, este cordón se apoya en un muro de bloques de arenisca de un tamaño también modesto. Un buen ejemplo se presenta en la figura 11, pero existen más ejemplos. En las cercanías aflora algún paleocanal de arenisca con trazas de haber sido canteado. Un detalle se presenta en la figura 12.

El camino comienza en un suave descenso (fig. 13), excavado en la ladera y con restos de murete en la zona exterior hasta un pequeño rellano en el límite de los términos municipales de Almodívar y Huesca. Allí, el camino desciende con una pendiente importante, 20 metros en 66 metros de planta, sobre mapa. Esto supone una pendiente del orden de un 30%, evidentemente importante para un tráfico rodado. Sin embargo, siguiendo la línea de piedras a modo de bordillo, se observa que el viejo trazado se dirigía a la ladera oriental de la cota 487. Aparentemente, su trazado ha sido



Fig. 14. Trazado del camino entre castillo de Torón y collado de San Juan, incluidas las dos variantes señaladas en torno a la cota 487.

reutilizado como agüera, hoy devenida en cárcava, para alimentar un pantano hoy en desuso junto a la N-330.

Por este trazado erosionado, el aumento de longitud reduce lógicamente la pendiente. Sobre el mapa es del orden del 7%, aunque pudiera ser ligeramente mayor a falta de una topografía fina. La figura 14 presenta ambos trazados. Aparentemente, el trazado de más pendiente era el usado por peatones, ganados, caballerías y recuas de abríos, mientras que el más suave se usaba para carros, galeras y otros carromatos.

Ambos caminos vuelven a unirse en la base del cerro cortado por un canal que procede de un antiguo azud situado en el barranco de San Jorge y que alimentaba al mencionado pantano, interesante ejemplo de gestión de recursos hídricos en zonas semiáridas. De allí, el camino continúa descendiendo hacia Valdabrá, en el tramo ya estudiado por JUSTE (1993). Destaca la pequeña cantera (fig. 15) y las rodadas (fig. 16) ya señaladas por ALIOD (1990: 21) y JUSTE (1993), con una anchura, desde el centro, de 1,40 metros, muy cerca de la conocida y debatida cifra de 1,43 metros. En el amplio valle de castillo de



Fig. 15. Restos de antigua cantera, quizás reutilizada como depósito de agua.



Fig. 16. Las ya clásicas rodadas (ETRS89 30T. X: 707485; Y: 4662581).



Fig. 17. Trazado de la cabañera-camino de castillo de Torón a collado de San Juan.

Orús-Torón (fig. 17), todo hace pensar que el camino seguía por la cabañera, sobre una reciente acumulación de materiales finos por arrastre que puede superar varios metros. Es posible que el nivel de la calzada romana esté enterrado. La figura 18 muestra una acanaladura en arenisca visible bajo los limos. Esto sugiere plantear la geofísica en la forma realizada por TSOKAS y cols. (2009).

La zona de castillo de Orús-Torón ha sido objeto de conflictos, como indica la gran cantidad de mojones de arenisca. Algunos presentan, como se señala más adelante, una sección troncocónica. La piedra, en una zona con bastante humedad edáfica, presenta claros problemas de haloclastia. Podemos señalar algunos hallazgos desplazados como consecuencia de la construcción de la A-23 (fig. 19). La fotografía aérea muestra estructuras lineales que pueden ser tuberías de abastecimiento de riego y agua potable, drenajes, conducciones telefónicas e incluso fortificaciones de la Guerra Civil. Una vez ascendido el glacis de Pebredro, la cabañera pasa al este del



Fig. 18. Acanaladura excavada en banco de arenisca en la cabañera (ETRS89 30T. X: 708586; Y: 466363).

Centro Tecnológico Walqa, las antiguas granjas de Doux, el IES Pirámide, el cementerio municipal y el pie del cerro de San Jorge. A efectos de rodadura, es zona de buen firme y drenaje por la grava, pero está muy alterada y prácticamente no aparece nada del antiguo camino.

OBSERVACIONES EN EL CAMINO

Ciertamente, las observaciones sobre el terreno son muy modestas. Se intentan comparar con las características de las vías romanas ya expuestas.

Miliarios

En el término de Huesca, la cabañera presenta varios mojones rectangulares de arenisca, de más de 1 metro de altura, en el tramo lindante con el castillo de Orús. JUSTE (1993) señala la existencia de un miliario anepigráfico junto a la planta de gravas. Quizás es el de la figura 19, desplazado como consecuencia de las obras de la A-23.



Fig. 19. Posible miliario romano desplazado (ETRS89 30T. X: 709048; Y: 4663597).



Fig. 20a. Mojón troncocónico en la cabañera (ETRS89 30T. X: 708157; Y: 4663055).



Fig. 20b. Mojón troncocónico en la cabañera (ETRS89 30T. X: 707864; Y: 4662829).



Fig. 21. Posible resto de clavo de *caligae* en el yacimiento junto al camino.

Además, hay diversos mojones que jalonan la cabañera. La mayoría son bloques de paralelepípedos de arenisca sin tallar, que superan el metro de altura, pero algunos como los de las figuras 20a y 20b tienen forma troncocónica.

Restos arqueológicos

En el tramo Almodévar-Huesca hay diversos yacimientos romanos, en su mayor parte ya descubiertos por A. Bail. Por ejemplo, Valduesa (PASTOR, 2008: 278-287) y Fuentes (PASTOR, 2008: 337-345). Este último se ha relocalizado, de forma independiente, durante el presente estudio. Se trata de un pequeño yacimiento junto al camino, en una zona erosionada en las cercanías de Valdelasfuentes. En superficie aparece un conjunto de cerámicas de amplia cronología, desde el siglo I al III d. C., en época altoimperial. Se han localizado fragmentos de las vasijas habituales de un establecimiento rural de esta época: cerámica de lujo como *terra sigillata* gálica y mayoritariamente hispánica; cerámica de mesa, como jarras y cuencos de diversos tamaños de cerámica engobada; cerámica de cocina tanto de producción local (ollas)

como importada del norte de África, así como restos de cerámicas de almacenaje tipo dolia y ánfora. Asimismo, se ha observado la presencia de artefactos de hierro y plomo, muy oxidados superficialmente. Los primeros corresponden a clavos de cáliga (fig. 21). La cronología del yacimiento está en consonancia con la fundación de Caesaraugusta, hacia el año 14 antes de la era cristiana, que conllevó la necesidad de una comunicación con Osca.

Estructura viaria

Como se ha señalado, el camino estudiado está muy afectado por diversas infraestructuras de transporte más recientes. La única zona poco afectada por acciones humanas, al margen de lo que pueda haber enterrado en el castillo de Orús-Torón, es el tramo en torno al collado de San Juan. Las estructuras visibles en las figuras 7 a 11 se pueden interpretar como un camino entre bordillos que contienen una capa de grava que se puede asociar con un *rudus* (fig. 22). El camino está muy erosionado, de modo que no es fácil determinar su anchura, que parece ser del orden de los 3 metros.



Fig. 22. Presunto *rudus* (ETRS89 30T. X: 706505; Y: 4662139).

Las pendientes también son fuertes en algún punto entre Torón y el collado de San Juan. Sobre el mapa, a falta de un estudio topográfico detallado, el camino no parece llegar a una pendiente superior al 15%, como señalan MORENO (2004) y VERHAGEN y JENESON (2012), que indican que pocas veces la pendiente supera el 8% y nunca el 15%.

No se observa resto constructivo alguno que pueda interpretarse como un enlosado. La presencia de los acopios en la periferia del camino, abundantes en toda la sierra de la Galocha, sugiere la posibilidad de que pudo haberlo y que estaríamos ante otro caso de reciclado de materiales, como sucedió con la piedra arenisca de las sucesivas murallas oscenses o los ladrillos de Montearagón.

Como se desprende de las observaciones realizadas durante el trabajo efectuado, el actual estado del camino es deplorable. Sería bueno hacer algún tipo de valorización del mismo en la línea de lo realizado en Zaragoza (MORENO, 2009) y Navarra (SÁNCHEZ-VERDÚ, 2016).

CONCLUSIONES

Se ha recorrido el camino antiguo entre Almudévar y Huesca, que se identifica bien sobre el terreno y cuya longitud es muy similar a las XII millas del Itinerario de Antonino. Se han observado una serie de restos muy modestos, que se concentran en un tramo reducido en torno al collado de San Juan, cuyas características podrían corresponder con una calzada romana, pero están muy afectados por la erosión y las actividades antrópicas. Merecería la pena conservarlos y estudiarlos con más detalle.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado parcialmente por el Ayuntamiento de Almudévar con motivo de la concesión del Premio José Luis Aliod Gascón (convocatoria de 2016) a uno de los autores (Pablo Martín-Ramos). Agradecemos a Julia Justes sus opiniones sobre el terreno y la calificación de la cerámica romana observada. También ha contado con el asesoramiento del personal de las bibliotecas de la Escuela Politécnica Superior de Huesca y el Instituto de Estudios Altoaragoneses, al que los autores desean manifestar su agradecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAGÓN, A. (2008). *Informe sobre el proyecto de prospección arqueológica en las obras de concentración parcelaria del término municipal de Almudévar (Huesca)*. Dirección General de Patrimonio Cultural. Diputación General de Aragón. Ayuntamiento de Almudévar. Expediente 278/2008.
- ALIOD, J. L. (1990). *Almudévar: historia de una villa aragonesa*. IEA. Huesca. 174 pp.
- ARCO, R. del (1954). Modificaciones de vías romanas en la Edad Media. *Archivo Español de Arqueología*, 89-90: 295-300.
- ARIÑO, E., M.^a P. LANZAROTE, M.^a Á. MAGALLÓN y M. MARTÍN-BUENO (1991). Las vías de Italia in Hispanias y Ab Asturica Terracone: su influencia en el emplazamiento, catastros y desarrollo de algunas de las ciudades del valle medio del Ebro. *Bolskan*, 8: 243-262.
- BALAGUER, F. (1956). Recensión de Arco, R. del: Modificaciones de vías romanas en la Edad Media. *Argensola*, 25: 107.
- BELTRÁN, A. (1990). La red viaria en la Hispania romana: Introducción. En *Simposio sobre la Red Viaria en la Hispania Romana*: 45-53. IFC. Zaragoza.
- BENITO, G., M. GUTIÉRREZ y C. SANCHO (1993). The influence of physico-chemical properties on erosion processes in badland areas, Ebro basin, NE-Spain. *Zeitschrift fur geomorphologie*, 37: 199-214.
- CABRÉ, M.^a D. (1959). Noticias y documentos del Altoaragón: La Violada (Almudévar). *Argensola*, 38: 133-160.
- CAÑARDO, J. (1908). *Historia antigua de Huesca*. Imprenta Viuda de Leandro Pérez. Huesca. 210 pp.
- CARRILLO MURCIA, P. (1951). Vía romana del Summo Pyreino a Cesaraugusta. *Seminario de Arte Aragonés*, III: 31-46.
- CEÁN, J. A. (1832). *Sumario de las antigüedades romanas que hay en España, en especial las pertenecientes a las Bellas Artes*. Imprenta de Miguel de Burgos. Madrid. 538 pp.
- GALIAY, J. (1946). *La dominación romana en Aragón*. IFC. Zaragoza. 251 pp. + xxiii láminas.
- HAREL, M. (1959). The Roman Road at Ma'aleh 'Aqrabbim ('Scorpions' Ascent'). *Israel Exploration Journal*, 9 (3): 175-179.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional) (2017). Visor Iberpix 4. Consultado en enero-mayo de 2017.
- IRANZO, M.^a T. (1993). Los sistemas de comunicación en Aragón en la Edad Media: una revisión. *Anuario de Estudios Medievales*, 23: 89-110.
- JUSTE, M.^a N. (1993). Nuevos yacimientos en el trazado de la vía romana Caesaraugusta-Osca. *Bolskan*, 10: 187-222.
- LAURENCE, R. (1999). *The Roads of Roman Italy: Mobility and Cultural Change*. Routledge. Nueva York. 240 pp.
- MADOZ, P. (1985, 1845-1850). *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar. Provincia de Huesca*. Ed. facsímil: Ámbito Ediciones / DGA. Valladolid. 335 pp.

- MAGALLÓN, M.^a Á. (1987). *La red viaria romana en Aragón*. DGA. Zaragoza. 305 pp.
- MORENO, I. (2004). *Vías romanas. Ingeniería y técnica constructiva*. Ministerio de Fomento. Cedex. Madrid. 242 pp.
- MORENO, I. (2009). *Item a Caesarea Augusta Beneharno*. Centro de Estudios de las Cinco Villas. Ejea de los Caballeros. 261 pp.
- MORENO, I. (2010). Vías romanas: identificación por la técnica constructiva. *Cimbra*, 389: 20-38.
- NAVAL, A. (2006). *La red viaria histórica*. En A. Castán (ed.), *Comarca de la Hoya de Huesca*: 137-144. Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales. Diputación General de Aragón (Territorio, 22). Zaragoza.
- PASTOR, M.^a V. (2008). *Estudio de los bienes patrimoniales situados en el término municipal de Almudévar (Huesca), para su inclusión en el Catálogo del Plan General de Ordenación Urbana*. DGA / Ayuntamiento de Almudévar. Expediente 359/2008. 904 pp.
- PELLICER, F., y J. C. GONZÁLEZ-HIDALGO (1987). Depósitos del somontano oscense en la depresión de la Violada. En *Actas del X Congreso Nacional de Geografía*: 47-56. Asociación de Geógrafos Españoles. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Zaragoza.
- RODRÍGUEZ-MORALES, J., J. L. FERNÁNDEZ MONTORO, J. SÁNCHEZ SÁNCHEZ y L. BENÍTEZ DE LUGO ENRICH (2012). Los *clavi caligarii* o tachuelas de cáliga: elementos identificadores de las calzadas romanas. *Lucentum*, xxxi: 147-164.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. R. (1986). *Geomorfología de las Sierras Exteriores oscenses y su piedemonte*. IEA. Huesca. 172 pp.
- SÁNCHEZ-VERDÚ, A. (2016). La puesta en valor de las calzadas romanas. Estudio, excavación y recuperación social del patrimonio arqueológico inmueble. *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra*, 24: 215-231.
- TSOKAS, G. N., P. I. TSOURLOS, A. STAMPOLIDIS, D. KATSONOPOULOU y S. SOTER (2009). Tracing a major Roman road in the area of ancient Helike by resistivity tomography. *Archaeological Prospection*, 16 (4): 251-266.
- VERHAGEN, P., y K. JENESON (2012). A Roman Puzzle. Trying to Find the Via Belgica with GIS. *Thinking beyond the Tool: Archaeological Computing & the Interpretive Process*, 2344: 123-130.

MINA FELICIDAD (VALLE DE BARDAJÍ, RIBAGORZA)

José Luis VILLARROEL¹
Víctor VIÑALS¹
José Antonio RAUSA²
Pedro Sidonio PEREIRA DA SILVA³
Pablo MARTÍN-RAMOS¹
José Antonio MANSO¹
Pilar LAPUENTE¹
José Antonio CUCHÍ¹

RESUMEN.— Este artículo presenta información sobre la mina denominada *Felicidad*, situada en el valle de Bardají, en las laderas del Turbón. La mina fue trabajada en la Antigüedad y reabierta a finales del siglo XIX. El mineral es una caliza impregnada de metales pesados, especialmente hierro y manganeso.

ABSTRACT.— This work presents information about the mine called *Felicidad*, located in the Bardají valley on the slopes of Turbón. The mine was worked in antiquity and reopened at the end of the 19th century. The ore is a limestone impregnated with heavy metals mainly iron and manganese.

KEY WORDS.— Mina Felicidad, valle de Bardají, Ribagorza, Huesca (Spain).

Recepción del original: 13-9-2017

¹ Universidad de Zaragoza. jlvilla@unizar.es, victor@unizar.es, pmr@unizar.es, manso@unizar.es, plapuent@unizar.es, cuchi@unizar.es

² Grupo de Tecnologías en Entornos Hostiles (GTE). Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Edificio I+D+i. Universidad de Zaragoza. C/ Mariano Esquillor, s/n. E-50018 ZARAGOZA. jarausa@ono.com

³ Universidade de Coimbra. psidonio@fis.uc.pt

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se está dedicando algún esfuerzo al estudio de antiguas minas en la provincia de Huesca, desde diferentes puntos de vista. Véanse, por ejemplo, CALVO y cols. (1988), CASTROVIEJO y NODAL (1985), CASTROVIEJO (1986), CUCHÍ (1995), NIETO (1996), SUBÍAS y cols. (1993 y 1999), RODEGHIERO y cols. (1995), YUSTE y cols. (1995 y 1998), JOHNSON y cols. (1996), JIMENO (2003 y 2004), MATEO y cols. (2007 y 2010), GILLOT y cols. (2012), CUCHÍ y MANSO (2014), y VILLARROEL y CUCHÍ (2013).

En estos trabajos se han estudiado diversas minas altoaragonesas pero, hasta ahora, ninguna en el Turbón. IGME (2009) tampoco cita la presencia de minerales metálicos en este macizo. Sin embargo, en el valle de Bardají existe una antigua mina, de la que la página web <https://vallaxen.jimdo.com> da clara información. En su documentada obra, MADDOZ (1985 [1845-1850]: 22) bajo la voz *Aguascalas* cita: “en el Turbón, en el que hay una mina de plata que se explotó en algún tiempo, según indica su boca; esta tiene varios escalones que con el transcurso del tiempo se han derruido. La sociedad minera del Sobrarbe la denunció en el año 1840, y trabajó algo en sus escombros, pero ha suspendido las labores”. La misma fuente cita una antigua mina de oro en Cotiella pero, evidentemente, eso es otra historia.

Mina Felicidad aparece relacionada con las calizas de este macizo de la Ribagorza. Pero la plata aparece generalmente asociada con filones hidrotermales en rocas metamórficas o volcánicas. Por ejemplo, hay plata asociada a calizas en el distrito de Colquijirca, en Perú (BENDEZÚ y FONTBOTÉ, 2009), pero se encuentran dentro de un ambiente claramente volcánico. También puede aparecer en la galena, básicamente sulfuro de plomo. En Huesca hubo minas de este mineral en Yenefrito, Bielsa-Chisagüés-Parzán, Benasque-Cerler y Bono (CALVO y cols., 1988).

SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

Es interesante la información complementaria existente en el Archivo Histórico Provincial de Huesca donde está el expediente de la mina. Siguiendo la legislación vigente, básicamente la Ley de Minas de 1859 con las reformas de la Ley de Bases Generales de 28 de diciembre de 1868, “a las 11 de la mañana del 23 de noviembre de 1874, Juan Farled, en nombre de

Sebastián Sesé, vecino del valle de Bardají, solicita el registro de 12 pertenencias de una mina de mineral argentífero con el nombre de La Felicidad”. Ese mismo día, Ángel Abad, como gobernador civil, admite la solicitud pero poco se debió avanzar dado que el interesado reclama la tramitación el 12 de abril del año siguiente. El 21 de mayo de 1875, Juan Bautista Vicens, ingeniero de Minas, acompañado del ayudante Francisco Magallón, practican la demarcación en presencia de Vicente Felipe, vecino de Naval, Manuel Bielsa, de Plan, y el interesado. El acta indica que no hay mina alguna en la comarca y que la mina está en terreno del Cretácico. El punto de partida es la escombrera y la prolongación del eje de la galería se relacionó por medio de una visual dirigida a la cumbre del Mallo de Turbón en dirección este 15° sur y, por otro, al eje de la boca de la galería tomando dirección sur 8° este. Por posible sugerencia del ingeniero, el interesado renuncia a ocho de las doce pertenencias solicitadas quedándose con 40 000 m².

La tramitación continúa. El 13 de junio de 1875, renuncia el representante en Huesca, por razones no explicitadas. El 21 de junio de 1875, aparece el correspondiente anuncio en el *Boletín Oficial de la Provincia de Huesca* con firma de Gaspar Tortajada, gobernador civil. El 18 de mayo de 1878, José Dessy, oficial de Administración de Contribuciones y Rentas, confirma que se han pagado 40 pesetas por cuatro trimestres en concepto de canon de superficie y que no se procede a la caducidad. El 27 de mayo de 1896, se indica que no se han pagado 21 pesetas por siete trimestres, que se abonan el 18 de julio del año siguiente. En enero de 1904, se adeudan 69 pesetas por cuatro trimestres. El 17 de febrero de este año, el gobernador civil da por caducada la concesión pero, el 14 de mayo, se indica que se ha pagado la deuda. Sin embargo, el 2 de noviembre de 1906, se indica que han quedado desiertas las tres subastas de varias minas, incluida la Felicidad. Desde entonces parece que no se han realizado labores mineras en esta cavidad.

MARCO GEOLÓGICO

La mina se encuentra en el flanco oeste de la montaña del Turbón. Una cartografía de la geología básica y la memoria correspondiente se encuentra en IGME (2008). La ladera oeste de esta montaña, plegada en un espectacular anticlinal, abierto en combe por el glaciario pirenaico, está formada por las calizas cretácicas de la formación Aguas Salenz. Con un

espesor de unos 250 metros, que buza al noreste, estas calizas del Coniaciense – Santoniense ($89,8 \pm 0,3 - 83,6 \pm 0,2$ Ma) son interpretadas en SIMÓ (1986 y 1989) e IGME (2008) como facies de talud y cuenca. Información tectónico-sedimentológica más detallada se encuentra en ARDÈVOL y cols. (2000) y DRZEWIECKI y SIMÓ (1997). Estos, al estudiar la evolución de las plataformas carbonatadas del Cretácico en los Pirineos meridionales, indican la presencia de acontecimientos anóxicos.

LA MINA Y SU MARCO GEOGRÁFICO

La ubicación de la mina es bien conocida por los vecinos de Lleret, a través de los cuales se tuvo la primera noticia. Situada en ETRS89. Huso 31, X: 293615; Y: 4700647; Z: 1480 metros, el topónimo y la ubicación de la mina aparecen en la cartografía del *Mapa excursionista del Alto Ésera* a escala 1 : 40 000. Se accede con cierta facilidad desde la pista de Lleret a Esterún por la pista que sube hacia el collado de La Margalida. Al final de un largo zigzag se toma una pista secundaria que se dirige hacia el sur por la ladera del macizo. En un antiguo final de pista se puede comenzar a caminar por una estrecha senda durante unos diez minutos hasta un canchal en la base de



Fig. 1. Boca de Mina Felicidad (valle de Bardají, Ribagorza).

una canal. En la orilla opuesta, en el lateral de la glera, se encuentra la boca de la mina (fig. 1). También se puede acceder en vehículo por una pista forestal reciente que ha aterrizado el canchal.

Como se ha señalado, la boca de la mina aflora rodeada por canchales, activos y fósiles, en la base de una gran fractura subvertical que desciende desde la parte superior de la montaña y que ha evacuado una gran masa de clastos periglaciares, probablemente con la ayuda de episódicos flujos de agua. Una fracturación menor, de la misma dirección, se observa dentro de la cavidad y se encuentra karstificada.

TOPOGRAFÍA DE LA MINA

Es evidente que la mina ha sido recorrida en tiempos recientes, pero no se ha localizado ninguna topografía de la misma. A finales de 2016 se realizaron dos visitas a la mina y se hizo un levantamiento mediante métodos clásicos en espeleología: brújula-clinómetro Suunto, distanciómetro Leica-distio y cintas métricas. Los resultados se presentan en la figura 2.

La mina presenta en la actualidad dos niveles visitables. Está formada por dos galerías de altura limitada, prácticamente superpuestas, unidos por un pequeño pozo vertical de unos 2 metros que puede presentar algún problema. La galería inferior sigue una diaclasa karstificada que en algunos puntos da altura a la galería. No hay restos de entibos, aunque los laterales del tramo inferior muestran paredes de piedra seca en un cuidadoso trabajo. La longitud total es de 92 metros. Se observan también varias pequeñas galerías ciegas, alguna de las cuales pudiera tener continuidad bajo los escombros del piso, concordando con la descripción de MADDOZ (1985 [1845-1850]: 22).

Dentro de la mina, no aparece una mineralización metálica clara. No se ha localizado ninguna escombrera minera exterior, cerca de la boca. Apparentemente, los mineros extrajeron una caliza oscura que contrasta con la caliza clara del entorno y clastos de la glera. En campo aparece como una masa carbonatada con manchas pardas y grises oscuras surcada por venas de color blanco con manchas rojizas. Es probable que hubiera alguna fundición cercana.

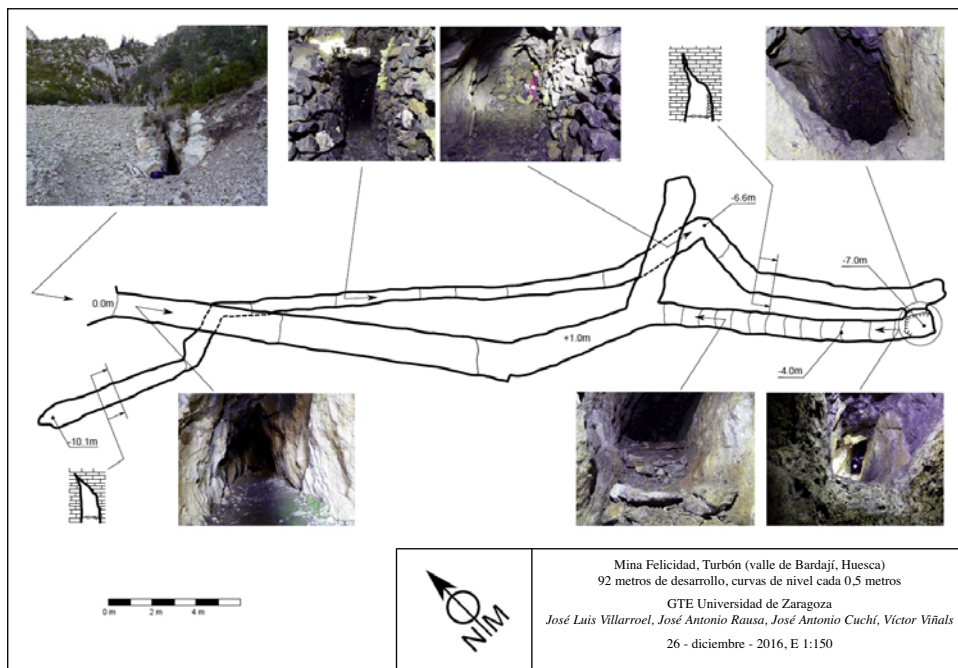


Fig. 2. Topografía de Mina Felicidad (GTE, Universidad de Zaragoza).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para este artículo se ha tomado una muestra seleccionada por su mayor color oscuro y densidad ($2,6 \text{ t/m}^3$). Hay que señalar que son criterios totalmente subjetivos, que se han aplicado a falta de otros. Los resultados analíticos pueden ser diferentes a los de otras muestras.

Métodos analíticos

Se ha realizado una lámina delgada para la observación al microscopio petrográfico. Se ha elaborado en el Servicio de Preparación de Láminas Delgadas del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza. Se ha estudiado en un microscopio de luz polarizada OLYMPUS AX-70, del Departamento de Ciencias de la Tierra y en un microscopio petrográfico NIKON Eclipse 50iPOL con un dispositivo acoplado CITL CL8200 Mk5-1, para el estudio de la catodoluminiscencia (CL). Las

fotografías petrográficas se han tomado con una cámara NIKON DS-Fi2 dotada con la aplicación NIKON NIS-Elements D. La CL se ha registrado con una cámara NIKON CoolPix5400 acoplada al microscopio mediante un adaptador NIKON CoolPix MDC Lens, de la Unidad de Estudios Arqueométricos del Instituto Catalán de Arqueología Clásica.

Una parte de la misma muestra, 4,0807 gramos, se ha atacado con agua regia. La solución, convenientemente aforada en un matraz de 100 mililitros. Esta se ha analizado por vía húmeda mediante un espectrofotómetro de absorción atómica Varian SpectrAA 110. Se utilizaron como estándares los siguientes patrones: Mn 313185 Panreac solución 1000 mg/L; Ni 313187 Panreac solución 1000 mg/L; Fe 313182 Panreac solución 1000 mg/L; Co 313177 Panreac solución 1000 mg/L; Pt 1.09867 Merck solución 1000 mg/L; AgNO₃ 141459 Panreac solución de 1000 mg/L. Se prepararon patrones de las siguientes concentraciones: Mn: 0,2 – 0,8 – 1,6 – 3 – 5 mμ/mL; Ni, Fe y Co: 0,2 – 1 – 3 – 5 – 7 – 10 mμgr/mL; Pt: 1 – 2 – 5 – 10 mμgr/mL; Ag: 0,5 – 1 – 2 – 5 – 10 mμgr/mL.

Otra parte de la muestra de mineral en bruto y el residuo insoluble al agua regia del análisis por vía húmeda se han analizado mediante fluorescencia de rayos X (FRX) en un equipo Hitachi SEA6000VX del laboratorio del Departamento de Física de la Universidade de Coimbra. Se estima que la precisión del equipo está en torno a las 200 partes por millón en sólido que corresponde a 200 mg/kg. De cada muestra se han analizado las zonas masivas más representativas por el color de las manchas. Hay que tener en cuenta que los resultados son de menor precisión que los realizados por vía húmeda y que el equipo solo detecta elementos con $Z \geq 11$, sodio (Na) y, por tanto, ni carbono (C) ni oxígeno (O).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra manual se ha caracterizado macroscópicamente. Se trata de una roca sedimentaria gris oscura en corte fresco y con pátina superficial anaranjada por oxidación. Presenta un aspecto compacto y fractura concoidea, de grano fino con escasos componentes oscuros milimétricos y otros cristalinos claros, con presencia de microvenas rectilíneas de microcristales blancos (figs. 3a y 3b).

Reacciona frente al ácido, con burbujeo y desprendimiento de CO_2 por descomposición de sus componentes, aspecto que marca su alto contenido en carbonatos, propio de las rocas carbonatadas. En la sección preparada para la elaboración de una lámina delgada, muestra su uniformidad y tamaño de grano fino (fig. 3b).

Caracterización microscópica y de catodoluminiscencia

Se ha estudiado una lámina delgada al microscopio óptico de luz transmitida con objeto de caracterizar su composición y textura para su identificación y clasificación.

Se ha teñido la lámina con rojo de alizarina S, técnica que permite observar mediante tinción roja el contenido de calcita (fig. 3c). Como se observa en la fotomicrografía está compuesta por un alto contenido en calcita (> 95%), muy escasa dolomita (1%) y componentes terrígenos siliciclásticos (3%).

La misma lámina delgada fue sometida a estudio de catodoluminiscencia para comprobar si los carbonatos emitían luminiscencia al ser bombardeados por un chorro de electrones en cámara al vacío generado con un dispositivo emisor de energía (en condiciones de 300 μA de intensidad de corriente eléctrica con 15 kilovoltios y 50 kilovoltios de potencial eléctrico). La imagen registrada (fig. 3d) muestra una CL homogénea de baja intensidad para la mayoría de sus componentes con muy escasos cristales de calcita con alta intensidad de CL y emisión roja.

El estudio petrográfico pone de manifiesto la naturaleza de los granos carbonatados que integran esta caliza. Destacan por su alto porcentaje los granos esqueléticos, o componentes inorgánicos de organismos (bioclastos) con caparazones de conchas en distinto estado de fragmentación, en su mayoría moldes bien conservados (figs. 3e y 3f) y con un buen grado de empaquetamiento. Además, muestra algunos agregados de peloides, en una matriz micrítica concentrada de forma heterogénea en zonas arqueadas y presencia de cemento microesparítico irregularmente distribuido rellenando la porosidad interpartícula e intrapartícula. La naturaleza de los bioclastos es variada, distinguiéndose los moldes de algunos organismos con facilidad (microforaminíferos multicámara, briozoos, crinoides,

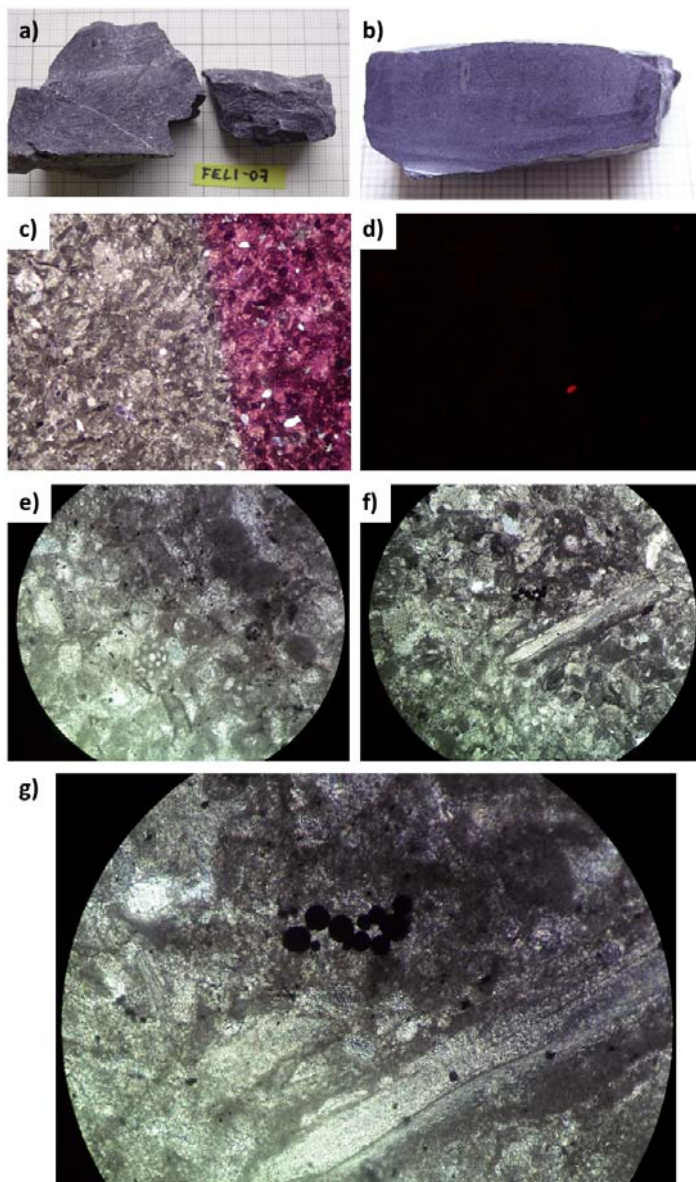


Fig. 3. *a* y *b*, Aspecto macroscópico de la caliza de Mina Felicidad; *c*, fotomicrografía en luz polarizada cruzada donde se observa la textura general y su alta composición en calcita, por su tinción roja (la longitud del lado más largo de la imagen equivale a 4 milímetros); *d*, la misma imagen en condiciones de catodoluminiscencia; *e* y *f*, diferentes observaciones bajo el microscopio óptico de polarización donde se visualizan sus componentes bioclásticos; *g*, detalle de la imagen anterior.

corales, algas, moluscos) y otros de difícil identificación. En el detalle que se muestra en la figura 3g, se observa además de la textura laminar de los cristales de calcita de un fragmento de alga, una curiosa concentración de pequeñas estructuras opacas circulares a modo de bolitas negras que recuerdan las morfologías de las piritas framboidales. La presencia de estas es común en medios anóxicos, actuales y antiguos (WILKIN y BARNES, 1997).

En la clasificación de esta caliza marina, atendiendo al alto contenido en bioclastos, se denominaría *bioesparita*, según terminología de FOLK (1959 y 1962) con más del 50% de aloquímicos y con textura granosoportada que combina la presencia de matriz y cemento (*poorly washed*). Atendiendo a la clasificación de DUNHAM (1962) y la revisada de WRIGHT (1992), se trata de un *packstone* con presencia de fina matriz micrítica, algunas recristalizaciones de microesparita, y con escaso desarrollo de cemento esparítico.

Análisis por vía húmeda por absorción atómica

Los resultados del análisis por absorción atómica se presentan en la tabla 1. El valor más alto corresponde al hierro, coherente con la presencia de minerales opacos tipo piritas framboidales, que se observan a lámina delgada. Destaca la presencia de platino y plata que pudo dar origen al calificativo de la mina.

Tabla 1. Resultados de análisis de una muestra 2 por vía húmeda.

	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ag</i>	<i>Pt</i>
mg/L (solución)	0,86	1,09	105,21	0,54	1,43	8,00
gr/T (sólido)	21,05	26,68	2575,71	13,22	35,01	195,85

Los valores de metales pesados son del orden de los presentados por DRZEWIECKI y SIMÓ (1997) para carbonatos de plataformas del Cretácico medio (Cenomaniense – Turoniense) en medios marinos con redox positivo próximos como en Sopeira (hierro [Fe]: 1500 partes por millón; manganeso [Mn]: 100 partes por millón).

Fluorescencia de rayos X

Sobre un trozo diferente de la misma muestra se realizaron dos análisis de fluorescencia de rayos X en una zona de color rojizo y otra de color más oscuro (figs. 4 y 5). Dada la heterogeneidad de la muestra, este análisis se puede considerar como semicuantitativo.



Fig. 4. Zona en facies parda estudiada en FRX.



Fig. 5. Zona en facies oscura estudiada por FRX.

Los valores de concentración entran en lo considerado habitual por BAUSCH (1968). Los resultados muestran un claro predominio del contenido en calcio (Ca), totalmente coherente con la naturaleza calcárea de las muestras y su entorno geológico. El análisis no revela presencia de magnesio (Mg), corroborando la reducida presencia de dolomita puesto en evidencia en lámina delgada. Aparece también estroncio (Sr), elemento relacionado con la transformación aragonito – calcita de los fósiles. El contenido en rubidio (Rb) es el habitual en rocas y muestras de suelo. La presencia de arena silíceas y arcillas no caracterizadas se manifiesta en los contenidos en silicio (Si), aluminio (Al) y potasio (K). El contenido en hierro (Fe) tiene un alto nivel en la facies marrón, como también aparece en el análisis por vía húmeda. La muestra contiene, además, elementos sensibles a procesos redox y formadores de sulfuros insolubles como níquel (Ni), vanadio (V), zinc (Zn) y elementos ligados al depósito de materia orgánica como el cobre (Cu). También se han detectado picos de wolframio (W) y tántalo (Ta). Destaquemos que, en consonancia con la pirita detectada en lámina delgada, se ha detectado azufre (S) por FRX sobre el residuo insoluble del ataque con agua regia. Este viene habitualmente acompañado de arsénico (As) (tabla II).

Los metales pesados superan en algún orden de magnitud los valores presentados por PARKER (1967) para rocas carbonatadas de ambientes marinos profundos.

Tabla II. Resultados de análisis por FRX de las facies parda y negra de una muestra de Mina Felicidad. Datos en ppm.

	<i>Facies parda</i>		<i>Facies gris</i>	
		S		S
Ca	615 419,55	599,28	827 612,75	537,51
Si	177 336,64	806	75 766,17	581,72
Al	109 559	1964,95	79 045,02	196,4
Fe	62 421,97	106,45	8088,54	35,74
K	22 500,79	122,44	8078,66	54,8
Ti	9943,59	72,42	433,06	19,15
Mn	1088,73	25,54		
Zr	666,68	5,43	412,89	3,83
Sr	542,88	2,42	489,19	1,95
Cr	160,31	9,2		
Zn	153,79	3,38	16,11	1,62
Cu	74,81	3,54	10,72	2,14
As	72,93	1,5	40,17	1
Rb	58,34	1,16	6,72	0,67

S: desviación típica.

Es interesante la presencia de metales pesados en esta caliza. La presencia de hierro y manganeso es habitual en el Prepirineo. Oxihidróxidos de hierro aparecen en masas de modesto tamaño, denominados localmente *cagaferro*. Es posible que se utilizaran localmente como mena de hierro aunque la única mina conocida, en Betorz, parece haberse utilizado para extracción de pigmentos (VILLARROEL y CUCHÍ, 2013). Manganeso se extrajo en Estopiñán (CALVO y cols., 1988). Aparece en calizas brechoides del Cretácico, en las cercanías de afloramientos de ofitas. Su presencia, según IGME (1996), se debe a un doble proceso de acumulación. El origen primario podría ser hidrotermal ligado a zonas de fractura, y una posterior acumulación por procesos kársticos. En el caso de esta mina, no se conocen

afloramientos cercanos de ofitas. En cuanto a otros metales pesados, los datos de STUBEN y cols. (2002), en niveles geológicos de Beloc (Haití) por debajo del límite K-T, son del orden de los presentados aquí para Cu y Zn, pero los valores de arsénico, rubidio y zirconio son más altos que en este artículo.

Ya se ha señalado que la concentración de metales pesados supera a la normal en rocas carbonatadas marinas. Podrían proceder de cenizas volcánicas o emanaciones submarinas (humeros). Otra posibilidad, enumerada como hipótesis, podría ser una acumulación marina en condiciones de anoxia. Varios episodios de anoxia oceánicos (OAE: *Oceanic Anoxic Event*) ocurrieron en el Cretácico. Uno de ellos, el OAE 3, se produjo en el Santoniense – Coniaciense y es citado por varios autores a escala mundial, por ejemplo, REY y cols. (2004), JENKYNS (2010) y PRAUSS (2015). En el entorno pirenaico también es señalado por POMAR y cols. (2005). Por otro lado, en general, los episodios de tipo anóxico suelen corresponder, en sondeos submarinos, con depósitos de arcillas negras con bajo contenido en carbonatos y altos valores de aluminio, como indican MÄRZ y cols. (2008).

CONCLUSIONES

Se ha realizado una cartografía de la Mina Felicidad, en Lkert (valle de Bardají), que muestra un desarrollo francamente modesto. Es posible que haya más galerías bajo los derrubios tanto en la galería cartografiada como en el exterior.

Los análisis de una muestra de lo que pudiera ser el mineral extraído en la mina ofrecen un bajo contenido en plata. Hierro, titanio y manganeso son los metales más abundantes.

En el momento actual, poco se puede indicar con seguridad sobre la génesis de la mineralización. Podrían sugerirse emanaciones submarinas o fases anóxicas. Evidentemente, el tema necesita de un estudio más detallado.

Es muy posible que esta mina sea una de las que hicieron exclamar a Lucas Mallada: “Algunos nódulos y vetillas de pirita arsenical enclavados en las calizas de Cotiella y el Turbón se tomaron como ricos indicios de criaderos de oro y plata por las gentes del país, y motivaron excavaciones

hoy completamente en abandono. Las fábulas inventadas en la comarca sobre esta materia nos apartarían del asunto más de lo que es menester” (1875: 200-201).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la inestimable ayuda del personal de la Biblioteca de la Escuela Politécnica Superior de Huesca en la obtención de la bibliografía. La lámina delgada para el estudio petrológico se ha realizado en el Servicio de Preparación de Láminas Delgadas del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza (Unizar), a cuyos laborantes se agradece el esmero en el trabajo realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAMA, J. (1846). Apuntes geognóstico-mineros de la provincia de Huesca y parte de la de Zaragoza o el territorio designado con el título de Alto Aragón. *Anales de Minas*, tomo IV: 191-233.
- ARDÈVOL, L., J. KLIMOWITZ, J. MALAGÓN y P. J. NAGTEGAAL (2000). Depositional sequence response to foreland deformation in the Upper Cretaceous of the Southern Pyrenees, Spain. *American Association of Petroleum Geologist bulletin*, 84 (4): 566-587.
- ARTHUR, M. A., H. J. BRUMSACK, M. A. H. JENKYN y H. J. B. S. SCHLANGER (1990). Stratigraphy, Geochemistry, and Paleooceanography of Organic Carbon-Rich Cretaceous Sequences. En R. N. Ginsburg y B. Beaudoin (eds.), *Cretaceous Resources, Events and Rhythms: Background and Plans for Research*, 304: 75-119. Kluwer. Dordrecht.
- ASSO, I. (1798). *Historia de la Economía Política de Aragón*. Imprenta de Francisco Magallon. Zaragoza. 503 pp.
- BASELGA, S. (1966). Minas aragonesas. *Cuadernos de Aragón*, 1: 117-149.
- BAUSCH, W. M. (1968). Outlines of distribution of strontium in marine limestones. En G. Müller y G. M. Friedman (eds.), *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*: 106-115. Springer. Berlín / Heidelberg / Nueva York.
- BENDEZÚ, R., y L. FONTBOTÉ (2009). Cordilleran Epithermal Cu-Zn-Pb-(Au-Ag) Mineralization in the Colquijirca District, Central Peru: Deposit-Scale Mineralogical Patterns. *Economic Geology*, 104 (7): 905-944.
- BOWLES, W. (1792). *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España*. 2.^a ed. Imprenta Real. Madrid. 576 pp.
- CALVO, M., J. BESTEIRO, E. SEVILLANO y A. POCOVÍ (1988). *Minerales de Aragón*. Mira Editores. Zaragoza. 142 pp.

- CASTROVIEJO, R. (1986). Mineralogía y génesis de las concentraciones metálicas de Co-(Ni-Cu) de la mina de San Juan de Plan (valle de Gistaín), en el Pirineo de Huesca. *Boletín Geológico y Minero*, 97 (1): 25-41.
- CASTROVIEJO, R., y T. NODAL (1985). Estudio geológico de las concentraciones de Co-(Ni-Cu-Fe) en el Silúrico de San Juan de Plan, valle de Gistaín (Pirineo de Huesca). *Boletín Geológico y Minero*, 96 (6): 607-625.
- CUCHÍ, I. (1995). Introducción a la minería medieval en el Alto Aragón: las minas de cobre de Santa Eulalia (Huesca). En *Actas de las Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media Peninsular (León)*: 217-224. Fundación Hullera Vasco-Leonesa. [León].
- CUCHÍ, J. A., y J. A. MANSO (2014). Un antiguo escorial en Ballibierna (Benasque, Huesca). *Lucas Mallada*, 16: 125-134.
- DRZEWIECKI, P. A., y J. T. SIMÓ (1997). Carbonate platform drowning and oceanic anoxic events on a Mid-Cretaceous carbonate platform, south-central Pyrenees, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67 (4): 698-714.
- DUNHAM, R. J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. En W. E. Ham (ed.), *Classifications of carbonate rocks—a symposium. American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 1: 108-121. American Association of Petroleum Geologists. Tulsa.
- FOLK, R. L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 3 (1): 1-38.
- FOLK, R. L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 1: 62-68.
- GILLOT, T., D. BADÍA, J. A. MANSO y J. A. CUCHÍ (2012). Nota sobre mineralizaciones en Monzorrobal (Ayerbe, Huesca). *Lucas Mallada*, 14: 193-200.
- GIMENO, A. (1918). Impregnaciones cupríferas en Aragón. *Boletín de la Sociedad Aragonesa. Historia Natural*, XVII: 93-103.
- GIMENO, A. (1924). Las areniscas cupríferas en Aragón. *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, año VIII, 89-90: 1031-1074 y 1103-1151 (con 37 figuras).
- IGME (1996). *Mapa geológico de España. Hoja 289 (Benabarre). Escala 1 : 50 000*. 186 p., 1 mapa. Borrador no publicado.
- IGME (2009). *Mapa geológico de España. Hoja 213 (Pont de Suert). Escala 1 : 50 000*. IGME. Madrid. 76 pp., 1 mapa.
- JENKYN, H. C. (2010). Geochemistry of Oceanic Anoxic Events. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11(3): Q03004. doi:10.1029/2009GC002788.
- JIMENO, F. (2003). Las minas de Guarrinza (1.ª parte). *Aragonito*, 6: 13-17.
- JIMENO, F. (2004). Las minas de Guarrinza (2.ª parte). *Aragonito*, 7: 14-19.
- JOHNSON, C., 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.

- MADOZ, P. (1985 [1845-1850]). *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Huesca. P. Madoz. Madrid. Ed. facsímil: Ámbito Ediciones / DGA. Valladolid. 335 pp.
- MALLADA, L. (1875). Breve reseña geológica de la provincia de Huesca. *Anales de la Sociedad Española de Ciencias Naturales*, iv: 169-232.
- MÄRZ, C., S. W. POULTON, B. BECKMANN, K. KÜSTER, T. WAGNER y S. KASTEN (2008). Redox sensitivity of P cycling during marine black shale formation: dynamics of sulfidic and anoxic, non-sulfidic bottom waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72 (15): 3703-3717.
- MATEO, E., C. BIEL, I. FANLO e I. SUBÍAS (2007). El yacimiento de Fe-As-Cu-Sb de Cerler, Alto Aragón occidental. *Macla*, 7: 108.
- MATEO, E., I. FANLO, I. SUBÍAS, C. RECIO y K. BILLSTRÖM (2010). Geological, mineralogical and geochemical constraints on the genesis of the Chinipí arsenopyrite-pyrite-invisible gold vein (Canfranc, Central Spanish Pyrenees). *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen / Journal of Mineralogy and Geochemistry*, 187 (3): 313-327.
- MICHARD-VITRAC, A., F. ALBAREDE, C. DUPUIS y H. P. TAYLOR JR (1980). The genesis of Variscan (Hercynian) plutonic rocks: Inferences from Sr, Pb, and O studies on the Maladeta igneous complex, central Pyrenees (Spain). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 72 (1): 57-72.
- NIETO, J. J. (1996). El proceso siderometalúrgico altoaragonés: los valles de Bielsa y Gistaín en la Edad Moderna. *Llull*, 19: 471-507.
- PARKER, R. L. (1967). *Composition of the Earth's Crust*. United States Government Printing Office (U. S: Geol. Surv. Professional Paper 440-D). Washington. 19 pp.
- POMAR, L., E. GILI, A. OBRADOR y W. C. WARD (2005). Facies architecture and high-resolution sequence stratigraphy of an Upper Cretaceous platform margin succession, southern central Pyrenees, Spain. *Sedimentary Geology*, 175 (1): 339-365.
- PRAUSS, M. L. (2015). Marine palynology of the Oceanic Anoxic Event 3 (OAE3, Coniacian e Santonian) at Tarfaya, Morocco, NW Africa e transition from preservation to production controlled accumulation of marine organic carbon. *Cretaceous Research*, 53: 19-37.
- REY, O., J. A. SIMÓ y M. A. LORENTE (2004). A record of long- and short-term environmental and climatic change during OAE3: La Luna Formation, Late Cretaceous (Santonian-early Campanian), Venezuela. *Sedimentary Geology*, 170: 85-105.
- RODEGHIERO, F., I. FANLO, I. SUBÍAS, A. YUSTE, C. FERNÁNDEZ-NIETO y L. BRIGO (1995). Sulfide-, fluorite-, barite-bearing siliceous "crusts" related to unconformity surfaces of different ages in Pyrenees and Alps: a new model in carbonate-hosted deposits? *Acta Geológica Hispánica*, 30 (4): 69-81.
- SCOTT, R. W., J. T. SIMÓ y J. P. MASSE (1993). Economic Resources in Cretaceous Carbonate Platforms: An Overview: Chapter 2. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 56: 15-23.
- SIMÓ, A. (1986). Carbonate platform depositional sequences, Upper Cretaceous, south-central Pyrenees (Spain). *Tectonophysics*, 129 (1-4): 205-231.

- SIMÓ, A. (1989). Upper Cretaceous platform-to-basin depositional sequence development, Tremp Basin, south-central Pyrenees, Spain. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 44: 365-378.
- SIMÓ, A. (1993). Cretaceous carbonate platforms and stratigraphic sequences, south-central Pyrenees, Spain. Cretaceous carbonate platforms. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 56: 325-342.
- STUBEN, D., U. KRAMER, Z. BERNER, J. D. ECKHARDT, W. STINNESBECK, G. KELLER, T. ADATTE y K. HEIDE (2002). Two anomalies of platinum group elements above the Cretaceous – Tertiary boundary at Beloc, Haiti: geochemical context and consequences for the impact scenario. *Special Paper. Geological Society of America*, 356: 163-188.
- SUBÍAS, I., I. FANLO y C. FERNÁNDEZ-NIETO (1993). Las mineralizaciones filonianas de F-Zn-PB de Las Marmoleras (Pirineo occidental, provincia de Huesca): caracterización geológica, mineralógica y geoquímica. *Acta Geológica Hispánica*, 28 (4): 49-61.
- SUBÍAS, I., I. FANLO, A. YUSTE y C. FERNÁNDEZ-NIETO (1999). The Yenefrito Pb-Zn mine (Spanish Central Pyrenees): an example of superimposed metallogenetic events. *Mineralium Deposita*, 34 (2): 220-223.
- SUBÍAS, I., I. FANLO, E. MATEO y J. GARCÍA-VEIGAS (2003). A model for the diagenetic formation of sandstone-hosted copper deposits in Tertiary sedimentary rocks, Aragón (NE Spain): S/C ratios and sulphur isotope systematics. *Geology Reviews*, 23: 55-70.
- 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.
- VILLARROEL, J. L., y J. A. CUCHÍ (2013). La cavidad conocida como *Sotarraña* en Betorz (Huesca). *Lucas Mallada*, 15: 191-201.
- WILKIN, R. T., y H. L. BARNES (1997). Formation processes of framboidal pyrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61 (2): 323-339.
- WRIGHT, V. P. (1992). A revised classification of limestones. *Sedimentary Geology*, 76 (3-4): 177-185.
- YUSTE, A., A. LÓPEZ 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.

¿PODEMOS CONTROLAR LA EXPANSIÓN DEL ERIZÓN MEDIANTE QUEMAS?

David BADÍA¹
Cecilia ARMAS
Juan Luis MORA
Daniel GÓMEZ²
Gabriel MONTSERRAT
Sara PALACIOS

RESUMEN.— El erizón (*Echinopartum horridum*) es uno de los arbustos más abundantes y con mayor amplitud ecológica del Pirineo central. Su expansión en amplias superficies de pastos parece obedecer a los cambios en las condiciones socioeconómicas (descenso de la población rural, descenso de la carga ganadera...) y a la prohibición del fuego pastoral. En este artículo se evalúan los efectos que la quema prescrita tiene sobre la sucesión vegetal (mediante transectos), a lo largo de una cronosecuencia de 35 años, y sobre la erosión del suelo, estimada según el modelo ERMIT.

La quema prescrita del espinal de erizón conduce a un transitorio aumento de la diversidad vegetal que alcanza su máximo a los tres años. A partir de entonces ambos parámetros descienden progresivamente para recuperar sus bajos valores iniciales. El erizón germina profusamente tras la

Recepción del original: 23-10-2017

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. badia@unizar.es

² Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Avda. de Nuestra Señora de la Victoria, 12. Apdo. 64. E-22700 JACA. dgomez@ipe.csic.es

quema, ocupando una cuarta parte de la cubierta vegetal total a los dos o tres años y la mitad de la misma a los seis años. Se trata de un claro ejemplo de autosucesión vegetal posincendio, carácter propio de comunidades pirófitas. El resto de especies que colonizan temporalmente el espinal quemado tienen un valor pastoral bajo en relación con el pasto circundante que, además, suele ser excedentario para la carga ganadera que soporta actualmente. Por tanto, la quema del espinal de erizón, en las actuales condiciones, supone su rejuvenecimiento pero no su sustitución por otras comunidades.

La superficie de suelo desnudo suele ser baja tras la quema prescrita generada en óptimas condiciones, inferior al 50%, al dejar muchos residuos (ramas y hojarasca más o menos chamuscadas) en superficie. Bajo esas condiciones y con laderas suaves se estima que pueden perderse unas 4 toneladas de suelo/ha para el primer año. Si la quema es de mayor severidad, y se produce en laderas de fuerte pendiente, se prevén mayores pérdidas de suelo, de unas 20 toneladas/ha para el primer año. Estos valores descienden progresivamente con el tiempo, tal y como se produce la recuperación de la cubierta vegetal.

ABSTRACT.— The erizón (*Echinopartum horridum*) is one of the most abundant bushes of central Pyrenees which also covers the greatest ecological scope of that area. Its expansion in large areas of pasture seems to be due to changes in socio-economic conditions (decline of the rural population, decrease of the cattle load...) and to the prohibition of pastoral fire. This project evaluates the effect that prescribed burnings have had on vegetation succession over a chronosequence of 35 years and on soil erosion (according to the ERMIT model).

Prescribed burnings of the erizón lead to a transient increase of the vegetation richness and diversity, which reaches its peak after 3 years. From then on, both parameters decrease progressively to recover their original initial low values. The erizón germinates profusely after the burning, occupying a quarter of the total vegetation cover after two or three years and half of it after six years. It is a clear example of post-fire plant auto-succession, a distinctive characteristic of pyrophyte communities. However, the plants which conquer the spinal have a moderate pastoral value in relation to the surrounding pasture. Moreover, they represent a surplus in relation to the existing cattle needs. Over time, the number of plant species decreases (after 3 or 4 years), to go back to its original situation.

After a prescribed burning of erizón in optimal conditions, the bare soil surface is usually low (less than 50%) leaving many residues (more or less charred branches and litter fall) on the surface. Under these conditions, and with smooth slopes it is estimated that about 4 tons/ha can be lost in the first year. If burning is more severe, and occurs on steep slopes, greater soil losses of about 20 tons/ha for the first year can be expected. These values gradually decrease over time, similarly to the recovery process of the vegetation cover.

KEY WORDS.— Prescribed fire, *Echinopartum horridum*, soil erosion, pasture, Central Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

El erizón (*Echinopartum horridum* [Vahl], Rothm.), también llamado *arizón*, *brizón* o *escarpín*, es un arbusto de la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*) que puede alcanzar una talla de 50 centímetros de altura y 1 metro o más de diámetro. El erizón tiene una raíz principal pivotante, acompañada de raíces finas que emergen de las ramas y permiten su arraigo y cierta capacidad de expansión lateral. Las ramas presentan seis costillas, carácter que le separa del resto de sus congéneres que tienen ocho. El erizón presenta foliolos caducos, que tan solo se mantienen verdes de abril a julio, por lo que son los tallos los responsables de la fotosíntesis durante el resto del año. Estos tallos tienen un ápice espinoso para hacer frente al herbivorismo, mientras que la posesión de brotes neoformados le permite crecer con rapidez tras perturbaciones ambientales (PALACIO y MONTSERRAT, 2006). Los tallos espinosos permanecen verdes en su primer año, pero después se secan y permanecen en las ramas, de forma que bajo la cubierta verde del cojinete se acumula biomasa muy inflamable (MONTSERRAT y cols., 1984). La inflorescencia está formada por dos flores opuestas con corola amarilla y la legumbre puede contener hasta dos semillas (muy rara vez tres), ovoideas, de color negrozco en la madurez. La floración, muy llamativa por su abundancia y colorido, se produce entre los meses de junio a agosto y la fructificación inmediatamente después. El erizón debe su nombre a su forma de cojinete espinoso. Esta morfología en almohadilla o cojinete, así como la situación de las yemas perdurantes, lo definen como un caméfito pulvinular, forma biológica adaptada a la vida en los crestones de las montañas. De hecho, su hábitat primario serían esos crestones, con abundantes afloramientos rocosos, con fuerte insolación y vientos abundantes, que barren la cubierta de nieve en invierno ocasionando amplias oscilaciones térmicas diarias y estacionales (MARINAS y cols., 2004). El crecimiento del pulvínulo o cojinete es de tipo centrífugo y es frecuente observar ejemplares añosos con forma de anillo por necrosis de la zona central.

En cuanto a su distribución, el erizón se localiza fundamentalmente sobre sustratos calizos del Prepirineo y Pirineo central español y también

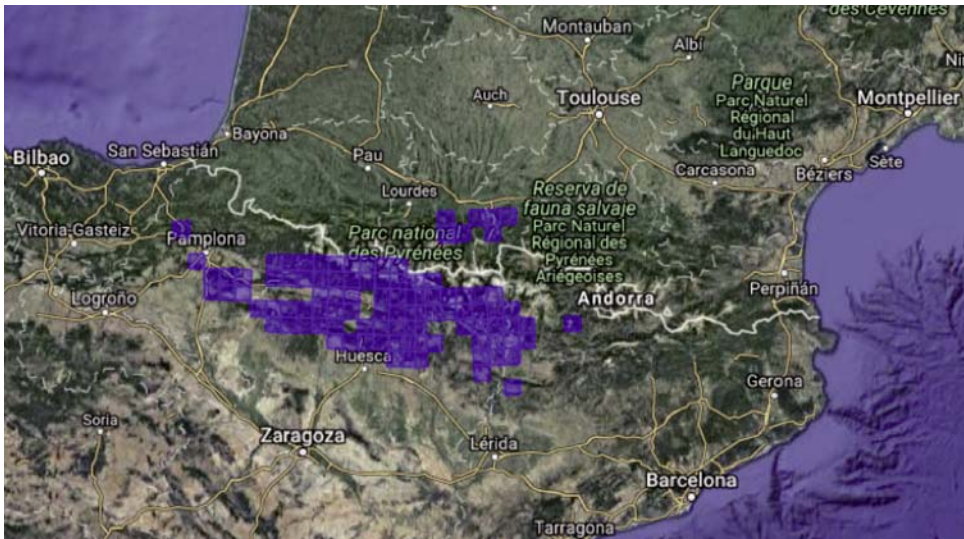


Fig. 1. Distribución del erizón en los Pirineos. (Fuente: www.atlasflorapyrenea.org)

en Francia (Pirineo y Macizo Central), por lo que se considera un endemismo latepirenaico, estrictamente calcícola (fig. 1).

En concreto, en España el erizón se encuentra desde Galar en Navarra (LORDA y REMÓN, 2005) hasta el Port del Cantó en el Alt Urgell, Lleida (FERRÉ y SORIANO, 1996). Sin embargo, donde predomina es en el norte del Alto Aragón, donde muestra una gran amplitud altitudinal, desde los 650 metros en Loporzano (sierra de Guara) hasta los 2344 metros (cumbre de la sierra de Chía). Se distribuye, por tanto, desde la región mediterránea (piso supra y oromediterráneo) a la región eurosiberiana (piso montano y subalpino de los Pirineos), evidenciando su plasticidad ecológica. En el piso montano (1200-1700 metros) y subalpino (1700-2300 metros) del Pirineo, el espinal de erizón puede considerarse una comunidad “permanente” sobre suelos muy pedregosos y someros donde el arbolado tiene dificultades para enraizar. Desde ese “hábitat primario”, por sucesión secundaria, el erizón se expande por los pastos abandonados, situados en ambiente forestal (GÓMEZ, 2008). En antiguas pardinas y “panares” (laderas abancladas por el hombre para cultivar conservando suelos y agua) estos espinales de erizón facilitan la entrada al enebro (*Juniperus communis* L.), a los rosales (*Rosa* sp. pl.), al guillomo (*Amelanchier ovalis* Med.), a las aliagas

(*Genista scorpius* [L.] DC.) y a los endrinos (*Prunus spinosa* L.), estos últimos a cotas más bajas (BADÍA y MARTÍ, 1999). En solanas, entre 800 y 1800 metros, es el boj (*Buxus sempervirens* L.) el principal acompañante del erizón, con el que forma comunidades mixtas, con predominio variable de una u otra especie según varía la topografía y la antigüedad del abandono. El erizón resulta mucho más estenoico, menos tolerante, que el boj especialmente a la sombra, aunque soporta mejor el calor y la sequía en las zonas situadas a menor altitud (entre 600 y 800 metros) y también los fuertes contrastes térmicos de invierno y primavera en las cotas más elevadas del piso subalpino (entre 2000 y 2200 metros, por ejemplo, en el Mondicieto del Parque Nacional de Ordesa). Con el paso del tiempo, el erizón permite la entrada de carrascas (*Quercus ballota* Desf.), quejigos (*Quercus cerrioides* Wilk. & Costa), pino royo o albar (*Pinus sylvestris* L.) e incluso pino negro (*Pinus uncinata* Ramond ex DC.), según el piso altitudinal en el que se encuentre. Por permitir la recuperación forestal, proteger el suelo con eficacia, fijar nitrógeno atmosférico y acumular mantillo capaz de retener agua y fertilidad, se ha calificado al erizón como planta “edificadora” (MONTSERRAT y cols., 1984). Cuando los citados arbustos y árboles sombream al erizón, pierde vigor, se ahíla y mengua hasta quedar relegado en los “enclaves refugio” ya mencionados.

Por tanto, el erizón es uno de los arbustos más abundantes y con mayor amplitud ecológica del Pirineo central. Su expansión en amplias superficies de pastos parece obedecer a los cambios en las condiciones socioeconómicas (descenso de la población rural, descenso de la carga ganadera, etcétera) y la prohibición del fuego pastoral (GARTZIA y cols., 2014; KOMAC y cols., 2011a; MARINAS y cols., 2004). En concreto, KOMAC (2010) observa cómo entre 1957 y 2003 la superficie de erizón en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido se ha duplicado (de 268 a 530 hectáreas) y estima que a finales del siglo XXI llegará a ocupar unas 1300 hectáreas. KOMAC y cols. (2011a) miden su intenso crecimiento, comparando fotografías de los años 1981 y 2003, concluyendo que su velocidad de expansión fluctúa entre los 1,93 metros/año en laderas de escasa pendiente ($< 10^\circ$) y los 2,09 metros/año en laderas con más pendiente. Estos autores modelizan el efecto de las quemaduras prescritas sobre la expansión del erizón y concluyen que su control sería viable con quemaduras frecuentes (cada 10-12 años) y de cierta extensión, con al menos la quema del 20-40% del rodal de erizón (KOMAC, 2010). Si

tras la quema se potencia el pastoreo, la supervivencia de las plántulas de erizón (con porte inferior a los 30 centímetros) se reduce a la mitad, con lo que podría lograrse ese mismo control con una menor superficie de quema (tan solo el 5% del rodal). En el Parque Natural del Montseny, BARTOLOMÉ y cols. (2005) ya proponen la recuperación de las quemas para frenar la desaparición de los brezales (*Calluna vulgaris* [L.] Hull) y pastos por la invasión de la retama negra (*Cytisus scoparius* [L.] Link). En definitiva, plantean recuperar una práctica tradicionalmente empleada por el pastor para controlar la expansión del matorral en el dominio de los pastos mesófilos subalpinos (PUIGDEFÁBREGAS y BALCELLS, 1970; MÉTAILIÉ, 2006). Sin embargo, MONTSERRAT y cols. (1984) alertan sobre la explosión germinativa del erizón tras el fuego, evidenciando su carácter pirófito. Estos erizones florecen a los dos o tres años y consiguen su plena vitalidad y una amplia cobertura del suelo hacia los cuatro o cinco años (MONTSERRAT y cols., 1984). También PÉREZ-CABELLO e IBARRA (2004) ponen en evidencia que los incendios forestales de pino royo en el Prepirineo oscense favorecen la expansión del erizón, ante la mayor disponibilidad lumínica y nutricional posincendio. En algunas zonas, el espinal de erizón puede considerarse una fase de tránsito en la sucesión del pasto subclimácico al bosque original, pero su alta inflamabilidad le hace propenso a los incendios estivales (sirvan de ejemplo las 95 hectáreas de erizón quemadas en Mondoto, Fanlo, el pasado 22/8/2017). La eliminación de esta biomasa inflamable es otro motivo por el cual se propone la quema prescrita del erizón, si bien en otras regiones se plantea el desbroce mecánico del matorral como alternativa (LASANTA y cols., 2009). Así en La Rioja, estos autores indican que entre 1986 y 2005 se han desbrozado 23 668 hectáreas, lo que representa un 18% de la superficie matorralizada de la región, dominada por *Genista scorpius* (en suelos básicos) y *Cistus laurifolius* L. (sobre suelos ácidos). La retirada de esta biomasa espinosa o poco palatable, aparte de reducir el riesgo de incendios, da accesibilidad al ganado a la cubierta herbácea, según LASANTA y cols. (2009).

Las quemas prescritas de matorral espinoso parecen generar una pérdida directa de la calidad del suelo más superficial (ARMAS y cols., 2016; SAN EMETERIO y cols., 2016). Además, en tanto en cuanto no se ha recuperado una mínima cubierta vegetal protectora, el suelo puede perderse por erosión eólica y, especialmente, hídrica. Se considera que la quema del bosque subalpino para su transformación en pastos en el Pirineo centro-occidental

generó un elevado número de deslizamientos superficiales que desmantelaron un suelo rico y relativamente profundo en las laderas más pendientes (GARCÍA-RUIZ y cols., 2010). La morfología almohadillada del erizón y su capacidad de generar mantillo parecen proteger el suelo y asegurar la evolución edáfica. SANTAMARÍA (2012) muestrea el suelo (0-10 y 10-20 centímetros) bajo erizón de varias edades (3-10 años, 10-20 años y > 20 años) y lo compara con el pasto mesófito (*Bromion erecti*) adyacente, en Candaruelo y Góriz (zona periférica del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido). Al comparar las situaciones más extremas, el suelo bajo pasto (*Bromion*) con el del erizón más viejo (de más de veinte años de edad), detecta un aumento significativo del carbono total y los nitratos (tanto a los 0-10 centímetros, como a los 10-20 centímetros de espesor) pero, a la vez, una disminución de la biomasa microbiana (de 0-10 centímetros) (SANTAMARÍA, 2012).

En este artículo se persiguen los siguientes objetivos: (I) analizar la dinámica de la cubierta vegetal tras la quema prescrita de erizón, evaluando su potencial transformación del matorral en pasto, y (II) estimar la pérdida de suelo en función de la evolución de la cubierta vegetal bajo contrastadas condiciones de quema (mediante el modelo ERMIT).

MATERIAL Y MÉTODOS

A lo largo de la primavera y el verano del año 2017 se ha inventariado la vegetación y se han obtenido las coberturas de erizón (control y quemado), así como del pasto en zonas circundantes, al que llamamos pasto objetivo (distintas comunidades del *Bromion erecti*) en diversas localidades. En concreto, se han estudiado diversas zonas en los montes de Yebra de Basa, Tella y Chía, con las que hemos compuesto una cronosecuencia de 0,5 – 2,2 – 3,2 – 6,3 – 15 – 35 años tras quemas prescritas. Las características de las zonas de estudio se resumen en la tabla I. En cada zona de la citada cronosecuencia, se han realizado cuatro transectos de 30 metros de longitud (fig. 2), midiendo la interceptación en intervalos de 20 centímetros ($150 \times 4 = 600$ puntos de contacto por localidad y comunidad vegetal). En este artículo se indica la cubierta (de suelo desnudo, materia seca, piedras y vegetación), el número de especies (riqueza), el índice de diversidad de Shannon y la cubierta de erizón respecto a la cubierta vegetal total.

Tabla 1. Características de las zonas estudiadas.

	<i>Localidad</i>					
	<i>Yebrá de Basa</i>		<i>Tella</i>		<i>Chía</i>	
	Puerto de Sobás 0,5 años	Santa Orosia 3,2 años	Plana 2,2 años	6,3 años	15 años	35 años
Fecha de los inventarios	16/6/2017	16/6/2017	6/7/2017	6/7/2017	8/8/2017	8/8/2017
Fecha de quema	14/12/2016	4/2014	15/4/2014	11/2/2011	2002	1982
Localización 31T	0724861 4710701	0723888 4711679	0268999 4720461	0268305 4720766	0290495 4711370	0290532 4711346
Altitud (metros)	1575	1600	1875	1800	1480	1460
Lluvia anual (metros)	1030	1030	1280	1280	1075	1075
Temperatura (°C)	8,4	8,4	7,0	7,0	7,2	7,2
Pendiente (%)	8	8	20	20	35	35
Orientación (%)	Este	Este	Sur	Sur	Este	Este
Pedregosidad (%)	5	5	30	30	40	40
Rocosisidad (%)	< 0,5	< 0,5	15	10	2	2
Profundidad de suelo (centímetros)	50-100	50-100	25-50	25-50	25-50	25-50
Suelo (WRB)*	Cambisol endoléptico, éutrico (franco, húmico)		Cambisol epiléptico, éutrico (franco, húmico)		Cambisol epiléptico, calcárico (franco, húmico)	

Datos climáticos estimados a partir del *Atlas climático digital de Aragón*.
www.anciles.aragon.es/AtlasClimatico.

* éutrico (saturación de bases > 50%) y calcárico (presencia de carbonatos en el perfil) se alternan espacialmente; al igual que epiléptico y endoléptico (con < 50 centímetros de espesor de suelo, o con 50 a 100 centímetros de espesor, respectivamente).

En todas las localidades visitadas se han descrito perfiles de suelos y se han analizado sus propiedades según la metodología estándar (BADÍA y MARTÍ, 2017). También se han estimado las tasas de erosión hídrica mediante el modelo ERMIT (ROBICHAUD y cols., 2007), es decir, la pérdida cuantitativa de suelo, en los primeros cinco años después de la quema en cada zona de estudio. En este artículo se ofrecen los resultados del modelo para dos condiciones extremas que denominaremos favorables y desfavorables, en función de las características topográficas del lugar y de la severidad de la quema.

Las zonas visitadas (sierras de Yebrá de Basa, Tella, Chía) se sitúan entre los 1500 y los 1900 metros de altitud, con pendientes del 8 al 35% y

orientaciones sur o este. Presentan suelos delgados sobre sustrato carbonatado eoceno, en concreto conglomerados de cemento calizo en Yebra de Basa y calizas en el resto de localidades (IGME, 2013; MONTES, 2009). El pH del suelo es ligeramente ácido o neutro en superficie, como ya observaron CUCHÍ y VILLARROEL (2006), basificándose en profundidad, donde pueden incluso detectarse carbonatos. Se ha observado cómo el pH, e incluso

Tabla II. Propiedades químicas y físicas del horizonte superficial (Ah, aprox. 0-15 centímetros) de las zonas estudiadas.

Propiedad edáfica	Localidad		
	Yebra de Basa	Tella	Chía
pH actual (1 : 2,5)	7,0	6,2	7,0
MO (%)	4,0	10,8	9,0
C/N	11,4	13,2	12,3
Clase textural (USDA)	Franco-arenosa	Franco-arcillo-limosa	Franco-arcillosa
Estabilidad estructural (%)	93,0	95,9	84,2
Elementos gruesos (%)	10,0	5,5	32,6



Medio año tras una quema (Yebra de Basa).



Treinta y cinco años tras una quema (Chía).

Fig. 2. La determinación de las cubiertas se ha realizado mediante transectos en una cronosecuencia desde medio año a treinta y cinco años después de una quema prescrita de erizón.

el contenido en carbonatos, pueden ser muy variables espacialmente en dichas zonas. Las texturas de estos suelos suelen ser equilibradas, oscilando entre las clases franco arcillosa (Chía) y franco-arenosa (Yebra de Basa). Las principales propiedades químicas y físicas del horizonte superficial (Ah) de cada zona de estudio se resumen en la tabla II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Quema del erizón

El erizón presenta una estructura que facilita su ignición, al acumular una gran cantidad de ramillas relativamente secas por debajo de la cubierta de tallos verdes (fig. 3). Sin embargo, tras la quema prescrita no es raro observar cómo quedan muchos restos vegetales sin quemar, además de

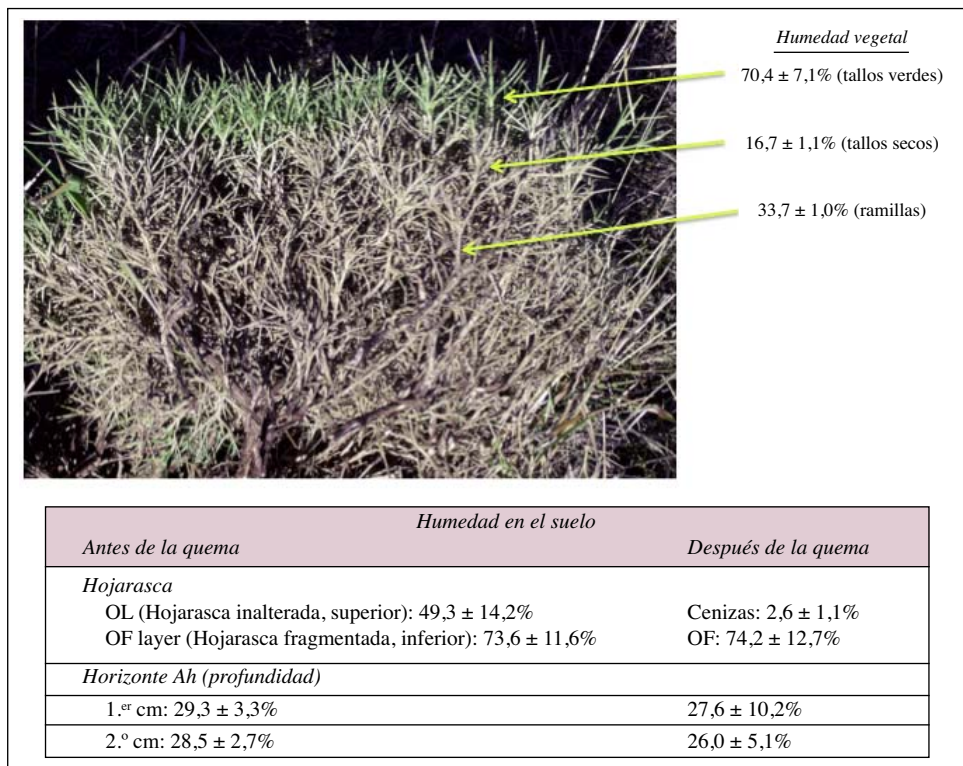


Fig. 3. Humedad en el erizón y del suelo (capas orgánicas y horizonte Ah) antes y después de una quema prescrita en el puerto de Sobás, Yebra de Basa.

parte o la totalidad de la hojarasca (capas orgánicas OL u OF sobre el horizonte mineral Ah). A modo de ejemplo, la quema de erizón en el puerto de Sobás, Yebra de Basa, realizada el 14/12/2016, dejó intacta la capa inferior de hojarasca (OF), no afectando a su contenido de humedad ni al del horizonte Ah (fig. 3).

La realización de las quemas prescritas en otoño o invierno, en condiciones de elevada humedad de la hojarasca y/o de la superficie del suelo mineral, trata de que la transferencia de calor dentro del suelo sea más limitada que en los incendios estivales (DE PARTEARROYO y cols., 2012). El suelo presenta una gran inercia térmica, pero, si además la energía liberada con el incendio se destina, al menos parcialmente, a la evaporación del agua en lugar de transferirse en profundidad, el espesor de suelo afectado se limita a unos pocos milímetros o centímetros superficiales (BADÍA y cols., 2017). Este hecho lo hemos comprobado en algunas quemas, como la de Buisán, lo que ha supuesto una afección sobre la calidad del suelo limitada al primer centímetro mineral del suelo (GIRONA y cols., 2018). Si bien en Buisán, e incluso en Yebra de Basa, se han registrado temperaturas bajas y escasos efectos directos del fuego sobre el suelo, en otras ocasiones, como en Tella, las temperaturas afectaron incluso a 3 centímetros de espesor de suelo, con impacto sobre diversas propiedades biológicas y químicas (ARMAS y cols., 2016). El espesor de suelo afectado bajo diferentes tipos de quemas sobre distintos suelos con diferentes propiedades y contenido hídrico se resumen en BADÍA y cols. (2017). En cualquier caso, las quemas prescritas no parecen tener el mismo impacto que los incendios estivales. MONTSERRAT y cols. (1984) ya advertían que en los montes donde predomina el erizón los incendios se propagan con facilidad y son de alta intensidad, lo que perjudica gravemente a los suelos.

Evolución de la cubierta vegetal tras la quema

El espinal de erizón maduro es una comunidad vegetal con muy pocas especies (6 ± 3) y, por tanto, muy baja diversidad (índice de Shannon de $0,858 \pm 0,467$). Entre erizones hemos identificado el fenal (*Brachypodium pinnatum* [L.] Beauv.), el boj e incluso el pino royo, en una clara transición al bosque climácico para las zonas estudiadas. Sin embargo, el espinal garantiza una amplia protección del suelo, al ocupar, en promedio, el $98 \pm 1,6\%$

(fig. 4). Solo alguna perturbación, como por ejemplo la acción de animales (hozaduras de jabalí, toperas, hormigueros), deja un anecdótico porcentaje de suelo al descubierto entre los erizones ($1,15 \pm 1,56\%$) en alguna de las localidades visitadas. De esa amplia cubierta vegetal total, el erizón supone un $84,6 \pm 9,9\%$, fiel reflejo de su dominancia y capacidad para desplazar a otras plantas (fig. 4).

La quema prescrita del erizonar supone la sustitución de la densa cubierta vegetal original (del $98 \pm 1,6\%$) por cenizas y por materia seca más o menos alterada (troncos parcialmente quemados, hojas soflamadas, hojarasca). Las primeras lluvias arrastrarán parte de las cenizas y restos carbonizados, incluso parte del horizonte Ah, según sea la intensidad de la precipitación, la pendiente de la ladera y diversas propiedades del suelo como la infiltración, la repelencia al agua y la erodibilidad (CAWSON y cols., 2012; DE BANO y cols., 1979; FERNÁNDEZ y cols., 2008). Eso puede suceder al dejar temporalmente parte del suelo, sin ningún tipo de cubierta mientras se recupera la vegetación. Así, seis meses tras la quema, a mediados de junio, nos encontramos con un $21,3 \pm 6,9\%$ de suelo desnudo o desprotegido, un $49,4 \pm 13\%$ de residuos más o menos carbonizados, y una cubierta vegetal viva del $29,2 \pm 9,1\%$ (fig. 4).

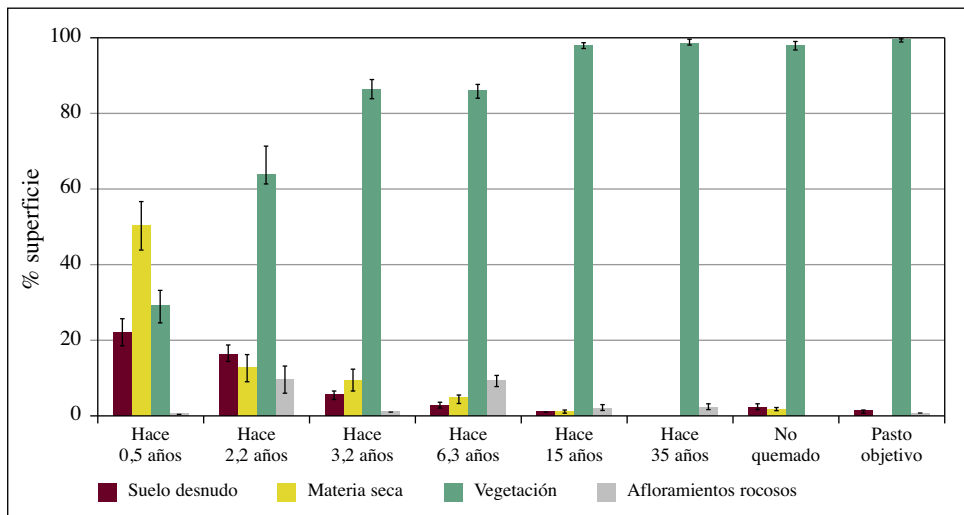


Fig. 4. Evolución de las cubiertas (suelo desnudo, vegetación, materia seca y rocas) tras la quema de erizón.

Entre las especies que contribuyen a la rápida recuperación de la cubierta vegetal posquema destacan algunas plantas que mantienen su capacidad de rebrote tras el fuego a través de rizomas, como diversas gramíneas (*Brachypodium pinnatum* [L.] Beauv., *Bromus erectus* Huds., *Agrostis capillaris* L., *Carex flacca* Schreb.), algunas dicotiledóneas (*Sanguisorba minor* Scop., *Galium verum* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Onopordum acaulon* L., *Cirsium vulgare* [Savi] Ten. y *Cirsium acaule* [L.] Scop.), y a través de bulbos, como los geófitos (*Merendera montana* [L.] Lange y *Dipcadi serotinum* [L.] Medicus). El fuego parece activar el banco de semillas y, junto con las plántulas de erizón, encontramos otras germinadoras como las plantas anuales o terófitos: *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér., *Senecio vulgaris* L. y *Veronica verna* L. Es decir, nuevas especies ocupan el espacio abierto creado tras la quema, de forma que la diversidad vegetal aumenta temporalmente los primeros años tras la quema. Diríamos que la diversidad sigue el modelo de la “perturbación intermedia” (CONNELL, 1978), con un aumento inicial tras la quema y una paulatina disminución paralela a la recuperación del erizón. La diversidad, tanto medida con el número de especies como por el índice de Shannon, alcanza un máximo en torno a los tres años para ir descendiendo progresivamente con el tiempo (tabla III). Los valores máximos alcanzados a los tres años son similares a los del “pasto objetivo”, con unas 24 ± 8 especies (riqueza) y un índice de diversidad de Shannon (H) superior al $3,5 \pm 0,6$. KOMAC y cols. (2011b) encuentran en laderas soleadas de Góriz (Parque Nacional de Ordesa) valores de riqueza de 33 ± 8 y de diversidad de $1,742 \pm 0,092$ bajo pastoreo ligero (carga de 0,338 ovejas/ha y año) y de 52 ± 3 y de diversidad de $2,773 \pm 0,400$ bajo pastoreo intenso (carga de 1,038 ovejas/ha y año). El erizón en esas zonas supone el 50% del recubrimiento vegetal con baja carga ganadera y el 11% con alta carga (KOMAC y cols., 2011b).

En general, la mayor parte de la flora que aparece tras la quema tiene escaso valor pastoral ya sea por el carácter basto de las hojas en las gramíneas y cárices (hojas poco comestibles), por la presencia de espinas u otras defensas físicas en las dicotiledóneas de mayor tamaño (de los géneros *Cirsium*, *Carduus*, *Onopordum*) o bien por la presencia de metabolitos secundarios tóxicos en los geófitos citados. El propio erizón germina con rapidez (a los pocos meses de la quema, tan pronto la temperatura ambiental es favorable) y de forma escalonada en el tiempo. Solo durante los primeros meses el erizón no es

espinoso y puede ser consumido por los rumiantes por tener una digestibilidad similar al pasto cercano (MARINAS y GARCÍA-GONZÁLEZ, 2008), y, lógicamente, cuando todavía no resulta espinoso, lo que limita su consumo a unos pocos meses tras su germinación. Una vez el erizón es adulto y adopta su morfología de cojinete espinoso, el ganado se ve limitado a ramonear solo los brotes tiernos y las flores (MONTSERRAT y cols., 1984).

La cubierta vegetal aumenta rápidamente tras la quema de forma que al medio año ya supone el $29,21 \pm 9,14\%$, a los 2 años crece al $64,17 \pm 14,64\%$, a los 3 años se sitúa en el 85% , y a los 15 años ocupa casi el 100% de la superficie, como el erizonar maduro (tabla III). Entre la vegetación, el erizón va ganando protagonismo, de forma que a los 2-3 años ya supone casi una cuarta parte de la cubierta vegetal total, a los 6,3 años supone el $45,5 \pm 12,4\%$ y a los 35 años el $64,7 \pm 3,0\%$, aproximándose al erizón maduro (no quemado en los últimos cincuenta años), con un $84,6 \pm 9,9\%$. También NADAL-ROMERO y cols. (2018), en el valle de Aísa, observan cómo, tras la quema de aliagares (*Genista scorpius* con *Rosa canina* L., *Brachypodium pinnatum*, *Carex flacca*), la cubierta vegetal herbácea se recupera rápidamente, con un 90% al cabo de un año (con *Galium lucidum* All., *Galium verum*, *Linum suffruticosum* L., *Pilosella officinarum* F. W. Schultz & Sch. Bip., *Daucus carota* L., *Plantago media* L., *Centaurea jacea* L...), mientras que la cubierta arbustiva a los 6 años tras la quema cubre ya el 80% de la superficie (con predominio de *Genista scorpius*, *Dorycnium pentaphyllum* Scop., *Thymus vulgaris* L. y *Rosa* sp.).

Respecto a las formas biológicas de las plantas que colonizan el suelo tras la quema del erizón (fig. 5), observamos como los hemicriptófitos, dominantes en el pasto, incrementan su presencia hasta los 2-3 años pos-quema para descender después progresivamente en el tiempo. A los 6 años el erizón es la especie que mayor porcentaje de cobertura y convierte de nuevo a los caméfitos en la forma dominante (tabla III). Con el tiempo (15 años), la estructura del matorral quemado resulta prácticamente indiferenciable del anterior a la quema e incluso incorpora fanerófitos, como el boj y el pino royo.

En definitiva, el erizón tras la quema germina rápida y masivamente, con una alta pervivencia de plántulas que crecen con vigor ante la escasa competencia por el agua, los nutrientes y la luz. La baja carga ganadera

Tabla III. Evolución de las cubiertas de suelo y vegetación tras su quema controlada.

	Erizón quemado							Erizón control (no quemado)*	Pasto objetivo
	A los 0,5 años	A los 2,2 años	A los 3,2 años	A los 6,3 años	A los 15 años	A los 35 años			
Localidad	Puerto de Sobás, Yebra de Basa	Tella	Santa Orosia, Yebra de Basa	Tella	Chía	Chía	Chía	Todas	
n =	4	4	4	4	4	4	4	5	
Suelo desnudo (%)	21,35 ± 6,89	15,50 ± 4,57	4,8 ± 1,8	2,0 ± 1,96	0,17 ± 0,33	0 ± 0	1,150 ± 1,559	0,66 ± 0,037	
Materia seca (%)	49,44 ± 13,02	11,83 ± 7,19	8,5 ± 6,0	3,67 ± 2,07	0,33 ± 0,67	0 ± 0	0,35 ± 0,404	0 ± 0	
Roca / piedra (%)	0,19 ± 0,38	8,50 ± 7,51	0,2 ± 0,3	8,50 ± 2,52	1,50 ± 0,84	1,330 ± 1,442	0 ± 0	0,14 ± 0,313	
Vegetación (%)	29,21 ± 9,14	64,17 ± 14,64	86,5 ± 4,9	85,83 ± 4,43	98,00 ± 1,22	98,67 ± 1,44	98,00 ± 1,633	99,2 ± 1,095	
Especies (n.º)	9,25 ± 2,50	17,25 ± 3,5	24,0 ± 8,12	18,0 ± 3,16	7,83 ± 1,91	5,00 ± 1,76	6,00 ± 3,00	25,2 ± 4,15	
Diversidad (H)	2,609 ± 0,347	2,851 ± 0,4534	3,519 ± 0,574	2,589 ± 0,253	2,160 ± 0,0852	1,590 ± 0,14	0,858 ± 0,467	3,875 ± 0,323	
Erizón (% sobre vegetación total)	16,11 ± 2,654	22,22 ± 8,8035	22,38 ± 14,86	45,75 ± 3,285	51,08 ± 6,27	64,72 ± 3,00	84,57 ± 9,95	0 ± 0	

* Cuando se indica "Erizón control o no quemado" se refiere "en los últimos cincuenta años...".

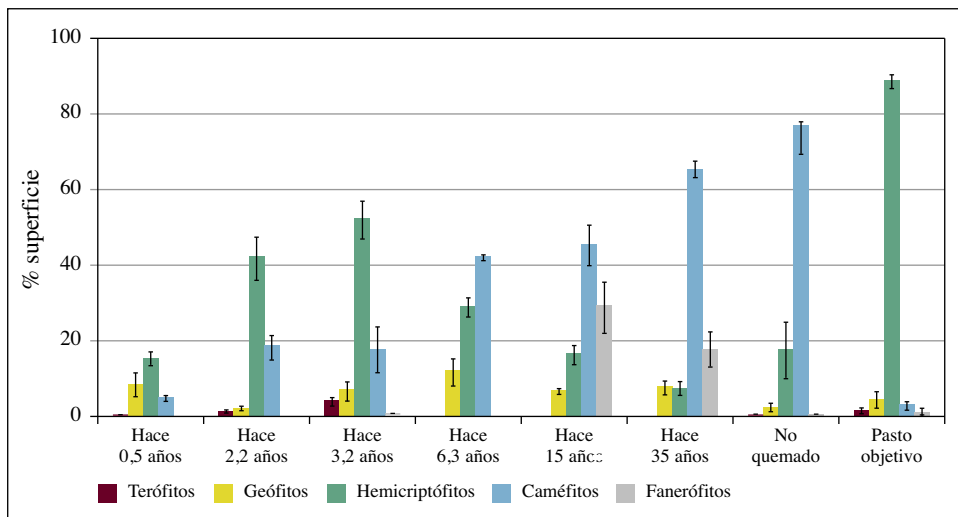


Fig. 5. Evolución de las cubiertas vegetales según sus formas o espectros biológicos (terófitos, geófitos, hemicriptófitos, caméfitos y fanerófitos) tras la quema de erizón.

actual, dada la alta disponibilidad de pastos existentes en las localidades estudiadas, no parece limitar el crecimiento de las nuevas plántulas de erizón. El confinamiento forzado del ganado en esas zonas quemadas, con detrimento de su alimentación y con un requerimiento mucho más exigente en su custodia, parece difícilmente asumible por los ganaderos. Además, está por ver el impacto sobre el suelo que tendría el pisoteo y la fertilización derivadas del confinamiento del ganado.

En definitiva, tras la quema se recupera la estructura original del espinal de erizón (autosucesión) en un plazo breve, por germinación en el caso del erizón y por rebrote en otras especies acompañantes. Esta respuesta del espinar tras el fuego ya había sido descrita por MONTSERRAT y cols. (1984). Ese rejuvenecimiento del matorral no viene acompañado de la promoción del pasto herbáceo ni de especies palatables a medio plazo. Visto el ritmo de pérdida de pastos por la matorralización y la forestación ante el descenso de la cabaña ovina, lo que conlleva una pérdida del mosaico vegetal que ha cubierto el Pirineo central en los últimos milenios, es evidente que debe promocionarse la ganadería extensiva y con ella potenciar la biodiversidad, reducir el riesgo de grandes incendios y aprovechar el recurso natural que suponen los pastos de puerto. Queda por demostrar cómo el erizón invade

el pasto denso (sea *Bromion erecti* o *Nardion strictae*). En estos pastos cerrados es posible que el erizón no pueda colonizar el pasto si no es germinando en los huecos causados por bioperturbaciones (hozaduras, toperas, hormigueros y zonas de alto pisoteo). Estos ejemplares que han conseguido introducirse en el pasto y que van creciendo sobre el mismo podrían erradicarse, ya sea por corta o por quema, tal como hacían los pastores tradicionalmente, puesto que el impacto será mínimo.

Erosión del suelo

La quema controlada tiene unos efectos directos e inmediatos sobre el suelo que suelen afectar a un escaso espesor (ARMAS y cols., 2016; BADÍA y cols., 2017; GIRONA y cols., 2018). Sin embargo, al quedar el suelo sin la eficaz protección de la cubierta del espinal suelen producirse fenómenos



Superficie al medio año de la quema prescrita.



A los 2,2 años de la quema.



A los 6,3 años de la quema.



A los 35 años de la quema.

Fig. 6. Recuperación de la vegetación tras la quema.

erosivos posincendio de diferente morfología y magnitud (GARCÍA-RUIZ y cols., 2013; LANGHANS y cols., 2017). La quema prescrita tiene la peculiaridad, frente a la quema estival, incontrolada y más intensa, de que deja muchos residuos en superficie (la propia vegetación chamuscada, la capa de hojarasca, etcétera). Por ello, el riesgo de erosión del suelo debería ser limitado en el tiempo. En este estudio se observa cómo a los 6 meses solo hay un $21,3 \pm 6,9\%$ de suelo desnudo o desprotegido (por la abundante cubierta de materia seca), a los 2,2 años desciende a un $15,5 \pm 4,6\%$; a los 3,2 años se reduce a un $4,8 \pm 1,8\%$; y a los 6,3 años es ya anecdótico ($2,0 \pm 2,0\%$), del mismo orden que en un erizonar muy viejo. La protección del suelo recae inicialmente en los restos vegetales muertos y progresivamente en la vegetación, que se recupera con rapidez (fig. 6).

Aplicando el modelo ERMIT, de erosión del suelo tras incendios forestales, hemos planteado dos condiciones contrastadas (tabla IV). En las condiciones más adversas, con largas laderas y de fuerte pendiente (20%) e incendio de intensidad moderada a alta (como podría ser la quema de Tella), la erosión de suelo estimada se aproxima a las 20 toneladas/ha para el primer año tras la quema, descendiendo hasta las 5 toneladas/ha, a los cinco años. Si, en cambio, la severidad del fuego es baja y las pendientes menos acusadas (8%), como sucede en Yebra de Basa, la erosión es modesta el primer año (con 4,12 toneladas/ha y año) y desciende a 0,42 toneladas/ha y año, a los cinco años (tabla IV).

NADAL-ROMERO y cols. (2018) observan cómo la quema de aliagares en el valle de Aísa aumenta la escorrentía (7,3% frente al 4,7% del aliagar control) y la erosión el primer año (491 kg/ha frente a los 155 kg/ha del aliagar control), regularizándose al segundo año. Las bajas tasas de erosión que registran estos autores parecen relacionadas con el modesto tamaño de las parcelas de erosión (10 × 3 metros). BADÍA y MARTÍ (1994a y b), también en similares parcelas, obtienen unas pérdidas de suelo de 2500 kg/ha en suelos yesosos y 950 kg/ha en suelos margosos, tras siete meses de la quema de matorrales en el valle del Ebro. Estas cifras se reducen significativamente aplicando tratamientos de siembra de herbáceas y acolchado de paja que reducen el porcentaje de suelo desnudo. Tras una quema, además de aumentar el agua de escorrentía, es habitual una pérdida de la calidad de la misma durante los primeros eventos de lluvia intensa, al arrastrarse las cenizas y restos carbonizados más ligeros (BADÍA y MARTÍ, 2009).

Tabla iv. Erosión potencial del suelo (según el modelo ERMIT) tras una quema bajo dos condiciones contrastadas.

<i>Condiciones</i>	<i>Favorables</i>	<i>Desfavorables</i>
Incendio	Severidad baja	Severidad moderada
Pendiente de la ladera (%)	8	20
Rociedad (%)	0,5	15
Textura del suelo (clase USDA)	F-arenosa	F-arcillosa
Lluvia considerada (mm/año)	1018	1250
Escorrentía tras lluvia (mm)	95	155
Escorrentía tras deshielo (mm)	6,7	60
<i>Erosión (toneladas/ha y año)</i>		
1.º año	4,12	19,25
2.º año	2,92	13,45
3.º año	0,87	6,98
4.º año	0,54	5,59
5.º año	0,42	5,15
Control (no quemado)	0,03	0,91

En la quema prescrita, otoñal o primaveral, el erizón raramente se consume totalmente aunque muera la planta. Eso supone que muchos restos vegetales, además de la propia hojarasca, se queden cubriendo el suelo. Este aspecto es un carácter propio de los fuegos prescritos que tiene trascendencia en la evolución posterior de las propiedades del suelo (SAWYER y cols., 2018). ROBICHAUD y cols. (2016) indican que un incendio puede alterar las propiedades físicas del suelo, como la repelencia al agua y la infiltración, y aumentar la escorrentía, pero el factor más significativo en la pérdida de suelo es la ausencia de cubierta protectora del mismo, ya sean restos orgánicos o vegetación. Cuando encontremos abundantes restos orgánicos sobre el suelo y la recuperación de la cubierta vegetal sea rápida, la erosión esperable estará más cerca de la situación que denominamos “favorable” que la “desfavorable” (tabla iv). En cualquier caso, sea cual sea el objetivo de la quema (por ejemplo, limitar la expansión del erizón y sustituirlo por pastos, reducir la biomasa vegetal para evitar incendios estivales, más severos, o bien entrenar a las brigadas de bomberos), este objetivo debe ir paralelo a la conservación del suelo. Hay que tener en

cuenta que los suelos estudiados son de poco espesor (Cambisoles lépticos), por lo que perder unos pocos centímetros al año supone mayor perjuicio que en suelos de considerable profundidad efectiva (MORRIS y cols., 2014). Se considera que las quemas estivales, más severas que las prescritas, seguidas de lluvias de alta intensidad, producen mayor escorrentía y facilitan el arrastre de las cenizas y de los restos carbonizados (fig. 7). Si la quema prescrita viene sucedida por lluvias de baja intensidad, se favorecerá la infiltración y se incrementará la reserva de agua en el suelo, además de la incorporación de cenizas y, por tanto, la recuperación de la cubierta vegetal por rebrote o germinación (INBAR y cols., 1998). Algo similar puede suceder si la quema prescrita es seguida de nevadas que cubran la superficie quemada durante el invierno (STOOF y cols., 2016), aspectos que podrían abordarse en el futuro o con modelos de erosión más específicos o bien con medidas de campo.

Otro aspecto a comprobar es el comportamiento de los nutrientes tras la quema. Ya sabemos que la quema prescrita de erizón tiene unos efectos directos sobre el suelo que, en el peor de los casos, solo afectan a un escaso espesor (1 a 3 centímetros) gracias a la elevada inercia térmica del suelo (ARMAS y cols., 2016; BADÍA y cols., 2017; GIRONA y cols., 2018), pero, con el paso del tiempo, los nutrientes más móviles pueden ver modificada su concentración inicial a mayor profundidad. Así, FONSECA y cols. (2017), en suelos ácidos (Leptosoles úmbricos), observan incrementos significativos de pH y de fósforo disponible hasta 20 centímetros de profundidad a los dos y a los seis meses tras la quema prescrita de matorral, pero un descenso de potasio, calcio y magnesio. SAN EMETERIO y cols. (2016), en quemas prescritas de tojo (*Ulex galli* Planch.), observan que, tras un incremento temporal en la disponibilidad de nitrógeno mineral, el suelo (0-10 centímetros) se ha empobrecido en nitrógeno total y ha ralentizado su actividad biológica, tras un año de la quema. En cambio, MARCOS y cols. (2008) tras la quema experimental de brezales en suelos ácidos no observan cambios ni en el pH ni en los nutrientes (fósforo disponible, nitrógeno total, nitratos, amonio) ni a corto ni a medio plazo; tan solo al cabo de un año detectan un aumento del nitrógeno amoniacal en el suelo (0-5 centímetros). Queda por evaluar cómo el desbroce mecánico en las condiciones del Pirineo central afecta a la recuperación del erizón y del pasto y a la conservación del suelo y el agua, seleccionando aquellas zonas que cumplan unos



Fig. 7. Las intensas lluvias otoñales arrastran parte de los restos carbonizados en un erizonar quemado de manera fortuita, en agosto (Pico Mondoto, octubre de 2017).

mínimos requisitos (LASANTA y cols., 2009). Ni las quemas ni el desbroce mecánico deberían aplicarse en laderas pendientes con abundantes afloramientos rocosos, con suelos pedregosos y delgados donde el erizón constituye comunidades permanentes.

CONCLUSIONES

La quema prescrita del espinal de erizón en las localidades estudiadas supone, transitoriamente, un aumento de la diversidad, tanto medida con el número de especies como por el índice de Shannon. Estas nuevas especies tienen un bajo valor pastoral en relación con el pasto circundante. La diversidad vegetal alcanza un máximo en torno a los tres años de la quema, descendiendo progresivamente hasta devolver al espinal a su situación original, sin evolucionar por sí sola a pastos. La germinación del erizón es importante tras la quema y su aportación a la cubierta representa una cuarta parte de la cubierta vegetal total a los dos años, y la mitad de la misma a los seis años. Se trata de un claro ejemplo de autosucesión vegetal posincendio, carácter propio de comunidades pirófitas. Se observa cómo el erizón permite, con el tiempo, la incorporación de otros arbustos (especialmente el boj y, en menor grado, el enebro) o árboles (como el pino rojo), en un ejemplo de recuperación del bosque que en otras condiciones socioeconómicas y ambientales se eliminó por la necesidad de disponer de pastos. En resumen, la quema del espinal de erizón supone un rejuvenecimiento de la comunidad que, lejos de ser eliminada, se autosucede en el tiempo.

A nivel del suelo, existen evidencias de pérdida de hojarasca y suelo mineral con las primeras lluvias que siguen a la quema. Sin embargo, la quema prescrita del espinal de erizón en otoño e invierno deja abundantes residuos en superficie (ramas y hojarasca más o menos chamuscadas) que protegen al suelo de la erosión hídrica. Este hecho, junto con la rápida recuperación vegetal, deben limitar la erosión del suelo a unos pocos meses. En cualquier caso, las quemas no tienen siempre el mismo comportamiento al no aplicarse en las mismas condiciones topográficas, climáticas, etcétera, lo que se traduce en diferentes severidades; así, quemas de mayor severidad (que dejan menos residuos en superficie) y en laderas de fuerte pendiente, provocarán mayores pérdidas de suelo por erosión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con una Ayuda de Investigación del Instituto de Estudios Altoaragoneses en la convocatoria de 2016.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMAS-HERRERA, C. M., 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, D., y C. MARTÍ (1994a). Mejora del valor pastoral y medioambiental de zonas semiáridas degradadas mediante técnicas de revegetación, remicorrización y acolchado: I. Gypsic Regosol. *Lucas Mallada*, 6: 17-36.
- BADÍA, D., y C. MARTÍ (1994b). Mejora del valor pastoral y medioambiental de zonas semiáridas degradadas mediante técnicas de revegetación, remicorrización y acolchado: II. Calcaric Regosol. *Lucas Mallada*, 6: 37-54.
- BADÍA, D., y C. MARTÍ (1999). *Suelos del Pirineo central: Fragen*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (MAPA). Universidad de Zaragoza. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. IEA. Huesca.
- BADÍA, D., y C. MARTÍ (2009). Zonas afectadas por incendios forestales. Estudio de casos en el valle medio del Ebro. En A. Cerdá y J. Mataix-Solera (eds.), *Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España*: 159-183. Universitat de València. Valencia.
- BADÍA, D., y C. MARTÍ (2017). *Caracterización de suelos: métodos e interpretación de resultados*. Reprografía EPS Huesca. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- BADÍA, D., S. LÓPEZ, C. MARTÍ, O. ORTIZ-PERPIÑÁ, A. GIRONA-GARCÍA y J. CASANOVA (2017). Burn effects on soil properties associated to heat transfer under contrasting moisture content. *Science of Total Environment*, 601-602: 1119-1128.
- BADÍA, D., C. MARTÍ, A. GIRONA-GARCÍA, O. ORTIZ-PERPIÑÁ y J. CASANOVA (2017). Soil thickness affected by fire: changes in Organic C content and related properties. Chapter 12. En *Wildfires: Perspectives, Issues and Challenges of the 21st Century*: 237-253. Nova Science Publishers. Nueva York.
- BARTOLOMÉ, J., J. PLAIXATS, R. FANLO y M. BOADA (2005). Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: effects of land-use changes in the Montseny biosphere reserve (Spain). *Biological Conservation*, 122: 81-88.
- CAWSON, J. G., G. J. SHERIDAN, H. G. SMITH y P. N. J. LANE (2012). Surface runoff and erosion after prescribed burning and the effect of different fire regimes in forests and shrublands: a review. *Int. J. Wildland Fire*, 21: 857-872.
- CONNELL, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.

- CUCHÍ, J. A., y J. L. VILLARROEL (2006). Hidrogeología del puerto de Santa Orosia (Yebra de Basa, Huesca). *Lucas Mallada*, 13: 121-134.
- DE BANO, L. F., R. M. RICE y E. C. CONRAD (1979). *Soil heating in chaparral fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion, and runoff*. USDA Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station (Research Paper PSW-145). Berkeley.
- DE PARTEARROYO, R., M. LÓPEZ, J. L. VIORRETA y J. CUEVAS (2012). Resumen de actuaciones del EPRIF de Aragón. En J. R. González Pan (ed.), *Los EPRIF. Planificación y desarrollo de las actuaciones*: 330-355. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- FERNÁNDEZ, C., J. A. VEGA, T. FONTURBEL, E. JIMÉNEZ y J. R. PÉREZ (2008). Immediate effects of prescribed burning, mastication and clearing on runoff, infiltration and erosion in a shrubland area in Galicia (NW Spain). *Land Degrad. Dev.*, 19: 502-515.
- FERRÉ, A., e I. SORIANO (1996). *Genista horrida* (Vahl) DC. a l'Alt Urgell. [Notes breus (flora)]. *Butll. Inst. Catalana Hist. Nat.*, 63: 104.
- FONSECA, F., T. DE FIGUEIREDO, C. NOGUEIRA y A. QUEIRÓS (2017). Effect of prescribed fire on soil properties and soil erosion in a Mediterranean mountain area. *Geoderma*, 307: 172-180.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R., A. ALDEZÁBAL, I. GARÍN y A. MARINAS (2011). Valor nutritivo de las principales comunidades de pastos de los puertos de Góriz (Pirineo central). *Pastos*, xxxv (1): 77-103.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., S. BEGUERÍA, L. C. ALATORRE y J. PUIGDEFÁBREGAS (2010). Land cover changes and shallow landsliding in the flysch sector of the Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, 124 (3-4): 250-259.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., J. ARNÁEZ, A. GÁMEZ-VILLAR, L. ORTIGOSA y N. LANA-RENAULT (2013). Fire-related debris flows in the Iberian range, Spain. *Geomorphology*, 196: 221-230.
- GARTZIA, M., C. L. ALADOS y F. PÉREZ-CABELLO (2014). Assessment of the effects of biophysical and anthropogenic factors on woody plant encroachment in dense and sparse mountain grasslands based on remote sensing data. *Progress in Physical Geography*, 38 (2): 201-217. <https://doi.org/10.1177/0309133314524429>
- GIRONA-GARCÍA, A., D. BADÍA-VILLAS, C. MARTÍ-DALMAU, O. ORTIZ-PERPIÑÁ, J. L. MORAHERNÁNDEZ 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 Total Environment*.
- GÓMEZ, D. (2008). Aspectos ecológicos de los pastos. En F. Fillat, R. García-González, D. Gómez y R. Reiné (eds.), *Pastos del Pirineo*: 61-73. DPH. CSIC. Madrid.
- IGME (2013). *Guía geológica del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*. Editorial Everest. León.
- INBAR, M., M. TAMIR y L. WITTENBERG (1998). Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. *Geomorphology*, 24: 17-33.

- KOMAC, B. (2010). *Effets des modifications de l'utilisation des terres sur la conservation des pâturages subalpins du Parc National de Ordesa Mont-Perdu*. Thèse Doctorale. Université de Savoie.
- KOMAC, B., C. ALADOS y J. CAMARERO (2011a). Influence of topography on the colonization of subalpine grasslands by the thorny cushion dwarf *Echinopartum horridum*. *Arct. Antarct. Alp. Res.*, 43: 601-611.
- KOMAC, B., C. ALADOS, G. BUENO y D. GÓMEZ (2011b). Spatial patterns of species distributions in grazed subalpine grasslands. *Plant Ecol.*, 212: 519-529.
- LANGHANS, C., P. NYMAN, P. J. NOSKE, R. E. VAN DER SANT, P. N. J. LANE y G. J. SHERIDAN (2017). Post-fire hillslope debris flows: Evidence of a distinct erosion process. *Geomorphology*, 295: 55-75.
- LASANTA, T., J. ARNÁEZ, M. P. ERREA, L. M. ORTIGOSA y P. RUIZ-FLAÑO (2009). Mountain pastures, environmental degradation, and landscape remediation: the example of a Mediterranean policy initiative. *Applied Geography*, 29: 308-319.
- LORDA, M., y J. L. REMÓN (2005). Los matorrales de erizón (*Echinopartum horridum*) en Navarra. Situación actual y estrategias de gestión. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 141-2: 139-143.
- MARCOS, E., C. VILLALÓN, L. CALVO y E. LUIS-CALABUIG (2008). Short-term effects of experimental burning on soil nutrients in the Cantabrian heathlands. *Ecological engineering*, 35: 820-828.
- MARINAS, A., y R. GARCÍA-GONZÁLEZ (2008). Calidad nutritiva de los pastos pirenaicos. En F. Fillat, R. García-González, D. Gómez y R. Reiné (eds.), *Pastos del Pirineo*: 171-188. DPH-CSIC. Madrid.
- MARINAS, A., R. GARCÍA-GONZÁLEZ y M. FONDEVILA (2003). The nutritive value of five pasture species occurring in the summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science*, 76: 461-469.
- MARINAS, A., R. GARCÍA-GONZÁLEZ, A. ALDEZÁBAL, S. PALACIO y D. GÓMEZ GARCÍA (2004). Interés ecológico y pastoral del erizón (*Echinopartum horridum* [Vahl] Rothm.). En B. García-Criado, A. García-Ciudad, B. R. Vázquez de Aldana e I. Zabalgogeoazcoa (eds.), *Pastos y ganadería extensiva*: 117-122. SEEP-IRNASA. Salamanca.
- MÉTAILIÉ, J. P. (2006). Mountain landscape, pastoral management and traditional practices in the Northern Pyrenees (France). En M. Agnoletti (ed.), *The conservation of cultural landscapes*: 108-123. CABI. Cambridge.
- MONTES, J. (2009). *Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno de la cuenca de Jaca: sinclinorio del Guarga*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 59). Huesca. 355 pp.
- MONTSERRAT, P., J. M. MONTSERRAT y G. MONTSERRAT (1984). Estudio de las comunidades de *Echinopartum horridum* en el Pirineo español. *Acta Biol. Mont.*, 4: 249-257.
- MORRIS, R. H., R. A. BRADSTOCK, D. DRAGOVICH, M. K. HENDERSON, T. D. PENMAN y B. OSTENDORF (2014). Environmental assessment of erosion following prescribed burning in the Mount Lofty Ranges, Australia. *Int. J. Wildland Fire*, 23: 104-116.

- NADAL-ROMERO, E., T. LASANTA y A. CERDÀ (2018). Integrating Extensive Livestock and Soil Conservation Policies in Mediterranean Mountain Areas for Recovery of Abandoned Lands in the Central Spanish Pyrenees. A Long-Term Research Assessment. *Land Degrad. Develop.* 29 (2): 263-273.
- PALACIO, S., y G. MONTSERRAT-MARTÍ (2006). Comparison of the bud morphology and shoot growth dynamics of four species of mediterranean sub-shrubs growing along an altitude gradient. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151: 527-539.
- PÉREZ-CABELLO, F., y P. IBARRA (2004). Procesos de regeneración vegetal en comunidades incendiadas (Prepirineo oscense). En J. L. Peña, L. A. Longares y M. Sánchez (eds.), *Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*: 153-162. Universidad de Zaragoza. IFC. Zaragoza.
- PUIGDEFÁBREGAS, J., y E. BALCELLS (1970). Relaciones entre organización social y explotación del territorio en el valle del Roncal. *Pirineos*, 98: 53-89.
- ROBICHAUD, P. R., W. J. ELLIOT, F. B. PIERSON, D. E. HALL, C. A. MOFFET y L. E. ASHMUN (2007). Erosion risk management tool (ERMIT) user manual. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-188*. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain, Research Station. Fort Collins. 24 pp.
- ROBICHAUD, P. R., J. W. WAGENBRENNER, F. B. PIERSON, K. E. SPAETH, L. E. ASHMUN y C. A. MOFFET (2016). Infiltration and interrill erosion rates after a wildfire in western Montana, USA. *Catena*, 142: 77-88.
- SAN EMETERIO, L., L. MÚGICA, M. D. UGARTE, T. GOICIA y R. M. CANALS (2016). Sustainability of traditional pastoral fires in highlands under global change: effects on soil function and nutrient cycling. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 235: 155-163.
- SANTAMARÍA, B. (2012). *Estudio de la matorralización por erizón en el Pirineo aragonés y su efecto sobre la fertilidad del suelo*. Trabajo fin de Máster de la Escuela Politécnica Superior. Huesca.
- SAWYER, R., R. BRADSTOCK, M. BEDWARD y J. MORRISON (2018). Fire intensity drives post-fire temporal pattern of soil carbon accumulation in Australian fire-prone forests. *Science of the Total Environment*, 610-611: 1113-1124.
- STOOF, C. R., A. I. GEVAERT, C. BAVER, B. HASSANPOUR, V. K. MORALES, W. ZHANG, D. MARTIN, S. K. GIRI y T. S. STEENHUIS (2016). Can pore-clogging by ash explain post-fire runoff? *Int. J. Wildland Fire*, 25: 294-305.

PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELOS DESARROLLADOS SOBRE MARGAS EOCENAS EN LA VAL ANCHA DE JACA

José Ramón DOZ¹
David BADÍA¹

RESUMEN.— En este artículo se caracterizan los suelos a lo largo de una toposecuencia en la Val Ancha de la cuenca de Jaca (Huesca), desarrollada sobre margas eocenas. Se eligen cinco perfiles de suelos con sus horizontes (33), además de bloques (18) inalterados de margas. Los suelos presentan una expansibilidad media (a través del coeficiente de extensibilidad lineal), con cambios de volumen del 20% o inferiores. El límite líquido y el índice de plasticidad advierten de que son suelos con una baja a moderada plasticidad. Los agregados del suelo muestran, a través del test de Emerson de coherencia, una parcial o total dispersión en agua. Los valores del índice líquido indican que tienen un comportamiento como sólido frágil. La mayoría de bloques de margas se fragmentan tras un único ciclo de humectación-secado de los mismos. Este ciclo, combinado con otros tres sucesivos de congelación-descongelación, produce la rotura mayoritaria de los bloques. Además, el índice de subsidencia es entre moderado y alto (de 0,7 a 1,4) en los horizontes caracterizados, todo lo cual explica su alta capacidad para meteorizarse en las condiciones climáticas actuales.

ABSTRACT.— This work intends to describe the characteristics of the soils in the Val Ancha of Jaca Basin (Huesca), over a toposequence developed on Eocene marls. Five soil profiles with identified horizons (33) and unaltered

Recepción del original: 6-11-2017

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. jose.doz1008@gmail.com, badia@unizar.es

marl blocks (18) were selected. Soils have an average expandability (through the Linear Extensibility Coefficient), with volume changes of 20% or lower. The Liquid Limit and the Plasticity Index show that these soils have a low to moderate plasticity. The soil aggregates show, through the Emerson Test of coherence, a partial or total dispersion in water. The values of the liquid limit indicate that they behave as a fragile solid. Most marl blocks are fractured after a single wetting-drying cycle, and break after a similar cycle, combined with three freeze-thaw cycles. In addition, the Subsidence Index shows moderate and high (from 0.7 to 1.4) values in the characterized horizons, all of which explains its high capacity to be altered in current climatic conditions.

KEY WORDS.— Blue marl, eocene, landscape, inner depression altoaragonesa, vertic horizon, Val Ancha, Jaca (Spain).

INTRODUCCIÓN

Las margas eocenas y los paisajes de cárcavas desarrollados sobre ellas son característicos de la depresión interior de los Pirineos centrales, donde llegan a ocupar unos 100 km² (IGN, 2006). Presentan una rápida respuesta frente a los procesos de meteorización que dan lugar a tasas de erosión de hasta 29 mm/año en laderas convexas (NADAL-ROMERO, 2011). La investigación sobre este tipo de materiales se ha centrado tradicionalmente en la erosión y la evolución de sus formas en función de los cambios en los usos del suelo y de la cobertura vegetal (GALLART y cols., 2013; GARCÍA-RUIZ, 2010). Así REGÜÉS y GALLART (2004) indican que la formación de *badlands* es el producto de dos propiedades: la temperatura, que causa la meteorización del regolito y la formación de sedimentos, y la humedad, que produce la erosión y la escorrentía. También REGÜÉS y cols. (2009) señalan que la producción de sedimentos en las cárcavas depende principalmente de la intensidad con que actúan los procesos de meteorización física asociada a la acción del hielo-deshielo. Los suelos desarrollados sobre estos sedimentos, resultantes de la alteración de las margas, una vez adquieren estabilidad morfológica son apreciados por los agricultores (GUERRA y MONTURIOL, 1970), si bien su manejo es algo complejo. También se reconocen problemas en la ingeniería civil relacionados con cierta capacidad para contraerse e hincharse (DE JONG y cols., 1992; THOMAS y cols., 2000). El fenómeno de contracción-expansión modifica drásticamente la capacidad de infiltración del suelo: muy elevada en verano y muy lenta en invierno (SOLÉ y cols., 1992). Además, algunas margas son muy susceptibles de dispersarse y alterarse (DE SANTIS y cols., 2010; SUMMA y cols., 2007). En algunas margas,

esta alta capacidad de dispersión se ha relacionado con la sodicidad (FAULKNER y cols., 2003; DE SANTIS y cols., 2010); en otras, con la mineralogía (KASANIN-GRUBIN, 2013; PARDINI, 2003). En otros casos, la dispersión se ha vinculado con procesos de congelación (NADAL-ROMERO y cols., 2007; PARDINI, 2003; PARDINI y cols., 1996; REGÜES y cols., 2000; VERICAT y cols., 2014).

En este artículo se caracterizan perfiles de suelos desarrollados sobre margas eocenas en una ladera de la Val Ancha de Jaca, con especial énfasis en sus propiedades físicas. Además, se evalúa la estabilidad de dichas margas frente a la meteorización física sometiéndolas a ciclos de congelación y humectación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

Se estudian cinco perfiles de suelos a lo largo de una toposecuencia, desde una ladera cóncava a un fondo de valle, al sur de la localidad de Gracionépel, en la Val Ancha de Jaca (figs. 1 y 2).

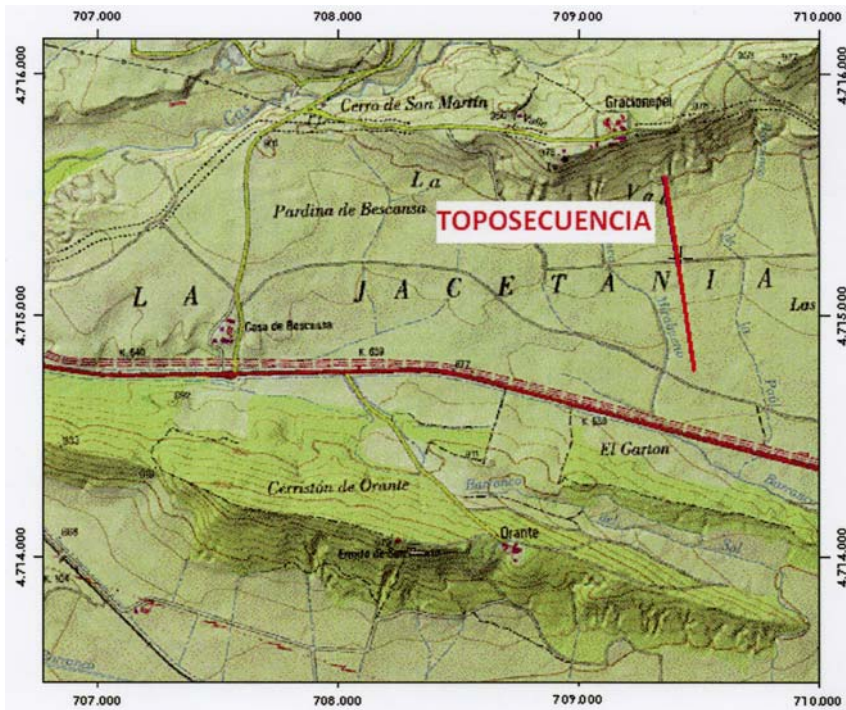


Fig. 1. Localización de los perfiles estudiados.

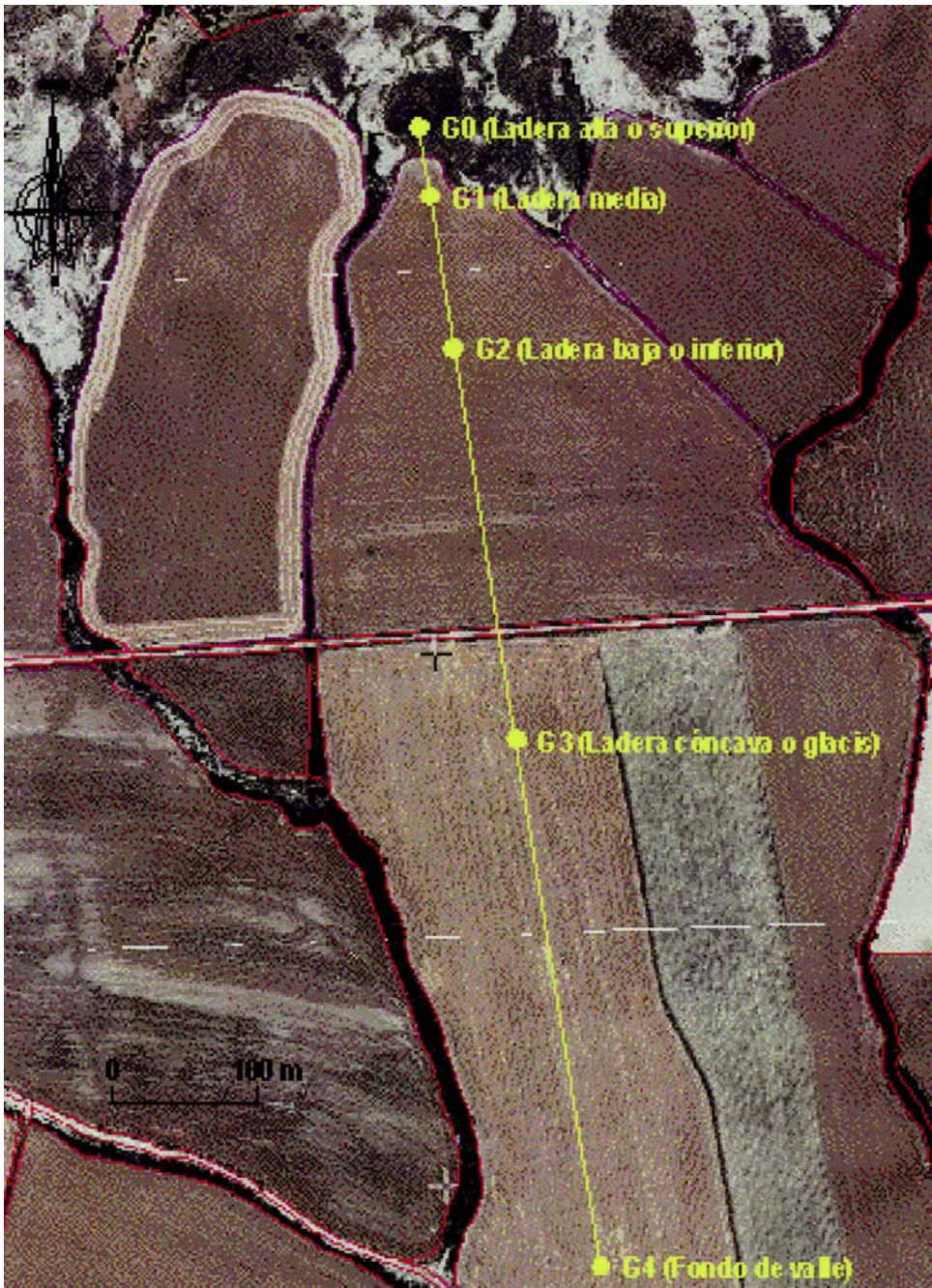


Fig. 2. Emplazamiento de los perfiles estudiados.

La tabla I muestra las coordenadas topográficas de la toposecuencia. La litología de la zona está dominada por las margas eocenas, intensamente plegadas y muy susceptibles a la meteorización y posterior erosión (MONTES, 2009). Al pie de los afloramientos de margas, con densas redes de drenaje en forma de cárcavas, aparecen los depósitos cuaternarios en fondos de valle.

La zona de muestreo se ubica entre los barrancos de Mirabueno (oeste) y de La Paúl (este), que vierten sus aguas al barranco del Ibón. Este es afluente por la margen izquierda del río Tulivana, que desemboca en la margen derecha del río Gállego, al sur de la presa del embalse de Sabiñánigo (CHE, 2007).

El clima tiene una marcada estacionalidad, propiamente mediterránea, pero con cierta influencia continental y atlántica, definiéndose como submediterráneo de montaña (CREUS y GIL, 2001). Este clima con estaciones contrastadas facilitaría la meteorización del material parental (BEGUERÍA, 2005).

La toposecuencia se dispone sobre campos de cereal de invierno, a excepción del más elevado, con boj (*Buxus sempervirens*). Las masas forestales se han reducido mucho por la acción antrópica en el territorio, sobre todo para el uso agrícola, mediante la concentración parcelaria de 1970.

Tabla I. Coordenadas de las calicatas de la toposecuencia. Huso 30; Datum ETRS89. Distancias, en metros. (Fuente: SigPac, MAPAMA)

		X	Y	Z
G0	Ladera alta o superior	709 244	4 715 364	910
G1	Ladera media	709 252	4 715 316	900
G2	Ladera baja o inferior	709 269	4 715 212	890
G3	Ladera cóncava o glacis	709 312	4 714 942	875
G4	Fondo de valle	709 371	4 714 580	865

Metodología

En este artículo se han determinado los siguientes parámetros: coeficiente de extensibilidad lineal (COLE); límites de Atterberg: límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índices relacionados (de subsidencia, plasticidad y

consistencia); test de Emerson de coherencia de agregados al agua; y ciclos de congelación-descongelación y de humectación-secado. Se dan algunos detalles de su significado y determinación.

- 1) Coeficiente de extensibilidad lineal (COLE). Se basa en la diferencia de longitud entre las muestras de suelo en estado húmedo y la longitud de muestras de ese mismo suelo en estado seco (VALERA y cols., 2006). El Soil Survey Laboratory (1996) considera que esta forma de calcularlo no puede aplicarse a suelos que presentan contracción irreversible como en algunos Andisoles y suelos orgánicos (turberas o Histosoles). Dicho laboratorio, para suelos que no tienen fragmentos de roca, utiliza la relación entre las densidades aparentes del suelo a capacidad de campo y secado al horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas.
- 2) Límites de Atterberg, límite líquido y límite plástico, que se realizan mediante el método de Casagrande:
 - a) Límite líquido. Se define como el contenido en humedad donde el suelo pasa de tener una consistencia líquida a una consistencia plástica, o bien como la humedad que tiene un suelo amasado con agua y colocado en una cuchara normalizada (cuchara de Casagrande), y cuando un surco, realizado con un acanalador normalizado, que divide dicho suelo en dos mitades, se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 milímetros, tras haber dejado caer veinticinco veces la mencionada cuchara desde una altura de 10 milímetros sobre una base también normalizada, con una cadencia de dos golpes por segundo (UNE 103-103-94). CASAGRANDE (1932) determina que el límite líquido es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad y que a cada golpe necesario para cerrar el surco corresponde un esfuerzo cortante cercano a 1 g/cm².
 - b) Límite plástico. Se define como el contenido de agua donde los suelos pasan de un estado semisólido al estado plástico, o bien como la humedad más baja donde pueden formarse con el suelo cilindros de 3 milímetros de diámetro, rodando dicho suelo entre los dedos de la mano y una superficie lisa, hasta que los cilindros empiecen a resquebrajarse (UNE 103-104-93).

- 3) Índices. El índice de subsidencia (n) caracteriza la relación entre el porcentaje de agua en el suelo bajo condiciones de campo y sus porcentajes de arcilla inorgánica y humus (PONS y cols., 1965), según la expresión:

$$n = (\text{humedad Sat} - 0,2 [\text{limo} + \text{arena}]) / (\text{arcilla} + 3 [\text{materia orgánica}])$$

Predice si un suelo puede ser pastoreado por el ganado o puede soportar otras cargas. Para predecir el grado de subsidencia que puede ocurrir después del drenaje, Soil Survey Laboratory (1996) muestra la relación entre el porcentaje de agua en el suelo bajo condiciones de campo y sus porcentajes de arcilla inorgánica y humus. El índice de plasticidad indica el rango de humedad en el que el material tiene un comportamiento plástico. El índice líquido indica la proximidad del suelo natural al límite líquido. El índice de consistencia es útil en el estudio del comportamiento en campo (y laboratorio) de suelos de granos finos (limos y arcillas).

- 4) Test de Emerson de coherencia de agregados al agua. Clasifica los agregados del suelo en ocho clases de estabilidad, y se basa en el fraccionamiento, hinchamiento o dispersión de los agregados del suelo cuando se introducen en agua (EMERSON, 1967). La principal ventaja de este método es que diferencia los dos procesos básicos de la destrucción de los agregados por el agua (el fraccionamiento y la dispersión), y permite evaluar indirectamente el efecto dispersante debido al trabajo realizado sobre el suelo (MATAIX-SOLERA y cols., 2010). Su principal desventaja es que divide los suelos en clases muy amplias, ya que dentro de cada clase pueden presentarse grandes diferencias en la estabilidad (GREENLAND y cols., 1975).
- 5) Sensibilidad a la meteorización física mediante ciclos de congelación-descongelación y de humectación-secado (fig. 3).

Con el material parental se llevan a cabo ciclos de congelación-descongelación y ciclos de humectación-secado, de forma similar a PARDINI y cols. (1996). Previa realización de los ciclos hielo-deshielo (F-T) y humectante-secado (W-D), las muestras se equilibran en una capa arena a capacidad de campo (tensión de agua de 33 kPa). Las muestras para los ciclos de F-T se congelan a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante tres días



Fig. 3. Detalle del aspecto de la superficie del suelo de la parcela con grietas superficiales en las estaciones secas (invierno, verano).

y luego se dejan descongelar a temperatura ambiente. El ciclo completo de F-T dura seis días. Las muestras para los ciclos de W-D se mantienen durante tres días a la capacidad de campo y después se dejan secar a temperatura ambiente. Cada ciclo de W-D dura quince días. Se realizan un total de tres ciclos F-T y dos ciclos W-D.

RESULTADOS

A continuación se presentan desglosados los resultados obtenidos.

a) Coeficiente de extensibilidad lineal (COLE)

Los valores del COLE se encuentran comprendidos entre los 0,018 centímetros centímetros⁻¹ (horizonte G4-2C1, 80 centímetros de profundidad), con expansibilidad baja y cambio de volumen menor al 10%; y los 0,095 centímetros centímetros⁻¹ (horizonte G2-3Abk2, 180 centímetros de profundidad),

con expansibilidad muy alta y cambio de volumen mayor del 30%. El valor medio, teniendo en cuenta todos los horizontes, es de 0,046 centímetros centímetros⁻¹ (expansibilidad media y cambio de volumen entre el 10 y el 20%).

En la tabla II se muestra la clase de extensibilidad para cada horizonte y cada perfil. No se observa una relación directa entre el COLE y su situación.

Tabla II. Tipo de cambio de volumen en los perfiles y horizontes.

COLE	G0	G1	G2	G3	G4
1	Baja	Alta	Media	Media	Media
2	Media	Media	Media	Media	Media
3	Baja	Media	Media	Media	Baja
4		Media	Alta	Baja	Baja
5		Media	Alta	Baja	Media
6		Media	Muy alta	Media	Media
7		Media	Media	Alta	Alta
8			Media		
9			Media		

En la figura 4 se constata que la mayor parte de los horizontes estudiados tienen una expansibilidad media (64%); el resto se reparte entre las clases baja (18%), alta (15%) y muy alta (3%).

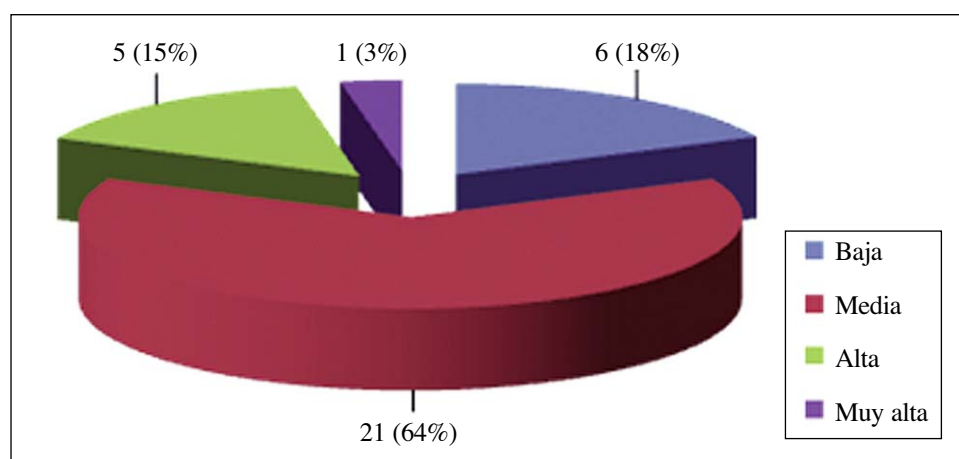


Fig. 4. Tipo de expansibilidad en los horizontes. Se indica el número de muestras empleadas y, entre paréntesis, el porcentaje respecto al total.

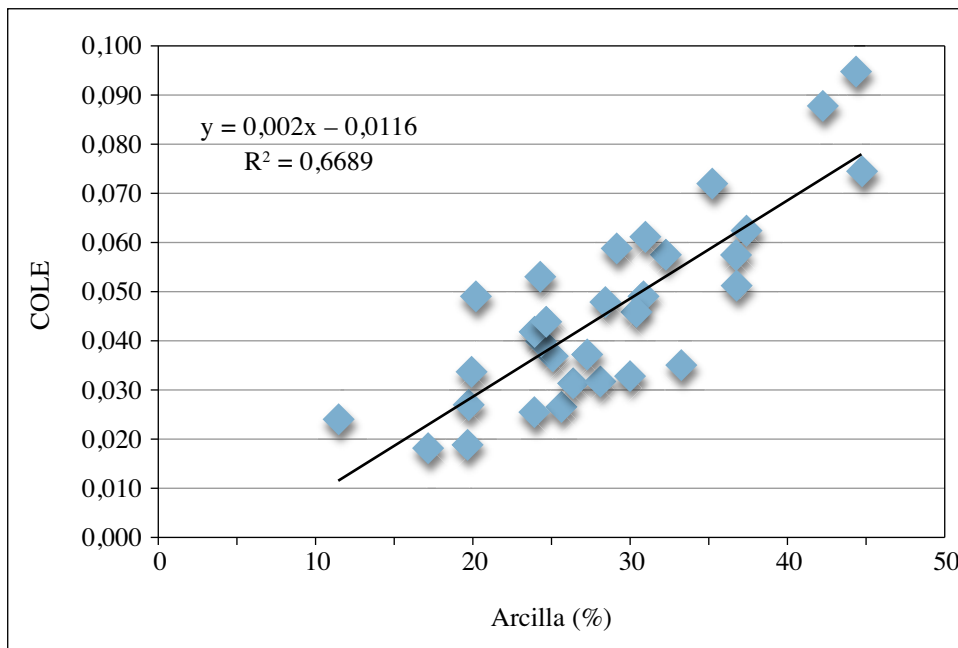


Fig. 5. Relación entre el COLE y el contenido en arcilla de los horizontes.

La figura 5 muestra la relación lineal entre los valores del COLE y el contenido de arcillas de los perfiles, con un coeficiente de regresión del 67%.

b) Límites de Atterberg: límite líquido (método de Casagrande)

El valor medio del límite líquido, teniendo en cuenta todos los horizontes, es del 27,7% en el rango del 19,5% (horizonte G2-4Cg, 240 centímetros de profundidad) al 36,4% (horizonte G2-3Abk2, 180 centímetros de profundidad).

El límite líquido en el perfil G0 disminuye con la profundidad; en el perfil G1, se mantiene constante con un valor del 30%; en el perfil G3, disminuye con la profundidad, salvo en el último horizonte, a 200 centímetros, en que está su valor máximo. Al perfil G4, en el horizonte más profundo, le ocurre algo similar que al G3; sin embargo, su evolución en profundidad disminuye y aumenta progresivamente. El perfil G2 se comporta de forma singular, ya que no tiene un patrón definido de evolución.

En el perfil G0, el mayor valor se encuentra en el horizonte superficial Ah; sin embargo, para el perfil G1 su valor máximo se encuentra a una pro-

fundidad de 105 centímetros. En los perfiles G3 y G4, su máximo valor se encuentra a partir de los 200 centímetros de profundidad.

En la mayor parte de los horizontes estudiados, la plasticidad de las arcillas es baja (79%); el resto tienen un carácter moderado (21%), estando concentradas en los horizontes G3 (3) y G2 (2) de las siete (7).

c) Límites de Atterberg: límite plástico

El valor medio del límite plástico de todos los horizontes es del 21,6% en el rango del 16,3% (horizonte G4-2C2, 120 centímetros de profundidad) al 27% (horizonte G3-Cr, > 200 centímetros de profundidad).

En el perfil G0, el límite plástico disminuye con la profundidad, con un cambio apreciable del horizonte superficial Ah con respecto al resto del perfil. En el perfil G1, hay un aumento progresivo hasta una profundidad de 105 centímetros (horizonte Ck2); y a partir de 140 centímetros se mantiene constante con un valor del 23%. En el perfil G2, también hay un aumento progresivo hasta los 130 centímetros (horizonte 3Abk1), y el resto del perfil hasta los 250 centímetros cambia súbitamente con forma cóncava-convexa. En el perfil G3, se dan los mayores valores de todos los horizontes, disminuyendo progresivamente en profundidad hasta los 90 centímetros (horizonte ABg1) y luego drásticamente hasta los 200 centímetros (horizonte CBr), y a partir de los 200 centímetros (horizonte Cr) aumenta de forma que es el mayor valor de todos los horizontes; el perfil G4 tiene un patrón cóncavo-convexo donde coinciden los valores a una profundidad de 15 centímetros (horizonte Ap1) y 200 centímetros (horizonte 4Cg).

En la tabla III se muestran los resultados del coeficiente de extensibilidad lineal (COLE), así como los límites de Atterberg, para cada uno de los horizontes estudiados.

d) Test de Emerson de coherencia al agua

El test de coherencia al agua (test de Emerson) muestra cómo la mayoría de los horizontes se desmenuzan (fig. 6), con una dispersión parcial (Clase 2), con un 58%, o bien con una dispersión total (Clase 1), con un 39%. Solo una muestra de las 33 (que supone un 3%) no ha evidenciado dispersión, tratándose de una capa profunda (2C2 del perfil G4).

Tabla III. Resultados del COLE y de los límites de Atterberg para los horizontes estudiados.

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>COLE</i>	<i>Límite líquido (%)</i>	<i>Límite plástico (%)</i>
G0	Ah	15	0,025	28,815	23,8
	AC	30	0,044	27,932	20,7
	C	70	0,019	26,412	20,8
G1	Ap1	15	0,061	29,017	21,9
	Ap2	50	0,057	29,586	22,8
	Ck1	70	0,048	29,273	23,8
	Ck2	105	0,049	30,903	24,3
	C2	140	0,046	28,667	22,5
	C3	200	0,047	29,858	23,2
	C4	> 200	0,033	29,186	22,9
G2	Ap1	15	0,037	27,808	19,6
	Ap2	50	0,039	23,198	19,1
	C	70	0,042	26,190	20,5
	2Ab1	90	0,072	32,512	21,3
	3Abk1	130	0,088	29,121	22,9
	3Abk2	180	0,095	36,355	27,1
	4ACkg	200	0,059	21,830	18,2
	4Cg	240	0,033	19,460	18,4
	5C	250	0,035	28,556	21,9
G3	Ap1	15	0,057	30,521	25,5
	Ap2	50	0,051	31,063	26,7
	ABg1	90	0,037	29,011	25,1
	Bg2	130	0,027	28,733	20,4
	BCg	160	0,026	25,901	19,6
	CBr	200	0,031	25,754	19,7
	Cr	> 200	0,075	31,690	27,0
G4	Ap1	15	0,032	26,707	22,2
	Ap2	50	0,031	26,982	21,3
	2C1	80	0,018	21,154	18,1
	2C2	120	0,024	21,222	16,3
	3Cg1	150	0,049	24,682	18,4
	3Cg2	170	0,053	23,731	19,4
	4Cg	200	0,062	32,804	22,0

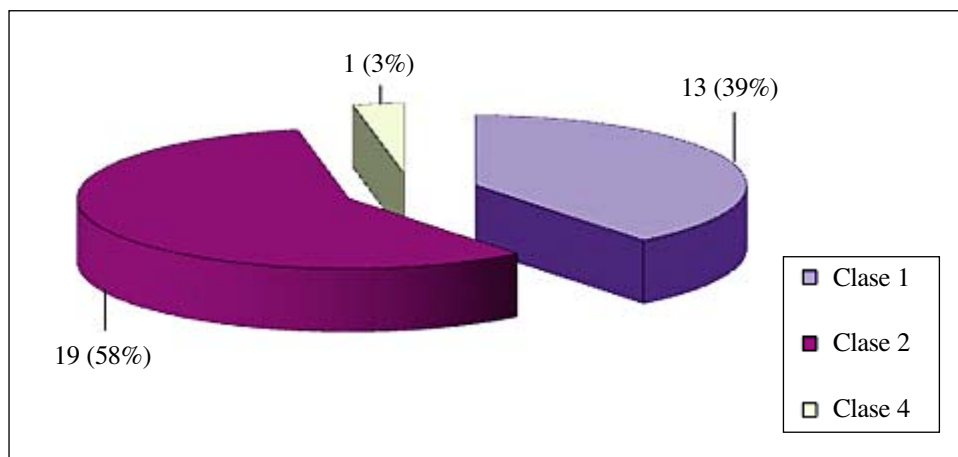


Fig. 6. Test de Emerson. Se indica el número de horizontes y, entre paréntesis, el porcentaje de cada clase de coherencia al agua.

e) Sensibilidad a la meteorización física: ciclos de congelación-descongelación y ciclos de humectación-secado

No se produce fragmentación si no se encuentra humectada (disgregación en seco). Sin embargo, con un solo ciclo de humectación-secado, la mayor parte de los bloques de margas se fragmentan (11 de 18). Si a ello añadimos tres ciclos sucesivos de congelación-descongelación, cuatro de los siete restantes se fragmentan. La rotura dio lugar a una amplia gama de tamaños (del 3 al 30% peso inicial) y número (desde 2 hasta 23 piezas) (figs. 7a y b).



Fig. 7a. Bloque inalterado (izquierda) y resultado de su fragmentación (derecha) tras un ciclo de humectación-secado.

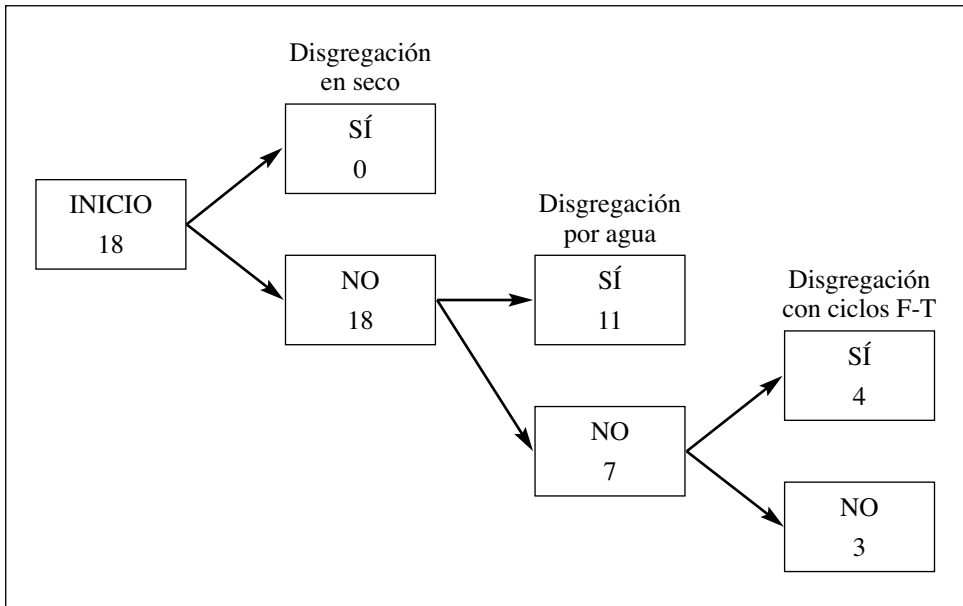


Fig. 7b. Número de bloques inalterados disgregados en seco, disgregados con ciclos hielo-deshielo (F-T) y ciclos humectante-secado (W-D) de manera sucesiva.

f) Determinación de índices

El *índice de subsidencia* tiene un valor medio de 1,1 en un rango de 0,8 a 1,4. Los mayores valores se dan en el perfil G1 a partir de 105 centímetros (horizonte Ck2), disminuyendo hasta una profundidad de 140 centímetros (horizonte C2) y aumentando y manteniendo el máximo valor desde los 200 centímetros de profundidad (horizontes C3 y C4). Los demás perfiles mantienen aproximadamente el mismo patrón hasta una profundidad de 130 a 160 centímetros. A partir de esa profundidad, los perfiles G1 y G2 aumentan progresivamente hasta sus máximos valores, y los perfiles G3 y G4 van disminuyendo su valor. Todos los suelos de los horizontes estudiados fluyen, ya que el índice de subsidencia se encuentra por encima de 0,7. Fluyen fácilmente el 55% de los horizontes, con dificultad el 42% y muy fácilmente el 3%. Salvo en el perfil G0, en el que todos los horizontes fluyen por igual, en los restantes lo hacen en horizontes a partir de los 70 (perfil G1), 90 (perfil G3), 120 (perfil G4) y 240 centímetros de profundidad (perfil G2) (fig. 8).

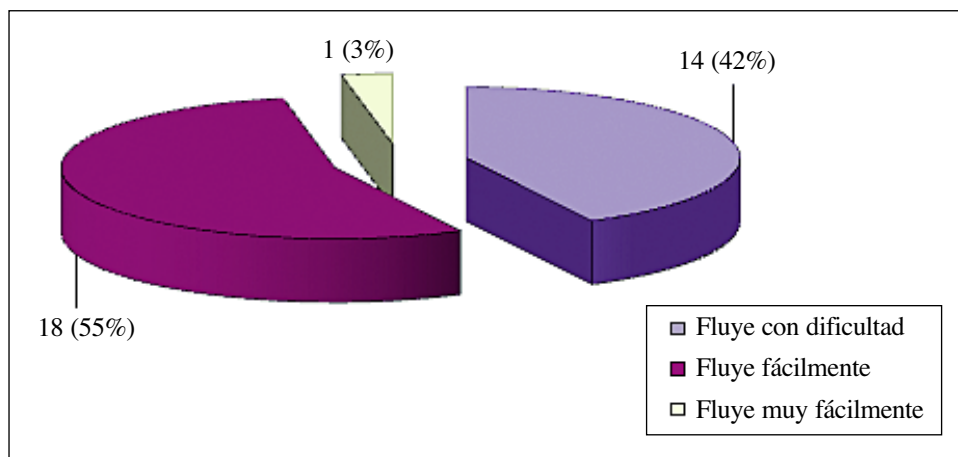


Fig. 8. Índice de subsidencia (n) de las 33 muestras de suelos.
Entre paréntesis, el porcentaje respecto al total.

El valor medio del índice de plasticidad de todos los horizontes es del 5,9% en el rango del 1% (horizonte G2-4Cg, 240 centímetros de profundidad) al 11,2% (horizonte G2-2Ab1, 90 centímetros de profundidad). Este índice es muy variable en profundidad, destacando en este sentido el perfil G4, donde el mayor valor se encuentra en el horizonte 4Cg, a 200 centímetros de profundidad; y también es en el G2 donde se encuentra el mayor y menor valor de todos los horizontes estudiados. Los perfiles G1 y G3 tienen valores más estables; sobre todo el perfil G1, que mantiene el mismo valor en profundidad, salvo el horizonte superficial (Ap1), que es el mayor de su perfil. En el G3, el mayor valor se encuentra a 130 centímetros (horizonte Bg2). En el perfil G0, este valor se halla a 30 centímetros (horizonte AC). El valor medio teniendo en cuenta todos los horizontes es del 5,9%.

Los resultados del índice líquido obtenidos con valores negativos indican que el suelo tiene un comportamiento como sólido frágil (semisólido o sólido), porque su humedad natural es inferior al límite plástico. Si los valores estuvieran entre 0 y 1, tendría un comportamiento como sólido plástico e indicaría que el suelo tendría la humedad natural entre el límite plástico y el líquido. Finalmente, si los valores fueran mayores a la unidad, tendría un comportamiento como fluido viscoso y significaría que el suelo tendría la humedad natural superior al límite líquido. Como este índice muestra la proximidad de la humedad natural del suelo al límite líquido, el horizonte más

próximo a este límite se localiza en el perfil G2 (horizonte 2Ab1, 90 centímetros de profundidad). También el más alejado de dicho límite se sitúa en el perfil G2 (horizonte 4Cg, 240 centímetros de profundidad). En el horizonte G1, se mantiene un valor constante a lo largo de todo el perfil, hecho que no ocurre en el resto. En los horizontes superficiales todos los perfiles tienen valores próximos, excepto en el perfil G1 y en el perfil G2.

Los resultados del índice de consistencia indican un comportamiento idéntico al índice líquido. En el perfil G2, se encuentran los horizontes con el mayor y el menor valor (coincidentes con el índice anterior). También su comportamiento a lo largo de la toposecuencia y de la profundidad. Los coeficientes de correlación son muy bajos ($R < 0,5$), por lo que esta propiedad, como la anterior, es poco significativa respecto a las demás.

g) Carta de Casagrande

La carta de Casagrande sirve para identificar los suelos arcillosos y limosos a partir de relacionar el límite líquido con el índice de plasticidad.

Sirve de base para la clasificación de suelos basada en las características del tamaño de las partículas. El Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (USC) designa los suelos de acuerdo con su textura y su plasticidad. Los grupos de suelos se basan en los porcentajes de intervalos seleccionados de tamaño de partículas, la configuración de la curva de frecuencias

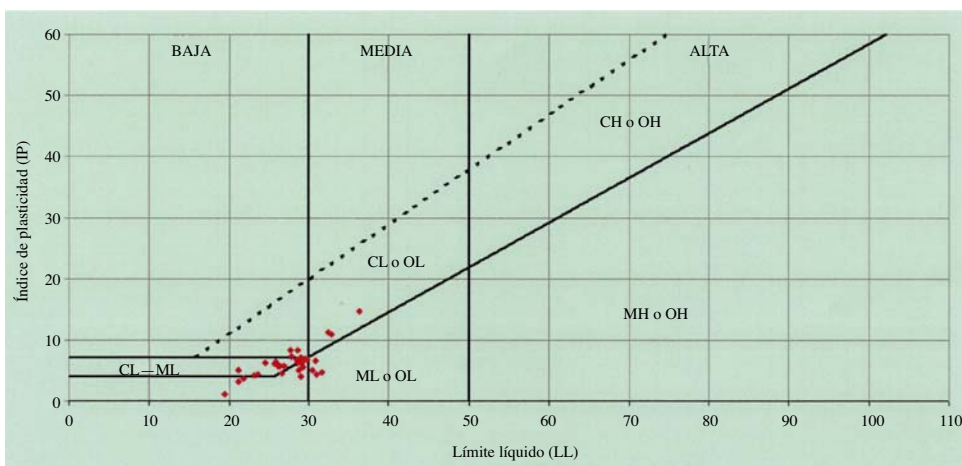


Fig. 9. Resultados de la carta de Casagrande para los 33 horizontes estudiados.

Tabla iv. Carta de Casagrande. Variables utilizadas y resultados obtenidos.

<i>Código</i>	<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	<i>IP (%)</i>	<i>LL (%)</i>	<i>Clasificación (plasticidad) USC</i>
1	G0	Ah	5,0	28,8	Fuera de rango (baja)
2	G0	AC	7,3	27,9	CL o OL (baja)
3	G0	C	5,6	26,4	CL-ML (baja)
4	G1	Ap1	7,1	29,0	CL o OL (baja)
5	G1	Ap2	6,8	29,6	Fuera de rango (baja)
6	G1	Ck1	5,5	29,3	Fuera de rango (baja)
7	G1	Ck2	6,6	30,9	ML o OL (media)
8	G1	C2	6,2	28,7	Fuera de rango (baja)
9	G1	C3	6,7	29,9	Fuera de rango (baja)
10	G1	C4	6,3	29,2	Fuera de rango (baja)
11	G2	Ap1	8,2	27,8	CL o OL (baja)
12	G2	Ap2	4,1	23,2	CL-ML (baja)
13	G2	C	5,7	26,2	CL-ML (baja)
14	G2	2Ab1	11,2	32,5	CL o OL (media)
15	G2	3Abk1	6,2	29,1	Fuera de rango (baja)
16	G2	3Abk2	14,6	36,4	CL o OL (media)
17	G2	4ACkg	3,6	21,8	Fuera de rango (baja)
18	G2	4Cg	1,0	19,5	Fuera de rango (baja)
19	G2	5C	6,6	28,6	CL-ML (baja)
20	G3	Ap1	5,1	30,5	ML o OL (media)
21	G3	Ap2	4,3	31,1	ML o OL (media)
22	G3	ABg1	3,9	29,0	Fuera de rango (baja)
23	G3	Bg2	8,3	28,7	CL o OL (baja)
24	G3	BCg	6,3	25,9	CL-ML (baja)
25	G3	CBr	6,1	25,8	CL-ML (baja)
26	G3	Cr	4,6	31,7	ML o OL (media)
27	G4	Ap1	4,5	26,7	Fuera de rango (baja)
28	G4	Ap2	5,6	27,0	CL-ML (baja)
29	G4	2C1	3,1	21,2	Fuera de rango (baja)
30	G4	2C2	4,9	21,2	CL-ML (baja)
31	G4	3Cg1	6,2	24,7	CL-ML (baja)
32	G4	3Cg2	4,3	23,7	CL-ML (baja)
33	G4	4Cg	10,8	32,8	CL o OL (media)

de partículas según su tamaño y las características de plasticidad-compresibilidad (FAO, 2015).

En la figura 9 se muestran los resultados para los horizontes estudiados. Se acompaña también la tabla IV con las propiedades utilizadas y el resultado obtenido en la figura 9.

La mayor parte de los horizontes estudiados están fuera de rango, con plasticidad baja (36%); el 30% de los horizontes son arcillo-limosos, con baja plasticidad; el 12% son limos con plasticidad media; y el resto son arcillas o limos con plasticidad baja (12%), o bien plasticidad media (9%).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los suelos con potencial alto o muy alto de expansión-contracción (COLE) suelen tener alto contenido de arcilla y valores elevados de los límites líquido (LL) y plástico (LP), según diversos autores (AHMAD y MERMUT, 1996; THOMAS y cols., 2000), lo cual se ha evidenciado en este estudio.

La mayor evaporación que se produce en verano puede favorecer la aparición de grietas en el horizonte superficial en suelos limosos y no cohesivos. Las grietas se forman por la contracción del suelo al secarse en verano, lo que supone un movimiento de agua en *by-pass*, mojándose los horizontes más profundos sin apenas humectar los superficiales. Sin embargo, en invierno, sin grietas, el agua puede quedar en la superficie del suelo durante largos periodos, lo que provoca problemas de aireación del mismo (SOLE y cols., 1992) y obliga a los agricultores a construir aguaderas.

El contenido de humedad identificado con los límites de Atterberg (W_L , W_p) y su diferente presión (saturación, FC, PWP) se relacionan positiva y significativamente ($p < 0,001$) con el contenido de arcilla y, en menor medida, con el contenido de sedimento fino. Del mismo modo, el contenido de arcilla se correlaciona con el COLE ($r = 0,82$) y el índice de plasticidad ($r = 0,54$).

Las correlaciones entre extensibilidad lineal, plasticidad y contenido en arcilla también fueron nombradas por DE JONG y cols. (1992) en suelos *chernozem* de Saskatchewan (Canadá). El índice de plasticidad, que aquí va del 4 al 15% en los suelos analizados, asume valores relativamente bajos

para la expansiva de los suelos. THOMAS y cols. (2000) midieron los valores IP del 17 al 46% en suelos de la cuenca Culpeper (Virginia).

Los datos analizados revelan una correlación negativa entre el contenido de carbonato (principalmente calcita) y el COLE. RIMMER y GREENLAND (1976) obtuvieron resultados similares como evidencia de que se reduce el carbono inorgánico con la contracción del suelo por dilución y/o por agregados de unión juntos.

El índice de subsidencia (n) oscila entre 0,8 y 1,4, y por lo general aumenta con la profundidad del suelo. El riesgo de hundimiento se incrementa para los valores $n > 0,7$ (PORTA y LÓPEZ-ACEVEDO, 2005), en función de las proporciones de limo. El límite líquido (WL) suele ser inferior al 30% en todos los horizontes del suelo. En la capa freática de los horizontes del estudio podría llegar fácilmente a este umbral, proporcionando un mecanismo para solifluxión frecuente, similar a la proporcionada por resistencia del lodo, que a menudo actúa como un subsuelo de deslizamiento de ladera abajo en suelos inmaduros (SOLE y cols., 1992).

THOMAS y cols. (2000) encontraron valores W_L que oscilaban entre el 49 y el 63% en unidades de mapa de suelo expansivo de la cuenca de Culpeper (Virginia). Ellos comprobaron que el potencial de expansión-contracción estaba fuertemente relacionado con W_L , así como con la cantidad y el tipo de arcillas (hinchazón 2 : 1 minerales de arcilla, CEC). Límite líquido bajo, baja estabilidad de los agregados y altos valores de subsidencia permiten que los horizontes superficiales se deslicen cuesta abajo. La presencia de suelos enterrados, las numerosas discontinuidades litológicas y el poco grado de la evolución del suelo sugieren que los eventos erosivos son recientes y frecuentes. Diferentes estudios, resumidos por GARCÍA-RUIZ (2010), proponen que la erosión del suelo ya se estaba produciendo en el centro de los Pirineos durante la Edad del Bronce, intensificándose durante la Edad Media y el mínimo de Maunder de la Pequeña Edad del Hielo, cuando la influencia de uso de la tierra y los cambios de cobertura de plantas alcanzaron el máximo de los factores geoecológicos.

El papel de las heladas (gelifracción) se ha observado en margas del Eoceno, pobres en esmectitas, por NADAL-ROMERO y cols. (2007). Estos investigadores encontraron que la erosión física de margas en el Pirineo

central se intensificó a partir de mediados del otoño hasta el final del invierno, cuando la humedad es elevada y se inician los ciclos de congelación y descongelación. El transporte de sedimentos y la erosión se intensifican desde la primavera al otoño cuando la fuerza de la lluvia, debido a las tormentas de verano, elimina los sedimentos. La observación de áreas vecinas también ha demostrado que las margas azuladas del Eoceno son rápidamente convertidas en cárcavas erosionables, produciendo escorrentía y altas tasas de erosión (por ejemplo, REGÜÉS y cols., 2000; GARCÍA-RUIZ y cols., 2008; VERICAT y cols., 2014). Estos factores impiden el desarrollo del suelo y facilitan la sedimentación en los valles. Con humedad, las margas esmeclíticas del Cretácico-Paleoceno tardío (PARDINI y cols., 1996) varían de volumen por la acción de las heladas y los ciclos de humectación-secado producen grandes grietas y fisuras.

Coefficiente de correlación (R)

Se constata y muestra en la tabla v que el COLE se correlaciona de forma significativa ($p < 0,01$) y positiva con el contenido en arcillas, la humedad seca al aire (H), el punto de marchitez permanente (PMP), y con la capacidad de campo (CC). Lo hace de forma significativa ($p < 0,01$) y negativa con el factor K de la ecuación de pérdida de suelo (K-USLE), con el índice del riesgo de formación de costra (IRFC), con el limo grueso (LG), con el contenido en carbonatos (CO_3) y con el pH potencial (pH p).

El límite líquido se correlaciona de forma significativa ($p < 0,01$) y positiva con el contenido en arcillas, la humedad seca al aire (H), el punto de marchitez permanente (PMP) y la capacidad de campo (CC), la humedad de saturación (HS) y el COLE. Lo hace de forma significativa ($p < 0,01$) y negativa con la arena gruesa (AG), la arena fina (AF) y el limo grueso (LG).

El índice de subsidencia (n) se correlaciona de forma significativa ($p < 0,01$) y positiva con el contenido en carbonatos (CO_3Ca), el limo fino (LF), el IRFC, el K-USLE y la humedad de saturación (HS). Lo hace de forma significativa ($p < 0,01$) y negativa con el contenido de materia orgánica (MO) y el COLE.

El límite plástico se correlaciona de forma significativa ($p < 0,01$) y positiva con el limo grueso (LG), la arcilla, el PMP, el CC, la humedad de saturación (HS) y el límite líquido. Lo hace de forma significativa ($p < 0,01$) y negativa con el pH actual (pH a), la arena gruesa (AG), la arena fina (AF) y el limo grueso (LG).

El índice de plasticidad se correlaciona de forma significativa ($p < 0,01$) y positiva con el límite líquido.

El índice líquido (IL) se correlaciona de forma significativa ($p < 0,01$) y positiva con el límite líquido y el índice de plasticidad.

El índice de consistencia (IC) se correlaciona de forma significativa ($p < 0,01$) y negativa con el límite líquido, el índice de plasticidad y el índice líquido.

Clasificación de suelos

El objeto de este apartado es identificar si los suelos estudiados presentan horizontes vérticos o protovérticos, según la WRB (IUSS, 2014).

Los horizontes vérticos tienen como criterios de diagnóstico:

- Que contengan un 30% o más de arcillas en todo su espesor.
- Una o ambas propiedades:
 - Que tengan agregados estructurales en forma de cuña con un eje longitudinal inclinado entre 10° y 60° respecto a la horizontal.
 - Que tengan sus caras pulidas y brillantes (*slickensides*).
- Presencia de grietas de contracción-dilatación que en verano tengan 0,5 centímetros de ancho o más.
- Un espesor de 25 centímetros o más.

Como característica adicional, y como medida del potencial de agrietamiento, se considera que el COLE debe ser mayor a 0,06 centímetros centímetros⁻¹.

Por su parte, los horizontes protovérticos tienen como criterios de diagnóstico:

- Que contengan un 30% o más de arcillas en todo su espesor.

- Una o varias propiedades:
 - Que tengan agregados en forma de cuña con un eje longitudinal inclinado entre 10° y 60° respecto a la horizontal.
 - Que tengan sus caras pulidas y brillantes (*slickensides*).
 - Presencia de grietas de contracción-dilatación que en verano tengan 0,5 centímetros de ancho o más.
 - COLE de 0,06 o más.
- Un espesor de 15 centímetros o más.

Como característica adicional, y como medida del potencial de agrietamiento, se considera que el COLE debe ser mayor a 0,06 centímetros centímetros⁻¹.

Estos últimos criterios los cumplen algunos de los horizontes de los perfiles G1, G2 y G3, de los cinco del estudio. Por eso se les puede añadir el calificativo de *protovértico* para completar el nombre de la unidad de suelos y evidenciar que se trata de un intergrado hacia los Vertisoles. Así, el perfil G0 se clasifica, según la WRB, como Regosol calcárico límico, el perfil G1 como Calcisol háplico límico protovértico, el perfil G2 como Regosol calcárico límico (sobre un suelo enterrado), como Regosol calcárico límico protovértico el perfil G3, y el G4 como Regosol calcárico límico.

Es llamativa la ausencia de esmectitas a favor de las arcillas micáceas o ilitas (60%), acompañadas de calcita (20%) y cuarzo (15%). Los suelos en fondos se empobrecen en calcita a favor del cuarzo (BADÍA y cols., 2015). Su capacidad de expansión-contracción según los ciclos de humedecimiento y secado, puesta en evidencia con la aparición de grietas en horizontes superficiales, no se relacionan, por tanto, con la presencia de arcillas expansibles como las esmectitas y vermiculitas, ausentes o escasas en estos suelos. Esta composición es similar a la descrita por NADAL-ROMERO y cols. (2007) en margas eocenas (n = 8) con diferente grado de alteración en la cuenca de Araguás. Por ello, y por la ausencia de agregados en cuña, los suelos no se clasifican como Vertisoles, como se había indicado (IBARRA, 2004; IGN, 2006), aunque están muy próximos a ellos (BADÍA y cols., 2015), como habían advertido GUERRA y MONTURIOL (1970), que los denominaron *Vertisoles topomorfos*.

CONCLUSIONES

Los suelos desarrollados sobre margas eocenas se caracterizan por tener mayoritariamente una expansibilidad (COLE) media, con cambios de volumen entre el 10 y el 20%. El COLE se correlaciona de forma positiva con la cantidad de arcilla y la retención de agua en el suelo en sus distintas tensiones y, de forma negativa con el contenido en carbonatos. Desde el punto de vista taxonómico, los suelos no cumplen los criterios de diagnóstico de horizonte vértico (propio de Vertisoles), pero sí de protovértico, en tres de los cinco perfiles estudiados.

En cuanto a los límites de Atterberg, el límite líquido (LL) indica una baja plasticidad de sus arcillas. El LL se correlaciona de forma positiva con el contenido en arcillas y de forma negativa con el contenido en arena fina. El límite plástico (LP) se correlaciona de forma significativa y positiva con el contenido de humedad a saturación del suelo y de forma negativa con el contenido de arena fina.

El índice de subsidencia es entre moderado y alto, lo que indica que todas las muestras de suelos tienen cierta facilidad para fluir. De acuerdo con el índice de plasticidad (IP), se puede indicar que la gran mayoría de los horizontes caracterizados son débilmente plásticos y el resto son medianamente plásticos. El índice líquido adquiere un valor negativo en todas las muestras, lo que indica que los suelos tienen un comportamiento como sólido frágil.

Los agregados del suelo se dispersan parcial o totalmente al sumergirlos en agua (test de Emerson), lo que da una idea de su baja estabilidad estructural.

Respecto a los procesos de congelación-descongelación y humectación-secado de bloques inalterados de margas (material parental de los suelos), se constata cómo un único ciclo de humectación-secado produce la fractura del 61% de los mismos. Si a esa humectación le suceden tres ciclos de congelación-descongelación se produce la fragmentación de la mayoría de los bloques (83%). La congelación sin humedad no genera ninguna fractura. Todos estos aspectos ponen en evidencia cómo las margas eocenas presentan una alta sensibilidad frente a la meteorización física, lo cual tiene una alta repercusión tanto en ingeniería civil como en el comportamiento agronómico de los suelos desarrollados sobre las mismas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda y la colaboración de la doctora Clara Martí Dalmau, por la ayuda prestada en las diversas fases del estudio. A Asunción Callizo Salvo y Ana Belén Aguado Operé, por su amabilidad y atención durante el análisis de las muestras en el laboratorio. A Joaquín Lanuza Meavilla y Tomás Salinas Ferrer, por la utilización de las herramientas del invernadero. A José Antonio Manso Alonso, por la colaboración en la búsqueda de posibles soluciones para uno de los análisis realizados. También al doctor José Antonio Cuchí Oterino, por sus explicaciones de geología, paisaje y cultura durante este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, N., y A. MERMUT (eds.) (1996). *Vertisols and Technologies for their Management*. Elsevier (Developments in Soil Science, 24). Ámsterdam.
- BADÍA, D., D. ORÚS, J. R. DOZ, J. CASANOVA, R. M. POCH y M. T. GARCÍA-GONZÁLEZ (2015). Vertic features in a soil catena developed on Eocene marls in the Inner Depression of the Central Spanish Pyrenees. *Catena*, 129: 86-94. www.doi: 10.1016/j.catena.2015.03.006
- BEGUERÍA, S. (2005). *Erosión y fuentes de sedimento en la cuenca del embalse de Yesa (Pirineo occidental)*. Ensayo de una metodología basada en teledetección y análisis SIG. Instituto Pirenaico de Ecología. Zaragoza. 158 pp.
- CASAGRANDE, A. (1932). Research on the Atterberg limits of soils. *Public Roads*, 13: 121-130, 136.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (CHE) (2007). *Plan Hidrológico del río Gállego*. [Borrador: Documentación previa para su análisis]. Versión V. 2 de diciembre de 2007. Programa AGUA. Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España y Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. 276 pp.
- CREUS, J., y M. GIL (2001). Clima. En *El medio físico y su peligrosidad en un sector del Pirineo central*: 39-41. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid.
- DE JONG, E., L. M. JOZAK y H. B. STONEHOUSE (1992). Comparison of shrink-swell indices of some Saskatchewan soils and their relationships to standard soil characteristics. *Can. J. Soil Sci.*, 72: 429-439.
- DE SANTIS, F., M. L. GIANNOSI, L. MEDICI, V. SUMMA y F. TATEO (2010). Impact of physico-chemical soil properties on erosion features in the Aliano area (Southern Italy). *Catena*, 81 (2): 172-181.
- EMERSON, W. (1967). A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Soil Research.*, 5 (1): 47-57.

- FAULKNER, H., R. ALEXANDER y B. R. WILSON (2003). Changes to the dispersive characteristics of soils along an evolutionary slope sequence in the Vera badlands, southeast Spain: implications for site stabilisation. *Catena*, 50 (2): 243-254.
- GALLART, F., M. MARIGNANI, N. PÉREZ-GALLEGO, E. SANTI y S. MACCHERINI (2013). Thirty years of studies on badlands, from physical to vegetational approaches. A succinct review. *Catena*, 106: 4-11.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. (2010). The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena*, 81: 1-11.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., D. REGÜÉS, B. ALVERA, N. LANA-RENAULT, P. SERRANO-MUELA, E. NADAL-ROMERO y J. ARNÁEZ (2008). Flood generation and sediment transport in experimental catchments affected by land use changes in the central Pyrenees. *Journal of Hydrology*, 356 (1): 245-260.
- GREENLAND, D. J., D. RIMMER y D. PAYNE (1975). Determination of the structural stability class of English and Welsh soils using a water coherence test. *Journal of Soil Science*, 26: 294-303.
- GUERRA, A., y F. MONTURIOL (1970). *Mapa de suelos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Logroño*. CSIC. Madrid.
- IBARRA, P. (2004). La diversidad edáfica del territorio aragonés. En J. L. Peña, L. A. Longares y M. Sánchez (eds.), *Geografía física de Aragón*: 41-53. IFC / Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- IGN (2006). *Atlas Nacional de España: geología, geomorfología y edafología*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- IUSS WORKING GROUP WRB (2014). *World Reference Base for Soil Resources 2014. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps*. FAO (World Soil Resource Reports, 106). Rome. 181 pp.
- KASANIN-GRUBIN, M. (2013). Clay mineralogy as a crucial factor in badland hillslope processes. *Catena*, 106: 54-67.
- MATAIX-SOLERA, J., E. BENITO, V. ANDREU, A. CERDÀ, J. LLOVET, X. ÚBEDA, CL. MARTÍ, E. VARELA, E. GIMENO, V. ARCENEGUI, J. L. RUBIO, J. CAMPO, F. GARCÍA-ORENES y D. BADÍA (2010). ¿Cómo estudiar la estabilidad de agregados en suelos afectados por incendios? Métodos e interpretación de resultados. En A. Cerdà y A. Jordán López (coords.), *Actualización en métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales*: 109-143. Universitat de València. Valencia.
- MONTES, M. J. (2009). *Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno de la cuenca de Jaca*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 59). Huesca. 355 pp.
- NADAL-ROMERO, E. (2011). *Las áreas de cárcavas (badlands) como fuente de sedimento en cuencas de montaña: procesos de meteorización, erosión y transporte en margas del Pirineo central*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (Serie Investigación). Zaragoza. 377 pp.

- NADAL-ROMERO, E., D. REGÜÉS, C. MARTÍ-BONO y P. SERRANO-MUELA (2007). Badland dynamics in the Central Pyrenees: Temporal and spatial patterns of weathering processes. *Earth Surf. Process. Landforms*, 32: 888-904.
- PARDINI, G. (2003). Fractal scaling of surface roughness in artificially weathered smectite-rich soil regoliths. *Geoderma*, 117 (1): 157-167.
- PARDINI, G., G. V. GUIDI, R. PINI, D. REGÜÉS y F. GALLART (1996). Structure and porosity of smectitic mudrocks as affected by experimental wetting-drying cycles and freezing-thawing cycles. *Catena*, 27 (3-4): 149-165.
- PONS, L. J., e I. S. ZONNEVELD (1965). *Soil Ripening and Soil Classification. Initial Soil Formation in Alluvial Deposits and a Classification of the Resulting Soils*. International Institute Land Reclamation and Impro (ILRI, 13). Wageningen.
- PORTA, J., y M. LÓPEZ-ACEVEDO (2005). *Agenda de campo de suelos: información de suelos para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Madrid. 541 pp.
- REGÜÉS, D., y F. GALLART (2004). Seasonal patterns of runoff and erosion responses to simulated rainfall in a badland area in mediterranean mountain conditions (Vallcebre, southeastern Pyrenees). *Earth Surf. Process. Landforms*, 29: 755-767.
- REGÜÉS, D., R. GUÁRDIA y F. GALLART (2000). Geomorphic agents versus vegetation spreading as causes of badland occurrence in a Mediterranean subhumid mountainous area. *Catena*, 40: 173-187. doi: 10.1016/S0341-8162(99)00045-4
- REGÜÉS, D., E. NADAL-ROMERO, J. LATRON y C. MARTÍ-BONO (2009). Producción y transporte de sedimento en cárcavas desarrolladas en la depresión interior altoaragonesa (cuena de Araguás, Pirineo central). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35 (2): 263-288.
- RIMMER, D. L., y D. J. GREENLAND (1976). Effects of calcium carbonate on the swelling behaviour of a soil clay. *European Journal Soil Science*, 27: 129-139.
- SOIL SURVEY LABORATORY (1996). *Methods manual*. Version 3.0. Kellog Soil Survey Laboratory (Soil Survey Investigations Report, 42). USDA. Lincoln (NE).
- SOLE, A., R. JOSA, G. PARDINI, R. ARINGHERI, F. PLANA y F. GALLART (1992). How mudrock and physical properties influence badland formation at Vallcebre (Pre-Pyrenees, NE, Spain). *Catena*, 19: 287-300.
- SUMMA, V., F. TATEO, L. MEDICI y M. L. GIANNOSSI (2007). The role of mineralogy, geochemistry and grain size in badland development in Pisticci (Basilicata, Southern Italy). *Earth Surface Processes and Landforms*, 32 (7): 980-997.
- THOMAS, P. J., J. C. BAKER y L. W. ZELAZNY (2000). An expansive soil index for predicting shrink-swell potential. *Soil Science Society of America Journal*, 64 (1): 268-274.
- UNE 103-103-94. *Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande*.
- UNE 103-104-93. *Determinación del límite plástico de un suelo*.

- VALERA-VALERA, A., C. SUMOZA-AGRAZ, J. FERRER-ESPY, S. RODRÍGUEZ-PARILLI y W. TOVAR (2006). *Análisis físico de suelos. Sistema de riego del río Tiznados*. 19 pp.
- VERICAT, D., M. W. SMITH y J. BRASINGTON (2014). Patterns of topographic change in sub-humid badlands determined by high resolution multi-temporal topographic surveys. *Catena*, 120: 164-176.

Lucas Mallada, **19**: 123 a 134
ISSN: 0214-8315, e-ISSN: 2445-060X
<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>
Huesca, 2017

APROXIMACIÓN METODOLÓGICA AL PLAN DE SEGUIMIENTO ECOLÓGICO DEL PAISAJE PROTEGIDO DE SAN JUAN DE LA PEÑA Y MONTE OROEL

Olatz FERNÁNDEZ¹
Juan HERRERO²
Carlos PRADA³
Alicia GARCÍA-SERRANO¹
Raquel HERNÁNDEZ¹
Daniel GÓMEZ⁴
David GUZMÁN⁵

RESUMEN.— Con el fin de desarrollar el Plan de Seguimiento Ecológico (PSE) del Paisaje Protegido de San Juan de la Peña y Monte Oroel (PPS), durante el otoño de 2016 se llevó a cabo un inventario de la información disponible, un análisis de esta información y una propuesta de PSE para esta área protegida.

Recepción del original: 6-11-2017

¹ Ega Consultores en Vida Silvestre, SL. C/ Sierra de Vicort, 31. E-50003 ZARAGOZA. olatzega@gmail.com, aliciaega@gmail.com, raquel_staeulalia@hotmail.com

² Área de Ecología. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Zaragoza. E-22071 HUESCA. herreroj@unizar.es

³ Consultores en Biología de la Conservación, SL. C/ Manuela Malasaña, 24. E-28004 MADRID. carlos.prada.fdez@gmail.com

⁴ Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Avda. Nuestra Señora de la Victoria, s/n. E-22700 JACA. dgomez@ipe.csic.es

⁵ Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Gobierno de Aragón. C/ General Lasheras, 8. E-22003 HUESCA. dguzman@aragon.es

Se han inventariado 30 trabajos llevados a cabo en el PPS. Destaca la información relativa a la flora vascular y la fauna vertebrada, las tesis doctorales en este ámbito presentadas en los años setenta del pasado siglo y, en conjunto, una información escasa sobre el resto de aspectos. Sobresale la necesidad de inventariar aún la mayor parte de los grupos faunísticos.

Tras hacer este inventario, se identificaron los principales procesos, factores o elementos que tienen lugar en el PPS, así como sus mayores amenazas. El principal proceso clave es la evolución del bosque a estadios más maduros: la matorralización, que afecta a diversos hábitats de interés comunitario europeos, y la degradación de algunas comunidades de pastos debido a su artificialización mediante el riego.

A partir de la información disponible analizada, se proponen una serie de actuaciones para desarrollar el PSE a lo largo de los próximos cinco años, agrupadas en programas de seguimiento. Estas consisten en la elaboración de los inventarios que completen las lagunas de información, la redacción de protocolos de toma de datos y la inclusión de toda la información en la base documental sobre biodiversidad del Gobierno de Aragón.

ABSTRACT.— In order to develop the Ecological Monitoring Plan (ECM) of San Juan de la Peña and Monte Oroel Protected Landscape (SJPP), during 2016 we undertook an inventory and analysis of the available information and a proposal of an ECM for this Protected Area.

We inventoried 30 works carried out by SJPP. Most of them dealt with vascular flora and vertebrates, as PhD thesis undertaken during the 70s of last century were centered in this topic, while the rest of the subjects were hardly covered. An inventory of most of the fauna groups is clearly needed.

Following the inventory, the main processes, factors and elements which characterize SJPP as well as their main threats were identified. The main key process is the evolution of forests towards more mature stages: the shrub encroachment which affects several European Community habitats of interest, and the degradation of some pastures due to artificial irrigation.

After analyzing the available information, we propose some measures to develop the ECM for the next five years, grouped in monitoring programs. These consist in the elaboration of inventories (to complete the lack of information), protocols (to gather data), and the integration of all the information in the documentary base of the Regional Government of Aragon.

KEY WORDS.— Ecological Monitoring Plan, San Juan de la Peña and Monte Oroel Protected Landscape, monitoring protocol, Aragón (Spain).

¿POR QUÉ UN PLAN DE SEGUIMIENTO ECOLÓGICO?

El seguimiento ecológico es el conjunto de trabajos, estudios, inventarios y monitorizaciones llevados a cabo para analizar los cambios en los ecosistemas ocurridos en un territorio y que en el caso de las áreas protegidas (AP) sirve para evaluar la evolución de los objetivos de conservación pudiendo ser una suerte de investigación aplicada a su gestión.

Diversos organismos, como la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en su Plan de Acción para las Áreas Protegidas de Europa (UICN, 1994), o EUROPARC en su Plan de Acción para los Espacios Naturales Protegidos del Estado Español (EUROPARC-España, 2002), así como la Directiva Hábitat de la Unión Europea, en su artículo 7.2, recomiendan el desarrollo de programas de seguimiento ecológico (PSE), aunque no siempre se citen con ese nombre. Teóricamente, estas áreas, al poder contar con planes de actuación y de gestión, equipamientos y personal técnico-administrativo, pueden obtener un mayor volumen de información sobre los sistemas naturales que el resto de territorios. Aun así los PSE están en una fase todavía muy incipiente y hasta hace poco tiempo limitados a unos pocos países.

En cuanto a España, el desarrollo y puesta en marcha de programas de seguimiento en áreas protegidas se encuentra aún en fases iniciales de desarrollo, son escasos y, generalmente, sus objetivos representan aspectos muy concretos, salvo en la Red de Parques Nacionales, en la que desde 2008 se lleva a cabo un Plan de Seguimiento y Evaluación. Del resto de áreas protegidas no existe una recopilación actualizada del estado del seguimiento ecológico (SE), más allá de la encuesta realizada por EUROPARC-España en 1998. En esta encuesta, se analizaron más de 130 parques naturales y nacionales, y de ellos solo el 36% disponía de algún tipo de seguimiento ecológico o socioeconómico, siendo el número de estas actividades respecto al total de actividades de gestión tan solo del 16%, con un sesgo hacia el estudio de la fauna, frente a la escasa atención dedicada a las variables abióticas o socioeconómicas. En cuanto al personal técnico de las áreas protegidas hay menos de una persona de media dedicada a estudios de seguimiento, y en la mayor parte de los casos esta dedicación es compartida con otras actividades (GÓMEZ-LIMÓN y cols., 2000).

El seguimiento ecológico y su importancia en la conservación de las áreas protegidas

El funcionamiento normal de las áreas protegidas implica la necesidad de mejorar el estado de conservación de la biodiversidad que albergan, aumentando su conocimiento. Los inventarios de los recursos naturales suponen un punto de partida. Estos se definen como muestreos realizados en un momento dado que determinan la ubicación o condición de un recurso, biótico o abiótico (NATIONAL PARKS SERVICE, 2004). Los muestreos realizados durante el inventariado de un recurso se caracterizan por ser intensos y completos, lo que supone un elevado esfuerzo que difícilmente se puede mantener en el tiempo.

De esta forma, el inventario ofrece las bases para seleccionar las localizaciones más representativas de un determinado recurso, ayuda a determinar la variabilidad esperada de dicho recurso, pero no permite ver la evolución temporal de las variables medidas. Por este motivo, en la gestión de las áreas protegidas esta condición de fotografía fija de la realidad va dando paso a lo que se denomina *seguimiento ecológico*.

El seguimiento ecológico añade una dimensión temporal al inventario, de modo que su finalidad es detectar cambios y tendencias en un recurso. Cada uno de los elementos o procesos ambientales que pueden ser medidos o estimados, y que aportan información sobre el estado del ecosistema, son un atributo del seguimiento, y una de las características que han de poseer es que se tienen que medir de forma homogénea para que puedan ser comparables en el tiempo. Los atributos que pueden formar parte de un proceso de seguimiento son numerosos, por lo que habitualmente se opta por trabajar con indicadores.

El término *indicador* está reservado para aquellos atributos que aportan información particularmente valiosa en el sentido de que sus valores son indicativos de la calidad, salud o integridad del sistema ecológico al que pertenecen (NOON, 2003).

En el seguimiento se consideran menos parámetros que en el inventario y solo se trabaja con indicadores, ya que esta fase supone un nivel de esfuerzo temporal y económico más elevado. Por eso, es necesario realizar una planificación cuidadosa con el fin de seleccionar aquellas variables más

interesantes o relevantes para conocer la evolución de los objetivos de conservación y recoger datos precisos utilizando métodos apropiados. La recogida y tratamiento de los datos se ha de hacer de una forma comparable a lo largo del tiempo, para detectar las tendencias.

Otro aspecto fundamental en este punto es la elaboración y la publicación de los resultados, para que la información pueda ser utilizada por los gestores y consultada por la comunidad en general.

Por tanto, puede decirse que el seguimiento ecológico implica el seguimiento a largo plazo de procesos o variables a partir de indicadores sensibles a cambios relevantes en sus condiciones o abundancia. Para poder llevarlo a cabo es necesario valorar la posibilidad de su realización (factibilidad), el interés de los resultados obtenidos y sus consecuencias a la hora de tomar decisiones de gestión. Cualquier planteamiento de este tipo debe pensar en el largo plazo, la optimización de los recursos disponibles y la implicación que supone establecer un termómetro que valora las propias actuaciones. En definitiva, el seguimiento ecológico de un área protegida es necesario para realizar una gestión adaptativa del mismo.

Los protocolos de seguimiento

El seguimiento de recursos naturales se define como “la recolección y el análisis de observaciones o muestras de forma repetida, que permiten evaluar los cambios en sus condiciones y conocer cómo se ajustan a los objetivos de gestión” (ELZINGA y cols., 1998). Para tener la certeza de que los cambios detectados a partir de la monitorización están ocurriendo realmente en la naturaleza y no son solo errores derivados de las mediciones realizadas por diferentes personas o de formas ligeramente distintas, es necesario desarrollar y poner en marcha precisos y detallados protocolos de seguimiento como parte de los programas de seguimiento a largo plazo (GEOGHEGAN y cols., 1990).

Los protocolos de seguimiento son un componente clave que asegura la calidad de los programas de seguimiento, ya que los datos tomados ofrecen unos estándares de calidad con niveles de confianza conocidos. Son, además, necesarios para ofrecer credibilidad al programa, defender los datos en revisiones externas y detectar modificaciones en el tiempo sin importar los

cambios de personal. También son indispensables para poder comparar los datos obtenidos entre diferentes organismos y lugares.

La gestión adaptativa

Los objetivos de gestión de una determinada área protegida han sido fijados en los documentos que lo definen y en su planificación. Después, la búsqueda de información, la puesta en marcha de inventarios e investigaciones, o la consulta a expertos son herramientas para la identificación de las condiciones deseadas para estos objetivos (paso 1). La organización de la información obtenida va a posibilitar la comparación entre las condiciones reales y las deseadas (paso 2). Los resultados del seguimiento también ayudan a establecer estrategias de gestión para lograr esas condiciones deseadas (paso 3), así como las tendencias en los recursos pueden ayudar a evaluar la eficiencia de esa gestión (paso 4) y llegado el caso adaptarla para lograr las condiciones buscadas (paso 5) volviendo a fijar nuevas condiciones para los objetivos (fig. 1).

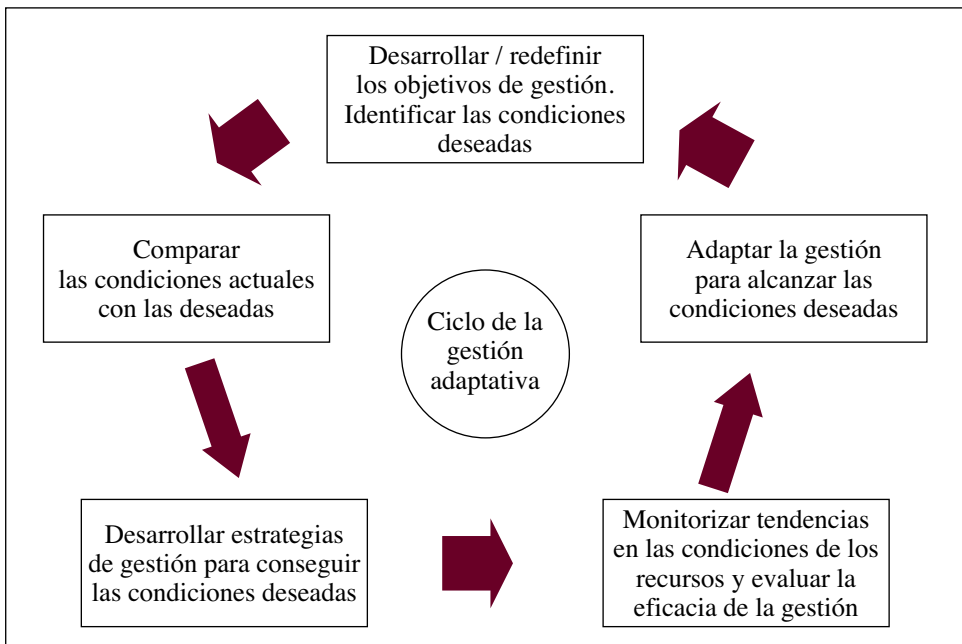


Fig. 1. Ciclo de la gestión adaptativa (NATIONAL PARKS SERVICE, 2000).

En este artículo proponemos una aproximación metodológica a un Plan de Seguimiento Ecológico (PSE) para el Paisaje Protegido de San Juan de la Peña y Monte Oroel (PPS) y sentamos las bases para su desarrollo.

Inventario de trabajos realizados en el ámbito del PPS

El primer paso para desarrollar el PSE consistió en llevar a cabo una búsqueda bibliográfica para inventariar los trabajos realizados en el entorno del PPS, procurando recoger todo tipo de datos, cualitativos o cuantitativos, publicados, inéditos o simplemente de conocimiento personal. Para la realización de esta búsqueda se consultaron las bases de datos del Servicio de Biodiversidad del Gobierno de Aragón y del CSIC (CSIC Virtual); se utilizó el buscador Google Académico y el repositorio Zaguán de la Universidad de Zaragoza.

Área de estudio

El Paisaje Protegido de San Juan de la Peña y Monte Oroel (PPS) se encuentra ubicado en el noroeste de Aragón, en la provincia de Huesca, en el sector occidental de las sierras prepirenaicas, en la divisoria de aguas de los ríos Aragón y Gállego (fig. 2).

Administrativamente, se ubica entre las comarcas de la Jacetania, Alto Gállego y Hoya de Huesca, ocupando superficies de los municipios de Baillo, Caldearenas, Jaca, Las Peñas de Riglos, Santa Cilia de Jaca y Santa Cruz de la Serós. Posee una superficie de 9514 hectáreas, de las cuales el 67% del PPS está incluido en el municipio de Jaca y el 94% en la comarca de la Jacetania, siendo los demás municipios y comarcas minoritarios. Es necesario destacar que el interior del paisaje protegido (PP) no tiene núcleos habitados permanentemente (fig. 3).

El PPS en su actual configuración fue declarado en 2007 por el Decreto 13/2007, de 30 de enero, del Gobierno de Aragón, para salvaguardar sus valores naturales, su flora, su fauna, sus paisajes y sus formaciones geomorfológicas, para conservar y potenciar sus ecosistemas y para garantizar el uso racional de sus recursos naturales. Con anterioridad, en 1920, una parte había sido declarada Sitio Nacional por la Real Orden de 30 de octubre

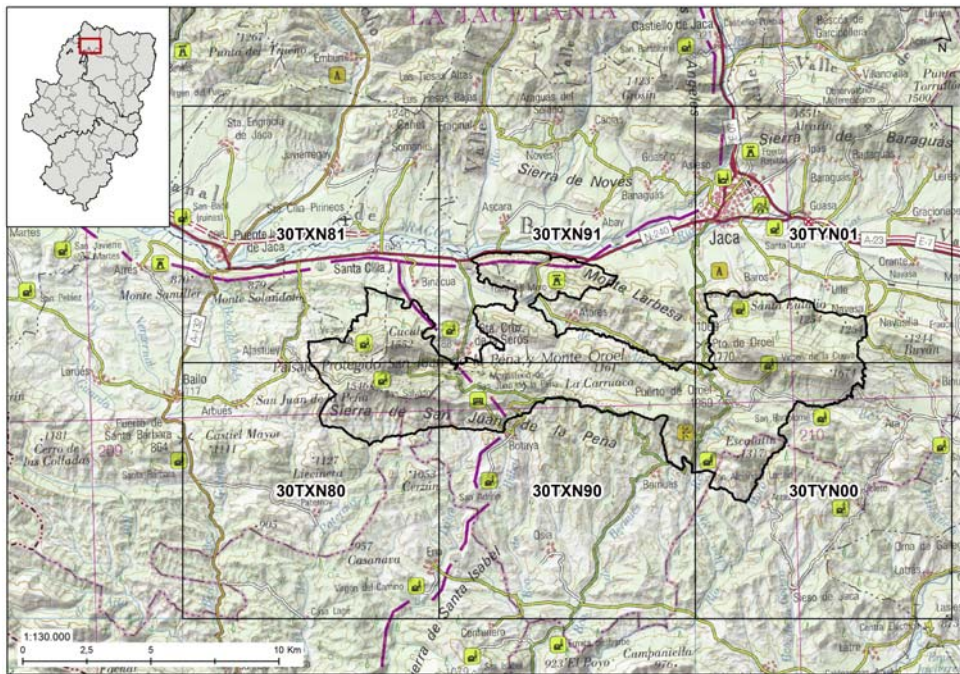


Fig. 2. Localización del PPS en Aragón y cuadrículas UTM 10 × 10 kilómetros que le afectan. (Fuentes: MAPAMA, 2015; IGN, 2008, y Gobierno de Aragón, 2015)

de 1920. La Ley 6/1998, de 19 de mayo, lo reclasifica como Monumento Natural, con una superficie de 264 hectáreas.

En cuanto a las figuras de protección europeas, el PPS está incluido en la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) ES0000285, de San Juan de la Peña y Peña Oroel, y los Lugares de Interés Comunitario (LIC) ES2410004 de San Juan de la Peña y ES2410061 de las sierras de San Juan de la Peña y Peña Oroel.

Este territorio también disfruta de otras figuras de protección, en este caso del patrimonio cultural, como es el Parque Cultural de San Juan de la Peña, que, con una extensión de 604 km², incluye los conjuntos arquitectónicos de Santa Cruz de la Serós, Atarés, Botaya, Ena, Bernués, Santa Cilia y Bailo, así como los monasterios nuevo y viejo de San Juan de la Peña, uno de los monasterios más importantes de la Alta Edad Media y cuna del Reino de Aragón (Ley 12/1997, de 13 de diciembre, de Parques Culturales de Aragón).

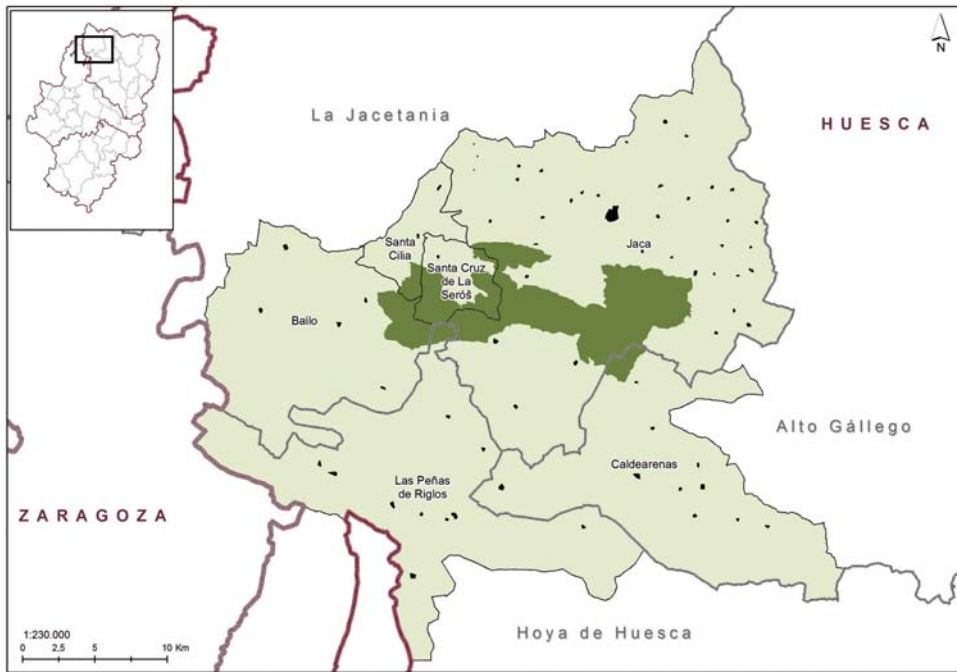


Fig. 3. Comarcas, municipios y núcleos de población en el PPS y su entorno.
(Fuentes: Gobierno de Aragón, 2016 e IGN 2015)

En 2014, se aprueba con el Decreto 188/2014, de 18 de noviembre, del Gobierno de Aragón, su Plan de Protección (PP), equivalente a un plan de gestión, que marca una serie de directrices o acciones previstas en las que se priorizan actuaciones a desarrollar en materia de conservación y desarrollo sostenible. Para su elaboración se parte de inventarios y análisis de la situación existentes, por tanto, en este documento ya se apuntan indirectamente las lagunas de conocimiento o de gestión que deberían cubrirse con el tiempo, algunas de las cuales se han venido mitigando mediante los trabajos de inventario realizados en los últimos años y cuya ejecución continúa.

No hay un conjunto de objetivos que pueda resultar común a la gestión de todas las áreas protegidas, aunque el concepto de *integridad ecológica* define bastante bien unas metas universales a alcanzar en la gestión de ecosistemas. La integridad ecológica ha sido definida como la capacidad de sostener y mantener una comunidad de organismos equilibrada, integrada, adaptada y con una composición, diversidad y organización funcional de

especies comparable a la del resto de hábitats naturales de la región (KARR, 1987, 1991).

El Plan de Protección marca unos objetivos de gestión concretos. Todos ellos deben ser objeto de seguimiento a partir de variables objetivas mensurables. Aunque a la hora de realizar el seguimiento ecológico no estén marcados los objetivos sobre los que se pueda estructurar, estos deben basarse en el concepto de *integración ecológica* descrito anteriormente.

Inventario

La búsqueda dio el resultado de 43 trabajos inventariados relativos a este entorno natural. De los trabajos más recientes o representativos se hizo una ficha resumen, que recoge el nombre de los autores, los principales objetivos y las conclusiones del trabajo, un breve resumen de su contenido y el lugar donde está depositado para su consulta. Se ha creado, por tanto, una base de datos abierta, en la que habrá que ir añadiendo datos de diversas categorías de aquí en adelante.

Existen escasos informes y estudios sobre los recursos naturales del PPS, y no de todas las categorías de información consideradas necesarias

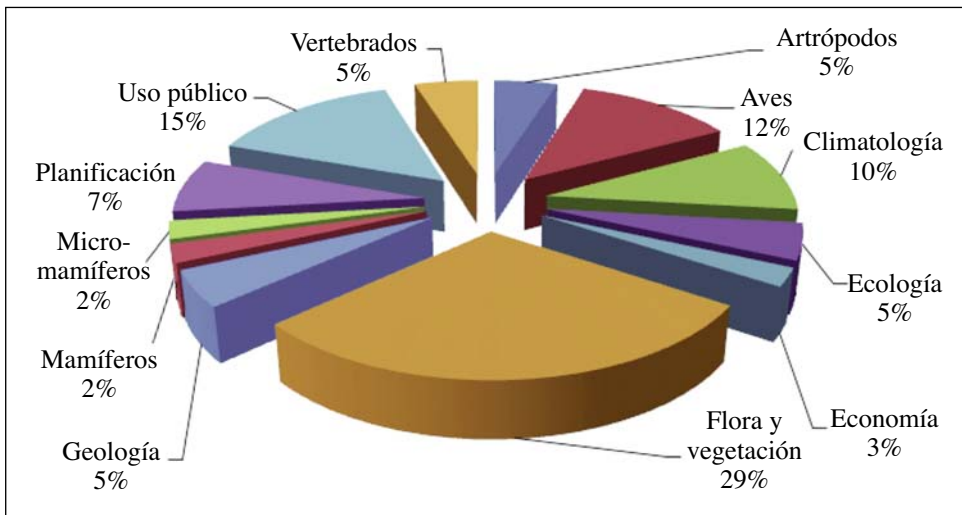


Fig. 4. Estudios realizados en el PPS clasificados por temas.

para una buena gestión del espacio. Además, aunque la información de la que se dispone es útil parte es bastante antigua, ya que antes de la década de 1980 se realizaron varios estudios en este espacio, bajando su producción en años posteriores.

Respecto a la temática de los trabajos, la flora y la vegetación, el uso público y las aves representan los temas más estudiados con más del 10% de las referencias cada uno, siendo el resto de temas en su conjunto menores (fig. 4).

El Programa de Seguimiento Ecológico

Tras hacer el inventario, toda la información recopilada se dividió en categorías de recursos para establecer de forma ordenada el nivel de información disponible, la necesidad que existe de realizar inventarios, y los elementos o procesos que se pueden considerar indicadores y que se utilizarán para poner en marcha el seguimiento. De esta forma, se han podido identificar los principales procesos, factores o elementos que tienen lugar en el PPS, así como sus principales amenazas.

La evolución del bosque a estadios más maduros; la matorralización, que afecta a diversos hábitats de interés comunitario, y la degradación de algunas comunidades de pastos debido a su artificialización mediante el riego han resultado ser los procesos clave que se están dando en el PPS.

A partir de toda la información disponible analizada, se proponen una serie de actuaciones para desarrollar el PSE a lo largo de los próximos cinco años, agrupadas en programas de seguimiento.

Estas consisten en la elaboración de los inventarios que completen las lagunas de información (paisaje, hidrología, meteorología, hábitats, cangrejo, macro y mesomamíferos, quirópteros, coleópteros y lepidópteros), la redacción de protocolos de toma de datos de cada recurso, su posterior puesta en marcha y la inclusión de toda la información en la base documental sobre biodiversidad del Gobierno de Aragón.

Cuando todas estas actuaciones estén en marcha, cuando el PSE esté ejecutándose, podrá evaluarse realmente si los objetivos del PPS en relación con la conservación de sus ecosistemas se están alcanzando o no y, en consecuencia, adaptar su gestión a este fin.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ELZINGA, C. L., D. W. SALZER y J. W. WILLOUGHBY (1998). *Measuring and monitoring plant populations*. Bureau of Land Management, Technical Reference 1730-1. Denver (Colorado, USA).
- EUROPARC-España (2000). *Plan de acción para los Parques Naturales Protegidos del Estado Español*. Sección del Estado Español de la Federación de Parques Naturales y Nacionales de Europa. Documento de síntesis. Madrid. <http://www.europarc-es.org>
- GEOGHEGAN, P., M. T. MATTSON, D. J. DUNNING y Q. E. ROSS (1990). Improved data in a tagging program through quality assurance and quality control. *American Fisheries Society Symposium*, 7: 714-719.
- GÓMEZ-LIMÓN, J., J. V. DE LUCIO y M. MÚGICA (2000). *De la declaración a la gestión activa. Los Espacios Naturales Protegidos del Estado Español en el umbral del siglo XXI*. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid. 94 pp. <http://www.europarc.org>
- KARR, J. R. (1987). Biological monitoring and environmental assessment: a conceptual framework. *Environmental Management*, 11: 249-256.
- KARR, J. R. (1991). Biological integrity: a long neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 1: 66-84.
- NATIONAL PARKS SERVICE (2000). *Natural Resource Inventory & Monitoring in National Parks*. <http://science.nature.nps.gov/im/monitor/>
- NATIONAL PARKS SERVICE (2004). *Natural resource monitoring program administration and organizational framework*. <http://science.nature.nps.gov/im/monitor/>
- NOON, B. R. (2003). Conceptual issues in monitoring ecological resources. En D. E. Busch y J. C. Trexler (eds.), *Monitoring Ecosystems: Interdisciplinary Approaches for Evaluating Ecoregional Initiatives*: 22-72. Island Press. Washington DC.
- ORGANISMO AUTÓNOMO DE PARQUES NACIONALES (2016). *Plan de Seguimiento y Evaluación de la Red de Parques Nacionales*. Red de Parques Nacionales. 72 pp. <http://www.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/plan-seguimiento-evaluacion/>
- UICN (1994). *Parques para la vida. Plan de acción para las áreas protegidas de Europa*. ICONA. Madrid. 150 pp.

Lucas Mallada, **19**: 135 a 163
ISSN: 0214-8315, e-ISSN: 2445-060X
<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>
Huesca, 2017

LUCAS MALLADA EN EL ALTO ARAGÓN

José Antonio CUCHÍ¹

RESUMEN.— El ingeniero de Minas oscense Lucas Mallada Pueyo (1841-1921) realizó una importante obra geológica y sociopolítica. Este artículo presenta algunos detalles de su relación personal con el Alto Aragón.

ABSTRACT.— Lucas Mallada Pueyo (1841-1921), a mining engineer born in Huesca, carried out an important geological and sociopolitical work. This article presents some details of his personal relationship with the Alto Aragón.

KEY WORDS.— Lucas Mallada, Huesca, Lupiñén, Jabarrillo (Spain).

INTRODUCCIÓN

Como bien es sabido, Lucas Mallada Pueyo (Huesca, 18 de octubre de 1841 – Madrid, 7 de febrero de 1921) fue un infatigable ingeniero de Minas, un gran paleontólogo y un importante miembro del regeneracionismo español de finales del siglo XIX. Se ha escrito bastante sobre este personaje. Hay dos biografías extensas, ALASTRUÉ (1983) y CALVO (2005), así como numerosos trabajos, de los que se presenta un listado que no es exhaustivo: FERNÁNDEZ-NAVARRO (1921), BATALLER (1952), LLORENTE GÓMEZ y cols. (1991), SEQUEIROS (1992), AYALA-CARCEDO (1991, 1998), DRIEVER (1998*a, b y c*), CABEZAS

Recepción del original: 8-11-2017

¹ 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

(1999), RÁBANO y GUTIÉRREZ-MARCO (1999), FERNÁNDEZ CLEMENTE (1999), DELOGU (2000), CANTERO y ÁLVAREZ (2006), DOMPER (2007), CASADO DE OTAOLA (2011), GÓMEZ y ALONSO (2010), y USECHE (2014).

A pesar de lo escrito, no parece haber un texto reciente sobre Lucas Mallada y el Alto Aragón. Así que este artículo aspira a ofrecer algo de luz sobre este tema, en gran parte a partir de un último cuaderno de notas, de los muchos que debió de llenar a lo largo de su vida, recientemente digitalizado y puesto a disposición pública por la Biblioteca del Instituto Geológico y Minero de España.

BREVE RESEÑA BIOGRÁFICA DE LUCAS MALLADA

Su padre, Manuel Mallada Sarrate (29 de mayo de 1818 – ¿?), era originario de Lupiñén. Fue empleado de la Secretaría del Ayuntamiento de Huesca, de la Diputación Provincial de Zaragoza y luego maestro en Madrid. Su madre, María Pueyo Laguna, de la que no hay prácticamente información, era de Permisán. Se casaron el 2 de octubre de 1839 en San Pedro el Viejo de Huesca, en ceremonia que ofició José Laguna, familiar de la contrayente. Fueron testigos mosén Mariano Colomer, sacristán de esa iglesia, y mosén Justo Buisán, maestro de ceremonias de la catedral.

Lucas Mariano Mallada Pueyo nació en la tarde del 18 de octubre de 1841 en Huesca. A la mañana siguiente fue bautizado en San Lorenzo, y tuvo como padrinos a Teodoro Ortas y Josefa Maestre. Según la mayor parte de los biógrafos, a los siete años y siguiendo a su padre, Lucas Mallada estaba ya en Zaragoza y a los 18 residía en Madrid, donde su padre había sacado una plaza de maestro. Sin embargo, en *El Diario de Huesca*, del 2 de julio de 1897, con motivo de su nombramiento para la Real Academia de Ciencias, un desconocido periodista, probablemente Manuel Camo Nogués, fundador y primer director de ese diario, escribió: “Desaparecido de Huesca en temprana edad, cuando apenas contara tres lustros...”. En cualquier caso, todo hace pensar que era profunda la vinculación personal de Mallada con Huesca y el Alto Aragón.

El apellido *Mallada* es común en Lupiñén y localidades cercanas como Alcalá de Gurrea, Gurrea, Piedratayada, Almudévar, Biscarrués, etcétera (GALTIER-MARTÍ, 2007). Hay también una Casa Mallada en Huesca.

En Madrid, Lucas Mallada estudió la carrera de ingeniero de Minas entre 1859 y 1866. Ese año fue nombrado ingeniero de 2.^a. Obtuvo varios destinos hasta que en agosto de 1870 fue destinado a la Comisión del Mapa Geológico de España. Al año siguiente ya estaba en Huesca, adonde regresaba en cuatro temporadas, al tiempo que trabajaba en el mapa de Cáceres. En octubre de 1872, alcanzó el grado de ingeniero de 1.^a. Unos meses después, el 5 de marzo de 1873, fue admitido en la Sociedad Española de Historia Natural. Desde 1878, al parecer, no volvió al Alto Aragón por motivos profesionales. En 1879, se hizo cargo de la Cátedra de Paleontología de la Escuela de Minas. En 1881, ya es ingeniero jefe de 2.^a. Los años 1884 y 1889 es nombrado vocal electo de la Sociedad Geográfica. Y en 1886, vocal del tribunal que iba a proveer una plaza de catedrático de Paleontología Estratigráfica de la Universidad de La Habana. Fue colaborador habitual de la revista *La América*.

En esos años, trabajó muy activamente tanto en Geología Pura como en Geología Política. Esto último le llevaría a la publicación de *Los males de la patria* y otros escritos. Fue admitido en la Real Academia de Ciencias en 1897. Y el 10 de enero de 1908, nombrado ingeniero de 1.^a clase. Se jubiló el 4 de agosto de 1910. En 1916, recibió la Gran Cruz de Isabel la Católica. Murió el 6 de febrero de 1921.

Hay relativamente poca información sobre su vida personal. En su primera biografía, la del alcañizano ALASTRUÉ (1983: 102), solo se dedica media página. Más información familiar aparece en CALVO (2005: 165-186). Sabemos que Mallada casó el 21 de agosto de 1878, en Madrid, con María de la Concepción de Domingo y Roca (1849-1903), originaria de Barcelona e hija de un comerciante de Vich. Su familia de Jabarrillo afirma que esta tenía el título de marquesa, que poseía una gran finca, “un monte que albergaba tres pueblos”, y, evidentemente, bastante dinero. Tuvieron un hijo, Carlos, que murió el 14 de septiembre de 1881 (*Diario Oficial de Avisos de Madrid*, del 27 de septiembre), y dos hijas, María del Pilar Crisanta Manuela Rosa Ramona y María de los Ángeles Inés Daniela Quiteria Josefa. Los nombres revelan evidentes raíces familiares altoaragonesas. La primera casó con Jesús Rodríguez Ferrero, alto empleado de la Banca Rothschild de Madrid, según su familia de Jabarrillo. En la hemeroteca del *ABC* se encuentra la esquila del padre de Jesús, apoderado de la Banca Bäuier, agentes en España de los Rothschild. Por otro lado, el *ABC*, del 2 de julio de 1907, reseña la

petición de mano de María Ángeles a don Lucas Mallada para don Juan de Rovira (1876-1928), comerciante de Madrid. La familia de Jabarrillo conserva varias postales de Niza y Venecia del viaje de novios de estos.

Lucas Mallada, probablemente, tuvo ingresos complementarios a su sueldo de funcionario como ingeniero de Minas, además de contar con el patrimonio de su mujer. El diario *La Correspondencia de España* publica el 10 de noviembre de 1878 la noticia del extravío de dos acciones del Banco de España a favor de Lucas Mallada.

Dudas sobre el segundo apellido y erratas

Es necesario señalar que existen dudas sobre su segundo apellido y algunas erratas en las biografías y trabajos donde se cita su figura. Hay un cierto consenso acerca de que su segundo apellido era Pueyo. Como tal figura en los libros parroquiales de la boda de sus padres y de su bautismo. También aparece en los diversos documentos que firma en persona y que se reproducen en ALASTRUÉ (1983: 10, 13, 17). Y así dicen sus monumentos en Huesca con la salvedad del que se menciona en la placa de la calle San Orencio. Este apellido aparece en la fuente alegórica conmemorativa de la traída de aguas a Montoro (Córdoba), instalada en 1893, que culminaba los trabajos proyectados por Mallada (HERNANDO y HERNANDO, 1998: 135).

Sin embargo, Ricardo del Arco, en la nota preliminar a una edición póstuma de páginas selectas (MALLADA, 1925), le apellida “Mallada y Cuello”, errata que se llegó a arrastrar a la lápida de su casa natal, donde se puede observar la corrección sobre el mármol. Incluso se repite este error en la *Gran Enciclopedia Aragonesa* (http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz_id=8364) y en la introducción de la edición facsímil de su *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca* (MALLADA, 1878), realizada por el Instituto de Estudios Altoaragoneses. Aunque, por otro lado, su familia de Jabarrillo sostiene que el apellido era Coello.

Hay también cierta confusión con los destinos de su padre. Su padre, trabajador del Ayuntamiento de Huesca, es calificado como funcionario de la Diputación Provincial de Huesca por Ricardo del Arco, información que se sigue en PUEYO (1989) y FERNÁNDEZ CLEMENTE (1999). GARCÉS (2006: 153) hace a su madre natural de Lupiñén. MERINO (2002) afirma que el ingeniero

era natural de Teruel. GALTIER-MARTÍ (2007: 237) considera que fue bautizado en San Pedro el Viejo de Huesca. ALASTRUÉ (1983: 102) sugiere el origen de su esposa en Asturias. El número de hermanos es discutido. ALASTRUÉ (1983: 102) dice que no tuvo hermanos. GALTIER-MARTÍ (2007: 238) precisa que sus únicos hermanos, Mateo y Bartolomé, murieron en Huesca con 6 años y 2 meses, respectivamente. CALVO (2005: 165-186) menciona a “Francisco Javier Mallada, hermano del geólogo”, como testigo en las bodas de sus sobrinas. GALTIER-MARTÍ (2007: 238) indica que tuvo dos hijos.

Son habituales los escritos en los que se le hace geólogo, como en la introducción del texto de FERNÁNDEZ CLEMENTE (1999: 5). SEQUEIROS (1992) indica que Mallada era ingeniero, en 1870, a los 19 años. *El Diario de Huesca*, del 3 de mayo de 1925, escribe: “ilustre oscense don Lucas Mallada, el ingeniero *agronomo* autor de *Los males de la Patria*, libro que debiera ser el catecismo de los españoles”. Topógrafo y geólogo se le denomina en un artículo de *La Vanguardia*, de julio de 1966.

Más difícil es la interpretación acerca de que Santiago Ramón y Cajal lo llamara *Malladas*. Puede ser una errata tipográfica involuntaria o inadvertida. Es posible que hubiera una confusión con Agustín Díaz Agero, conde de Malladas, quien fue senador en esa misma época y cuyo título en la prensa en ocasiones aparece sin la ese final. Pero también pudo ser una malicia intencionada, por alguien que por paisanaje conocía bien cómo se escribía el apellido. Es sabido que Mallada y Ramón y Cajal son cooptados en 1897 a la Real Academia de Ciencias Físicas y Naturales de Madrid, pero con mucha probabilidad lo fueron por bandos diferentes como se sugiere en CALVO (2005: 142). Sabemos que el padrino de Mallada en esta institución era Daniel de Cortázar. El 5 de mayo de 1907, Ramón y Cajal compitió frente a Cortázar por el cargo de senador por esta Academia. El segundo, colega, compañero de promoción y gran amigo de Mallada, ganó por 14 votos frente a 9 más un voto en blanco. En ese mismo año, el 25 de octubre, Ramón y Cajal recibió el Premio Nobel.

EL MAPA GEOLÓGICO DE HUESCA

No es fácil saber cómo consigue Mallada que se le destine a la realización del mapa geológico de Huesca, aunque se pueden intuir razones personales.

Es posible que lo solicitara y que se le condicionara a participar en el mapa de Cáceres, lo que resolvería la paradoja que subyace en el escrito de Mallada conservado en la actual Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de Huesca, donde señala que “se comience por las provincias de interés minero, tales como León”, etcétera (ALASTRUÉ, 1983: 22). Desde luego Huesca no parece que fuera una provincia puntera en esta lista, dado que sus características mineras estaban ya referenciadas en los trabajos de sus colegas (MAESTRE, 1845, y ALDAMA, 1846), cuyos informes conoció Mallada directamente.

De cualquier manera, en 1871 se le destina al equipo dirigido por Felipe Martín Donayre, con el auxiliar facultativo Manuel Pato y el colector Aniceto de la Peña. Es habitual que hubiera dos ingenieros por provincia y Donayre (¿1823?-1890) tenía más edad y rango. Por razones presupuestarias solo visitan un poco más de la mitad del partido judicial de Jaca (MALLADA, 1875: 169) y parece que se dedicaron a la zona más montañosa, donde recorren Aguas Tuertas y Collarada. En el mismo trabajo y página indica que recibió el encargo de continuar los trabajos a comienzos de 1874, ya como jefe. Los trabajos duraron nueve meses hasta noviembre. Así, el 4 de septiembre de ese año estuvo en La Forqueta de Bielsa. En algún momento de los trabajos, se incorporó el auxiliar Francisco Magallón a los trabajos de campo.

El 5 de mayo de 1875, está en Madrid presentando la breve reseña geológica. Vuelve a Huesca, pero el trabajo es interrumpido en julio cuando las fuerzas carlistas del Bajo Aragón, al mando de Antonio Dorregaray, irrumpen en la zona oriental del Pirineo oscense en un intento fallido de retirada hacia Navarra. En abril de 1877, Mallada está en Játiva recogiendo fósiles. *El Diario de Huesca*, del 7 de agosto de 1877, da cuenta de que se le ha nombrado para que practique los trabajos que la Comisión le tiene encomendados. Es noticia atrasada por las fechas que aparecen en sus trabajos. En agosto está en el valle de Benasque. Se mueve mucho, porque el 4 de septiembre cruza con José Macpherson desde Biescas a Canfranc por el collado de Izas. Mallada está cinco meses en el Alto Aragón, hasta diciembre.

A finales de 1877 retorna a Madrid. No parece que volviera a Huesca por motivos profesionales.

Mallada, montañero

Un aspecto de su actividad es que asciende a diversos picos de la provincia. CORTÁZAR (1874) señala la presencia del equipo el día 27 de junio de 1871 en la cima de Collarada. Pero aún hay más. El autor del ya citado artículo en *El Diario de Huesca*, del 2 de julio de 1897, recuerda muy bien la primera visita del ingeniero Mallada al Alto Aragón, “en cuyo tiempo hicimos amistad y aun acompañamos alguna vez en sus trabajos de campo”, al que menciona como “joven activo, trabajador, incansable, inteligente y sumamente fuerte para resistir las fatigas que produce el escalar las cumbres del alto Pirineo por sitios agrios e inaccesibles a la planta humana. ¡Había que verlo trepar por Pondellos de Sallent y por la Ardana de San Juan para formarse una idea de lo que era entonces Mallada!”. Y remacha: “Este oscense, sin vivir en el país, sabe y conoce de la estructura y cosas de la provincia de Huesca, de su Alto-Aragón, como él dice, más que saben en este país sus hijos más obligados”. La afirmación del periodista oscense y el texto en primera persona que se recoge en MALLADA (1878: 185), incluido por MARTÍNEZ EMBID (2003), sobre la climatología en el Aneto, indican que Lucas Mallada también ascendió a este pico el 29 de julio. Fue el primer oscense identificado que coronó el techo del Pirineo. En MALLADA (1878: 186) también se confirma que el 9 de agosto de 1877 ascendió a la cima del Alba, desde donde pudo ver el paisaje, para quien haya subido a las crestas fronterizas, entre el norte francés cubierto por una densa capa de nubes, que contrasta, al sur, con el Aragón soleado.

Mallada en la ciudad de Huesca

Es evidente que un incansable Mallada recorrió con minuciosidad el Alto Aragón, como reflejan sus escritos y sus mapas. Pero, aunque pasara mucho tiempo en el campo, debió de tener sus momentos de trabajo de gabinete, descanso y relajación. Posiblemente tuvo su base de operaciones en Huesca; el acceso normal a la provincia, desde Madrid, era el ferroviario y las estaciones clave eran Huesca y, en menor medida, Monzón. Además, aquí tenía familia y amigos. Por ello, soltero, católico, bien colocado y buen trabajador, la sociedad oscense del siglo XIX podía considerarlo un buen partido a efectos matrimoniales.

Curiosamente es Joaquín Costa, en sus *Memorias* (COSTA, 2011: 219 y ss.), quien da información sobre Mallada en Huesca. En su entrada del 23 de noviembre de 1877, a las 10 de la noche, Costa refiere cómo se ha enterado por una alparcería de cocina, que su amada Conchita Casas Soler (nacida en 1857), pudiera ser también pretendida por Lucas Mallada, incluso hasta hablarse de noviazgo. Según parece, una de las señoras de la cocina califica de feo a Mallada, “quien recoge piedras en esta provincia por temporadas”. La lectura del diario merece la pena y cabe destacar tres afirmaciones de Costa: “¡Gana mucho dinero! ¡Vive en Madrid! ¡Trabaja en el mapa geológico!”. Es posible que Mallada, que se casó unos meses más tarde, nunca conociera u olvidara los celos y desvaríos de Costa. De hecho, años más tarde, intercambiaron alguna correspondencia (FERNÁNDEZ CLEMENTE, 1999).

En Huesca, Mallada tuvo una buena relación con la familia Casas. Serafín Casas, catedrático de instituto, le proporcionará los datos meteorológicos entre 1865 y 1877, del observatorio del Instituto de Huesca, hoy Museo Provincial. Le hace de recadero, llevando un encargo a un hermano de Conchita que reside en Guadalajara. Incluso acompaña a las mujeres de esta familia al teatro, una evidente afición del ingeniero. CALVO (2005: 167) indica que su mujer murió, en enero de 1903, como consecuencia de una gripe mal curada contraída a la salida del teatro. Esta afición también se registra en el cuaderno de una de sus hijas y en varias anotaciones del último de esos cuadernos.

Sus publicaciones sobre el Alto Aragón

Mallada tiene y cumple el deseo de publicar pronto sus trabajos. En 1875, avanza la *Reseña*. En ella concluye que “la provincia de Huesca nunca fue minera, ni lleva camino de serlo” (1875: 185). En 1878, publica la *Descripción geográfica y geológica de la provincia de Huesca*, en cuya difusión se implicó nuestro autor (fig. 1).

Es evidente el interés que en el Alto Aragón suscitaron sus obras en las que combinaba descripciones geográficas, cortes geológicos y aspectos mineros. Así, C. Galicia, en *El Diario de Huesca*, del 20 de noviembre de 1879, escribe: “La *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca* es una obra que debe figurar en todas las bibliotecas que describe. Tal es su importancia”.



Fig. 1. Anuncios de trabajos de Lucas Mallada en *El Diario de Huesca* en 1879.

Además de dar a conocer la provincia, su estilo, por no decir algunos plagios, se puede reconocer en varios documentos técnicos de la época, por ejemplo, en la Administración forestal y agronómica. En 1893, la Comisión del Plan indica que la *Descripción física y geológica de Huesca* estaba agotada. En 1916, Isidro Comas Macarulla, *Almogávar*, corresponsal en Barcelona, señalaba en *El Diario de Huesca* que era imposible encontrar un ejemplar y reclamaba que hubiera alguno en la Biblioteca Provincial, dirigida a la sazón por Ricardo del Arco (BANDRÉS, 2000).

MALLADA Y HUESCA DESPUÉS DEL MAPA

Aunque no hay constancia de su regreso, Mallada continuó manteniendo relaciones con Huesca, como se recoge en *El Diario de Huesca*, que da periódicamente noticias de su actividad.

La elección de Mallada para la Real Academia de Ciencias se publica abundantemente en este periódico. El día 2 de julio de 1897, informa del nombramiento. El 8 es felicitado por el Ayuntamiento de Huesca en Pleno. El día 24 se recibe una carta de Mallada en la que agradece la felicitación municipal.

En el mismo diario de ese día 2 de julio (*El Diario de Huesca*, XXIII, 6338) se afirma, en una redacción muy barroca, que “vio la luz primera en la parroquia de San Lorenzo mártir, donde fue bautizado por el entonces párroco D. Juan Arcas, el día 19 del mes de octubre de 1841, y en la que figuran todos sus ascendientes, todos ellos de antiguo linaje entre los propietarios de predios en esta *Urbs Victrix Osca* que tanto amamos todos”. Se refería a la

familia Mallada, conocida casa labradora de la calle San Lorenzo. En 1874, nació en Huesca Antonio Lucas Gabriel Mallada Gosá. Sus padres fueron Antonio Mallada, de Lupiñén, y María Gosá, de Huesca. Los abuelos paternos, Antonio, de Lupiñén, y María Sarasa, de Orilla. Los abuelos maternos, Manuel Gosá, de Huesca, y Gabriela Franco, de Lascellas. Y los padrinos, Lucas Mallada Pueyo y Gregoria Maserico Franco, tíos del bautizado.

Torre Mallada, una de las propiedades de esta familia, colindaba con la Torre del Platanero, en la zona posterior del antiguo cuartel de Artillería. Hoy es zona urbanizada del barrio de Los Olivos de Huesca.

En 1900, *El Diario de Huesca* reseña que Mallada ha publicado un dictamen sobre el carbón de Utrillas en el *Boletín Minero y Comercial*. El 1 de mayo de 1901, informa de que “De Madrid y de paso para Torrelapaja ha llegado a Calatayud el ingeniero de Minas y eminente geólogo D. Lucas Mallada”. Este diario le apreciaba. Además, tenía un “corresponsal” en la estación del ferrocarril de Huesca, que controlaba las salidas y llegadas de trenes y publicaba las idas y venidas de altoaragoneses y forasteros. El 7 de agosto de 1908, publicaba que Mallada estaba en Huesca. Esta es la primera noticia de las visitas veraniegas de Mallada al Alto Aragón, en lo que parece una versión más de la habitual práctica de volver al lugar de origen en las fiestas patronales veraniegas.

El crimen de la Venta de la Laguna (Añavieja, Soria)

Un asunto terrible, que afectó directamente a Lucas Mallada, fue el crimen que se produjo en una finca suya en la provincia de Soria. Esta se cita en el cuaderno de una de sus hijas (CALVO, 2005). El periódico *El Liberal*, del 13 de diciembre de 1907, daba cuenta de un horrible crimen: dos mujeres fueron asesinadas a hachazos en la Venta de la Laguna, en la carretera de Soria a Ágreda, propiedad de Lucas Mallada. *El Imparcial* del 22 informaba de que el administrador era Antonio Mallada y que este y su tío habían tenido una reunión con el juez de Muro de Ágreda y el capitán de la Guardia Civil.

El crimen levantó pasiones en la zona, se montó un juicio mediático paralelo, en el que se acusó al administrador y se recelaba de las influencias del propietario. El juicio, con jurado y abundante público, se transcribió en

plan folletón en *Tierra Soriana*, a partir del 14 de abril de 1909. El acusado era Antonio Malladas Gosá, de 34 años, obrero del campo, y de la provincia de Huesca. En el juicio compareció Lucas Mallada del que se dice que era un señor de edad, ingeniero, sordo y primo de Mallada, no tío como se creía. Afirmaba que costeó el entierro de las víctimas. Se esperaba su testimonio con cierta expectación que, para el periodista, quedó defraudada. Un mando de la Guardia Civil consideraba responsable al encausado. Tras otros testimonios y los correspondientes alegatos, el jurado se pronunció por la culpabilidad de Antonio Mallada. Al acusado se le condenó a pena de muerte y a 17 años, 4 meses y 1 día de prisión, multa de 3000 pesetas y costas. La decisión provocó cierto revuelo. En la *Correspondencia Militar*, del 22 de enero de 1912, se informaba de que Antonio Mallada Gosá, condenado a muerte por la Audiencia de Soria, había sido indultado de esta pena. Debió de ser duro para Lucas Mallada dado que todo hacía pensar que el condenado era su ahijado.

Los últimos años

Como ya se ha señalado, Mallada se jubiló en 1910. El 4 de julio de 1912, se encuentra en Huesca en la pensión de la viuda de Chaure. Este establecimiento, en ocasiones denominado *Hotel* y *Gran Hotel*, estaba en la actual plaza de Navarra, chaflán con la calle Zaragoza, y muy frecuentado por viajeros y médicos ambulantes (CALVO SALILLAS, 2004).

El último cuaderno, ahora en los fondos de la biblioteca del IGME, es particularmente significativo de la actividad del ingeniero en sus últimos años. Por un lado, indica que no abandonó su actividad profesional. Recoge, además, muchos viajes. Su lectura ha permitido conocer las relaciones de Lucas Mallada con su familia de Huesca, Lupiñén y Jabarrillo, así como la compañía de Francisca Moseñe Mallada, con quien compartió viajes y a la que dejó un importante legado.

Jabarrillo

Jabarrillo o Javarrillo, de ambas formas lo escribe Mallada, es un pequeño núcleo urbano en el término municipal de Loarre, situado junto al río



Fig. 2. Iglesia de Jabarrillo.

Astón, aguas abajo del trasvase al embalse de Las Navas. En la secesión de Loscorrales del municipio de Loarre, Jabarrillo escogió permanecer en el municipio matriz, lo que acarreó algún problema en la asistencia de los niños a la escuela del nuevo municipio, mucho más cercana que la de Loarre.

Jabarrillo hoy está formado por una pequeña aglomeración de edificios, alguno agrícola auxiliar, una modesta iglesia exenta y una cercana cruz de bendición de campos.

El fogaje de 1492 señala dos fuegos. El *Diccionario* de Madoz indica cuatro casas, a mediados del siglo XIX. A principio del siglo XX había cinco familias. En la actualidad, está dividido entre dos familias que cultivan los campos próximos. La iglesia, recientemente restaurada, estaba dedicada a san Martín, y construida con muros de cal y cantos rodados del vecino glacis, con piedras esquineras y dintel de arenisca. El Sistema de Información del Patrimonio Cultural Aragonés (SIPCA) señala que es de los siglos XVIII-XIX. Dispone de



Fig. 3. *Vitor* en dintel.

una pequeña campana dedicada a santa Bárbara y fechada en 1786. Las fiestas patronales se celebran el 16 de agosto (San Roque) y esto ha inducido su red denominación eclesiástica. En el dintel de la iglesia está toscamente grabado un *vitor* universitario y una fecha, donde se distingue un número 15. Pudiera estar relacionada con Lucas Mallada pero, por otro lado, en 1914, Valero Giménez Allué, también de Jabarrillo, consiguió el título de maestro en la Escuela Normal de Huesca. Junto a la iglesia hay un pequeño cementerio donde reposan dos de los hermanos Moseñe Mallada: Pascual (1892-1980) y Sebastián (1898-1978), así como otros familiares y vecinos.

La familia Moseñe Mallada

La familia Moseñe ha vivido en Jabarrillo desde “tiempo inmemorial”. A finales del siglo XIX, Sebastián Moseñe Izquierdo casó con María Mallada Izquierdo, de Lupiñén, y tuvieron cinco hijos: Francisca, Antonio,

Sebastián, Pascual y Gregoria. Según la familia de Jabarrillo, María era prima hermana de Lucas Mallada. CALVO (2005: 185) supone a Francisca sobrina nieta, hija de María Izquierdo Mallada. Por otro lado, GALTIER-MARTÍ (2007) señala que su padre tuvo dos hermanos, Manuel Mateo Lorenzo (1843-1849) y Bartolomé (nacido y muerto en 1845). En la familia afirman que el padre de Lucas Mallada tenía dos hermanos. Uno quedó en la casa original de Lupiñén; el otro fue a Huesca.

Mallada tuvo relación con su familia de Lupiñén durante los años del mapa, donde le cuidaban un caballo blanco en el que paseaba por los alrededores de Jabarrillo y por la vecina sierra de Loarre, donde localizó algún yacimiento de cobre. La imagen de Mallada a caballo aparece también en el diario *La Voz*, donde un artículo del 16 de julio de 1925 sobre Mallada y Costa, informaba de que el primero, “de bella y serena figura”, recorrió a pie y a caballo la mayoría de las provincias españolas. Desde luego, en 1914 Mallada tenía 73 años y posiblemente ya no estuviera en forma para cabalgar.

A partir de 1914, viudo y ya jubilado, con sus hijas casadas y con hijos, Lucas Mallada buscó una persona que le hiciera compañía. La encontró en la familia de su prima que en aquel momento pasaba por una mala situación económica, y el padre había tenido que ir a trabajar a las obras del ferrocarril de Canfranc. La elegida fue la hija mayor de la familia, Francisca, que tenía más de 25 años en esa época, a la que se califica de paciente y muy educada y que le acompañó en los años siguientes (fig. 4). Como Gregoria era muy pequeña, Mallada pagaba para que una criada ayudara a su madre en casa. En algunos momentos, Gregoria reemplazó a su hermana e incluso lo hizo su hermano Pascual, cuando Francisca tenía que cuidar a su madre.

Mallada hizo adelantos económicos y regalos a Francisca y a su familia. Así, les compró un campo en Ayerbe, en los alrededores del santuario de la Virgen de Casbas, que después fue permutado por otro más cercano. Otros regalos son más simbólicos como un tomo de las obras completas de Cervantes y otro sobre Vida Cristiana, que se conservan en la familia.

Regularmente veraneó en Jabarrillo donde pasaba el periodo de fiestas. Su exigencia con la comida, que tenía que ser recién hecha, y para la que enviaba a Pascual a comprar a diario a Ayerbe, hace pensar que tenía algún tipo de problema digestivo. En Jabarrillo, Lucas Mallada disponía de una habitación propia, amueblada a su gusto. Como se refiere más adelante, fue



Fig. 4. Francisca Mallada Moseñe. (Archivo familiar. En el marco pone *Málaga*)

muy generoso en su testamento con Francisca. A su muerte, sus hijas dejaron a Francisca los muebles de la habitación. Esta se los llevó cuando casó en Casa Gabriel, de Loarre.

Las anotaciones altoaragonesas del último cuaderno

Este cuaderno se inicia en julio de 1914 y muestra cambios de monedas alemanas y austriacas. El 24 de julio salió, con moneda francesa, hacia Barcelona. El 26 estaba en Barcelona donde se encontró con Luis María Vidal. Fueron juntos primero a Agullana, a ver unos sondeos de este, y luego a Perpiñán. El 28, inicio de la Primera Guerra Mundial, estaba en Lyon y allí siguió el 1 de agosto, cuando Francia entró en la Gran Guerra. Pasó a Suiza, por Ginebra hacia Berna, donde visitó la Exposición Nacional Suiza de 1914. Visitó Friburgo y volvió a Ginebra. El domingo 16 salió para Francia, a Chambery, donde se quejó de que le cobran el doble por una habitación.

Siguió a Grenoble y el 19, pasando en tren por Valence, llegó a Tarascón. Continuó por Perpiñán y Barcelona, y llegó el miércoles 26 a Madrid. El sábado 19 de septiembre salió para Villamanín en León. Hasta el 3 de octubre no regresó a Madrid. Su libreta recoge 49 páginas de notas y cortes geológicos de esta zona. Jubilado pero no parado, descansó unos días, y el miércoles 14 de octubre partió de Madrid hacia Huesca. Comió el sábado 17 en Lupiñén con sus parientes. El 18 comió en Casa De Pablo, quizás en Quinzano, con más parientes. El 19 fue a Ayerbe, donde recogió a Francisca. Al día siguiente llegaron a Madrid. Siete días más tarde se fue con ella a Baños de Fortuna. Dejó 115 pesetas para el casero y 5 para la luz, lo que indica que, quizás, vivía alquilado. De Fortuna salió el 7 de noviembre hacia Albacete, Córdoba y Málaga.

Comenzó 1915 con mala salud, aunque el 9 de mayo asistió a una sesión de la Academia de Ciencias (*ABC*, del día 10). El domingo 4 de julio, dejó Madrid para ir a Ayerbe y Javarrillo. Gastó 1,5 pesetas en refrescos en Zaragoza y Tardienta; 4 en la Fondilla de Ayerbe y 6 en la tartana a Jabarrillo. Compró un colchón de muelles por 60 pesetas para la cama de Francisca. Le pagó 150 pesetas a Sebastián Moseñe por medio año de Francisca, y 1 peseta a la correa, la cartera de Loscorrales.

El 14 fue a Jaca. Los billetes de tren costaron 4,60 pesetas. La fonda de Constancia Mur les costó 40 pesetas. El 29 salió hacia Tiermas con Gregoria, a quien compró zapatos (9 pesetas), alpargatas y ligas (1,10 pesetas). El miércoles 4 de agosto, abandonó el *indecente* Tiermas, donde pagó 108 pesetas, propinas incluidas. El coche a Jaca le costó 10 pesetas. De ahí marchó al *destartalado* Canfranc, también en coche por 4 pesetas. Solo estuvo una noche (8,5 pesetas) y al día siguiente a Jaca, donde almorzó en la fonda de Constancia (Mur) por 5,5 pesetas. Los billetes a Sabiñánigo les costaron 2 pesetas. Allí tomaron un auto a Biescas por 3 pesetas. Estuvieron allí hasta el día 8, cuando regresaron a Jaca. El 12 acudieron al teatro y el 14 pagaron 84 pesetas en la fonda, compraron dulces para Jabarrillo (3,25 pesetas) y pastillas de café con leche (1 peseta). Regresaron en tren a Ayerbe. Pagaron al día siguiente 25 pesetas al *ladrón* de Ayerbe (“*indecentísima y ladrona posada de Baltasar*”). Al día siguiente salió para Jabarrillo por la tarde con Francisca, Gregoria y Sebastián. La tartana costó 6 pesetas. Salió el 21 por la mañana en tartana a Lupiñén, con Sebastián y

Francisca. “Cinco horas desagradables en Lupiñén -Bien por Batista!”. Tomó el tren de Plasencia a Huesca (2,9 pesetas). Visitó por la tarde a la desgraciada Simona Ortas. El domingo 22 fue a misa en San Lorenzo. “Comida a las 11½ con Francisca, Pablo y su mujer y la Presentación en la fonda de Chaure”. Gastó 20 pesetas en la fonda, 7 en comidas, 3 en lotería y 1 en un mozo de estación. Salieron hacia Madrid. Al día siguiente, acudieron al balneario de Santa Teresa en Ávila. Luego estuvieron en Guadarrama, El Escorial, etcétera.

Volvió a Aragón en junio de 1916. El domingo 11, en Zaragoza, escribió: “Nos alojamos en la infame hospedería Hispano-Francesa, cuyos amos, unos bestias [ilegible] muy mal de comer”. Les cobraron 26 pesetas. Al día siguiente se mudaron por la noche a la calle Pignatelli, n.º 30, casa de la fondera Joaquina Faló. Llegaron Sebastián y su hijo, a quien pagó 300 pesetas. Compró un matamoscas por 3,5 pesetas y un espejito para Francisca (1,75 pesetas). Del 19 al 23 estuvieron en algún sitio de donde volvió enfadado: “Volvemos a Zaragoza, hartos de la sucia y grosera administradora, mujer del cabrito Alberto Pelairén”. El 25 salieron hacia Jabarrillo. Francisca marchó por la noche a su casa. Mallada se quedó en Ayerbe hasta el día siguiente. Esta vez solo le cobraron 10 pesetas por la cama y la tartana de Rufo le costó el precio de costumbre. Francisca debió de caer enferma porque se le pagaron 18 pesetas al practicante de Loscorrales. El 21 de julio, subió a Jaca. Acabó el mes con poca salud. El 12 de agosto, volvió a Jabarrillo, tras comprar 25 pesetas de jerez, anís y dulces. Al día siguiente, fue con Gregoria a Loarre. El 18 subió al castillo, al que denomina “montón de piedra labrada desmantelado”. Ese mismo día se *refugió* en Ayerbe y el 21, con Francisca, salió hacia Zaragoza, Pamplona, Elizondo, Irún, San Sebastián, donde estaba la familia de su hija Conchita, Zumaya y Tolosa. Hasta el 20 de septiembre no retornó a Madrid.

El 6 de noviembre, “a causa de un telefonema desdichado de Sebastián Moseñe, salgo con Francisca para Ayerbe, a donde llegamos a las 8 de la noche. A las 9 marchó Francisca para Jabarrillo con su padre y yo me quedé en Ayerbe. Pasado mediodía llegan a Ayerbe Sebastián, María Francisca y Pascual. Explicada la causa del maldito telefonema, regresé solo a Madrid el martes 8 y llegué con 2 horas de retraso, con el corazón partido de pena y el espíritu del todo abatido. Que días mas crueles!”. No se conoce la causa

de la urgencia. Hasta el 17 no regresó Francisca. El 19 salieron hacia Baños de Fortuna, en Murcia. El 4 de diciembre estaba en Alicante, el 13 en Valencia. El 26 llegó enfermo a Madrid.

En 1917 siguió viajando. En abril, volvió a Fortuna. En junio, pasa por San Sebastián. En julio regresó a esta ciudad para ver a su hija Pilar y su nieto. El 26 llegó desde Lecumberri a Pamplona. Dos días más tarde salió en auto hacia Jaca, donde se hospedó en el hotel Mur. El 5 de agosto, salió para Jabarrillo, adonde llevó anís, jerez, café, tabaco y chocolate por valor de 22 pesetas. El 22 le entregó 400 pesetas a Francisca, cincuenta salarios (semanales) para que adquiriera de 6 a 8 cahíces de trigo que necesitaba vender su padre. A los hermanos de aquella le entregó 15 pesetas. El 26 salió hacia Ayerbe, pero el tren no funcionó, quizás como consecuencia de la huelga de ferrocarriles de agosto de 1917. Parece que durmió en el castillo de Anzano (¿?). Al día siguiente, como reflejaba *El Diario de Huesca*, salió por Tardienta hacia Montserrat. Luego fue a Martorell, Barcelona y Reus. Volvió a Zaragoza el día 8 y el 10 fueron a Alhama. Quejándose del hotel, el 16 marchó a Madrid. Calculó que se había gastado 2365 pesetas en el veraneo.

El 8 de junio de 1918, salió hacia Ayerbe donde descansó un día y al día siguiente marchó a Jabarrillo. El 17 Francisca escribió un campo en Ayerbe para lo que Mallada le entregó 3000 pesetas. El ingeniero fue el 20 a Huesca a pagar los derechos reales y visitó a Simona Ortas a la que entregó 20 pesetas. Al día siguiente, entregó la escritura a Francisca y marchó a Zaragoza. El 25 partió a Tafalla, con un trancazo que le duró una semana. El 5 de julio, decidió ir a Jaca por Tiermas. El 27 se reunió con Francisca. Esta vez la fonda Mur no fue de su agrado. El 1 le compró un vestido a Francisca. Salió el 3 de agosto por carretera y se alojó en Anzánigo en la fonda de Canela, a cuya fondera calificó de “hostil, grosera y salvaje”. El 14 les dio 25 pesetas a los sobrinos Moseñe. El 19, “pasadas las insufribles y estúpidas fiestas”, partieron de Jabarrillo. Una vez más se dirigieron a Barcelona, Vich, Caldetas, San Juan de las Abadesas, donde enfermó Francisca, y Gerona. El 7 de septiembre estaba en la empolvada Zaragoza y al día siguiente en Madrid.

En agosto de 1919, estaba en Ávila. En septiembre, en Fortuna. El 26 de octubre, llegó a Huesca con bastante frío. “Vemos toda la parentela de Huesca incluso el marido de Susana”. Al día siguiente, recogió los valores que dejó en testamento a favor de Francisca y los depositó a su nombre en la

sucursal del Banco de España de Huesca con 15 000 pesetas nominales en cuatro títulos de Interior al 4%. Volvió a socorrer a Simona Ortas con 20 pesetas. El 28 escribió: “llegamos a Jabarrillo con fuerte viento excesivamente frío. En cuanto como, a las 2½ me meto en la cama de donde no me muevo hasta el día de regreso”, cosa que hizo el 9 de noviembre. En sus notas apuntó que el 30 de octubre le dio 240 pesetas a Francisca para seis ovejas.

El 19 de julio de 1920, llegó a Huesca desde Madrid “con grandes vómitos, fiebre muy alta que me duró hasta el día siguiente y gran cólico bilioso”. Después de hacer gestiones bancarias, el 21 marchó a Jabarrillo y volvió a caer enfermo hasta el 31. El 7 de agosto, “en presencia de sus padres y de su hermano Pascual entrego a Francisca el resguardo a su nombre de 20 mil pesetas de Interior, depositadas en la sucursal de Huesca del B^{co} de España. Equivalen a 14 800 pesetas, como herencia del legado que hice a su favor a mi fallecimiento. Ejemplo inaudito de generosidad extrema. No expresó ninguno de los cuatro, la menor palabra de agradecimiento. Sin duda no salían de su asombro!”. Al día siguiente partió. Se alojó en Ayerbe en Casa de Rufo, “cuya mujer es completa aldeana del más basto de los países de España”. El día 10 anotó: “Salgo disgustado de Ayerbe y llevo a Zaragoza con Francisca, que seguía mortificada y molesta por haber dejado a su pueblo en vísperas de su fiesta”. El 12 salió para Madrid, “aburrido de la sucia, ladrona e insufrible fonda de Elías de Zaragoza”. Al día siguiente, llegó a Madrid, “aburrido y derrotado del peor viaje de muchísimos que hice en mi vida”.

La última anotación es terrible: “¡Adiós, Huesca! ¡Adiós, Aragón!”.

Murió el 7 de febrero de 1921. Entre sus últimas voluntades, estaba el que no apareciesen esquelas. Y sus hijas le hicieron caso. Evidentemente, su desaparición no pasó desapercibida en el mundo científico, y su amigo Cortázar publicó su necrológica en el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico* (CORTÁZAR, 1921) y se le rindieron honores académicos y civiles varios (FERNÁNDEZ-NAVARRO, 1921).

LOS HONORES EN HUESCA

Ya antes del cambio de siglo, *El Diario de Huesca* sugirió la celebración de un homenaje a Lucas Mallada con motivo de su ingreso en la Academia

de Ciencias. Es evidente que, acabados los trabajos del mapa, mantenía su relación con Huesca, pero todo hace pensar que esta se centraba en su familia y círculos cercanos.

Por otro lado, con el nuevo siglo aparecieron otras figuras en el ámbito del conocimiento del Alto Aragón. De hecho, el 15 de agosto de 1922, el pirineísta y fotógrafo Lucien Briet recibió un homenaje en el valle de Ordesa, monumento incluido, cuyos gastos ascendieron a 3443,20 pesetas (*El Diario de Huesca*, del 21 de noviembre). Lamentablemente, la suscripción popular fue deficitaria.

El caso es que en 1917 se reestructura la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza, en torno a su Universidad (AUSEJO y cols., 2016: 29). En ella figuraban Longino Navás, a quien Mallada introdujo en la Real Academia de Ciencias de Madrid, y Florentino Azpeitia, sucesor de Mallada en la misma. En 1925, la Academia de Zaragoza organizó un curso sobre el subsuelo de Aragón y sus riquezas, dedicado al “insigne geólogo oscense” Lucas Mallada. Se desarrolló en Cariñena, Caspe, Alcañiz, Borja, Calatayud, Belchite, Sariñena, Quinto y Teruel, culminando en Huesca con la sesión de clausura, con conferencias de Pablo Fábrega y Ricardo del Arco.

El día 2 de mayo, en el Círculo Mercantil de Zaragoza, hubo un almuerzo donde los ingenieros locales Pérez Cossío, Jimeno Conchillos, Romero Ortiz, Bordiú y Torres Solanot obsequiaron a los ingenieros de fuera, así como a Gregorio Rocasolano, presidente de la Academia de Zaragoza, Calamita, decano de Ciencias, Lorenzo Pardo y otros. Por la noche fue el turno de la Academia de Ciencias en el Casino de Zaragoza, con una cena a la que asistieron Puig de la Bellacasa, Rocasolano, Calamita, Bastero, Ferrando, Jiménez Soler, Ruiz Tapiador, Mantecón, Lorenzo Pardo y César Rubio.

Los actos en Huesca del 3 de mayo de 1925

En 1925, había convocada una comisión organizadora oscense, para los actos de homenaje a Mallada. Estaba formada por el alcalde, Manuel Ángel Ferrer, Marzo, Mingarro, Acín, Artero, Giménez del Yerro, Lacasa, Galdeano, Sender, Navarro, Labastida, Banzo y Vilas. El Ayuntamiento acordó invitar a la familia directa del ingeniero, así como el cambio del

nombre del paseo de la Alameda al de Lucas Mallada. Se acordó también la edición de un folleto con una síntesis de trabajos de Mallada a cargo de Ricardo del Arco.

Las hijas aceptaron la invitación y, en correspondencia, hicieron donación de unos libros de la biblioteca de Mallada y algunos fósiles. A iniciativa del alcalde Ferrer, profesor de la Escuela Normal de Magisterio, se decidió cederlos a esta para fundar con tan valiosos elementos un museo en dicho centro.

Los actos en Huesca comenzaron en la tarde del día 2 de mayo de 1925. En el Teatro Principal el canónigo José Artero y el ingeniero de Caminos Santos Coarasa Nogués hablaron de Mallada. En la mañana del día 3, tras una recepción de autoridades en la estación del ferrocarril, se realizó otra sesión en el Teatro Principal donde hubo varios parlamentos. El entomólogo y jesuita Longino Navás, de la Academia de Ciencias de Zaragoza, prometió dar el nombre de Mallada a la primera especie que encontrara. Cumplió con creces definiendo el género *Mallada* (ADAMS, 1975). A continuación habló Ricardo del Arco, erudito oscense, en nombre de la Real Sociedad Geográfica. Luego lo hicieron Pablo Fábregas y Eduardo Gullón, ingenieros de Minas y alumnos de Mallada. El primero era el sucesor de Mallada en la Escuela Técnica de Minas. El segundo, a la sazón, director general de Minas. Cerró César Rubio Muñoz, director del IGME y del Consejo Minero, en representación de Alfonso XIII.

Desplazados oportunamente, César Rubio, como representante del Rey, descubrió la lápida, que aún se conserva, en su casa natal, entonces 4-6-8 de la calle San Orencio, tras un discurso del gobernador civil, Sr. Amor.

Tras el oportuno banquete, a las 15:30 horas, familia, autoridades, Ayuntamiento con maceros, banda de música militar y público en general se congregaron en la glorieta de San Miguel. Habló el alcalde Ferrer. A continuación intervinieron Benigno Baratech, en representación de la Diputación Provincial de Huesca; Alfredo Santos, en nombre del Instituto de Ingenieros, y Ramón Acín, autor del monumento que se iba a inaugurar, y que lo terminó en quince días, en arenisca roja del molino de Arguis. Esta piedra estaba muy demandada en aquel momento tanto para el puente nuevo de la carretera del escalar de Arguis como para el recrecimiento de la presa del

mismo nombre. En su discurso, Acín solicitó a los geólogos un fósil como digno remate del monumento. Luego se descubrió el monumento que, esta vez sí, fue costeado por suscripción popular habiéndose recaudado 3365 pesetas para el 7 de mayo del mencionado año. Incluso el Huesca FC acordó destinar al homenaje los beneficios de un partido de fútbol contra el FC Bellpuig.

Entre los asistentes estaban José Ruiz Valiente, director general de Minas; Santos Arana, presidente de la Asociación de Ingenieros de Minas; Adrián Contreras, director de la *Revista de Minas*; Eduardo Gullón y los ingenieros Domingo Orueta, Coasto, Gimeno, Lasierra Purroy, Mantecón, Montaner, Pardo, Lorenzo Pardo y Puig. De la Academia de Ciencias de Zaragoza acudieron Antonio de Gregorio Rocasolano, Ángel Gimeno Conchillos, Pedro Ayerbe Allué, Pedro Ferrando Mas, Andrés Giménez Soler, Nicolás García Cañada y Juan Bastero Llerga. La Cámara Minera de Huesca estuvo también presente, presidida por José María Soler, los vocales Mariano Mur y Eusebio Palacín, con Luciano Labastida como secretario.



Fig. 5. Discurso de Ramón Acín, autor del monumento a Lucas Mallada, en la inauguración.

Estaba previsto que, a continuación, el Ayuntamiento obsequiara a las personalidades con una “jira al pantano de Arguis y un champán, en aquel delicioso paraje”.

Además, *El Diario de Huesca* del 16 de julio de 1925 publica la concesión de becas del Ayuntamiento para el Instituto. La número 1, denominada *beca Mallada*, es adjudicada a María Teresa Martínez.

Otros homenajes

En 1925, en el homenaje en Huesca, el director general de Minas, Sr. Ruiz Valiente, manifestó que el Gobierno había acordado un crédito extraordinario para hacer una nueva edición de las obras de Mallada.

El CSIC creó en 1943 el Instituto de Investigaciones Geológicas Lucas Mallada. Desapareció en 1979.

En 1957, los autores del *Mapa geológico de Huesca*, Eduardo Alastrué, Antonio Almela y José María Ríos (1957) dedican su “Explicación” a Mallada.

En 1969, se hace una reedición de *Los males de la patria* por Alianza Editorial. Su reedición, como las hechas en vida del autor, no dejó indiferentes a los medios de comunicación que reseñaron su publicación.

El Instituto Mixto n.º 2 de Huesca pasó a denominarse *Lucas Mallada* por votación de los profesores en 1981. Se le dedicó una placa en la puerta del edificio. En 1983, la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas colocó otra placa en la entrada.

En 1984, el Instituto de Estudios Altoaragoneses reeditó en facsímil *La descripción física y geológica de la provincia de Huesca*.

En 1994, por iniciativa de las Cortes y el Gobierno aragoneses, se creó la Fundación de Estudios Políticos y Constitucionales Lucas Mallada. Dirigida por el profesor Manuel Ramírez Jiménez, de la Facultad de Derecho de la Universidad de Zaragoza, y concedió los Premios Lucas Mallada para tesis doctorales en Derecho Constitucional y Ciencias Políticas.

El Premio Nacional Lucas Mallada de Economía y Medio Ambiente se crea en el año 2000 por el Ministerio de Medio Ambiente.



Fig. 6. Diversos monumentos y placas dedicados a Lucas Mallada en su ciudad natal.

El 30 de octubre de 2006, se inauguró un nuevo monumento a Lucas Mallada en Huesca, en la glorieta del mismo nombre, desplazada de donde estuvo el monumento original. Es un grupo escultórico, en piedra y hierro, con una figura sedente del científico y diversas representaciones paleontológicas, obra de Alberto Gómez Ascaso.

En 1985 y hasta 2015, se abrió la Sala Lucas Mallada en el edificio de Ciencias Geológicas de la Universidad de Zaragoza. Se reabrió en 2015, en el Paraninfo de la Universidad de Zaragoza. La Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de Zaragoza concede desde 2007 el Premio Lucas Mallada.

LA IMAGEN DE MALLADA

A la vista de sus obras y de las opiniones de algunos de sus contemporáneos, es indudable que Lucas Mallada era sabio, trabajador incansable, meticulado, serio y ordenado hasta el extremo. Un anónimo liberal en *La Voz* del 16 de julio de 1925 le califica de “progresista y liberal... europeísta... ya muy viejo quiso reaccionar contra lo que llamaba el *pesimismo excesivo*. Gozaba de una ancianidad lozana”.

Era hombre de orden y le enfadaba que le timasen en hoteles y restaurantes. Las anécdotas sobre su humor, como las que menciona Pío Baroja, quizás sorprendan fuera de su tierra natal. En el Alto Aragón se le calificaría como *somarda*, término desconocido a cierta distancia y que se puede traducir como ‘socarrón’. Es evidente su tozudez y mal genio, quizás acrecentado con la edad. No quiso presentarse ante Alfonso XIII, a la propia solicitud real, a pesar de que sus hijas le habían preparado un traje nuevo. También era proverbial su modestia. Se entiende que no quisiera que se publicara su esquila, aunque sorprende un poco que sus hijas le hicieran caso. Económicamente, gozaba de una buena posición, como se ve en su testamento presentado en CALVO (2005: 181), sus continuos viajes tras su jubilación y sus variados gastos.

Su generosidad con Francisca Moseñe y el resto de esta familia y allegados es impresionante. Su afición viajera contrasta con las anotaciones sobre su salud. En su postrero cuaderno, salvo el último año ya rozando los ochenta años, destaca su movilidad.

Al margen de su imagen científica, que nadie discute, es compleja la imagen pública que se ha forjado de Lucas Mallada después de su muerte, básicamente a partir de lecturas de reediciones de *Los males de la patria* y la futura revolución española. Se ha dicho de él casi de todo: que junto con Floridablanca, Campomanes, el conde de Aranda y Costa era peligroso para el sistema (*Solidaridad Obrera*, 5 de junio de 1938); promotor de trasvases (*ABC*, 8 de marzo de 2015); no creyente (*ABC*, 21 de septiembre de 1986); enfermo del mal de papanatismo y su libro, *Los males de la patria*, “pesimista y sombrío a ultranza” (*ABC*, 19 de noviembre de 1969). Por el contrario, ante la misma reedición, *La Vanguardia* (3 de diciembre de 1969) afirma: “No, no es pesimista, ni sombrío, ni demagógica —ahora lo vemos con claridad— la visión de Mallada”. Se califica su obra de “documentada y seria” (*Blanco y Negro*, 1 de noviembre de 1969). Se habla del “lúcido entendimiento de Lucas Mallada” (*ABC*, 22 de febrero de 1981); “adorable personaje” (*La Vanguardia*, 23 de marzo de 1983) e incluso se le llama “precursor del ecologismo” (*ABC*, 15 de noviembre de 2007). Desde luego, haría falta un estudio en profundidad del personaje.

Se le ha calificado de pesimista y es verdad que él mismo se define así en varios escritos. Se puede pensar, sin embargo, que era un pesimismo razonado y constructivo. Pudo haberse encerrado en su trabajo y en su casa, pero no lo hizo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las memorias de Asunción y Carmen Moseñe Nueno y la ayuda de Roberto Lienas Moseñe, de Jabarrillo; a la biblioteca del IGME, por haber digitalizado el cuaderno, hoy en sus fondos, y haberlo puesto electrónicamente a disposición pública. Una vez más, reconocemos la paciencia y la ayuda de Ana Oliva, Ester Puyol y Susana Navarro, de la biblioteca del IEA.

La fototeca de la Diputación Provincial de Huesca facilitó la copia de la inauguración del monumento. El Archivo Histórico Provincial de Huesca custodia el expediente académico de Valero Giménez. Don Luis García, del Archivo Diocesano de Huesca, fue clave en la búsqueda de actas de matrimonio y partidas de bautismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, P. A. (1975). Status of the genera Ungla and Mallada Navás (Neuroptera: Chrysopidae). *Psyche*, 82 (2): 167-173.
- ALASTRUÉ, E. (1983). *La vida fecunda de don Lucas Mallada*. Asociación Nacional de Ingenieros de Minas. San Fernando de Henares. 111 pp.
- ALDAMA, J. (1846). Apuntes geognóstico-mineros de la provincia de Huesca y parte de la de Zaragoza o el territorio designado con el título de Alto Aragón. *Anales de Minas*, tomo IV: 191-233.
- AUSEJO, E., M. GASCA, R. NAVARRO y J. S. URIETA (2016). 100 años de historia de la Real Academia de Ciencias de Zaragoza (1916-2015). En *Academia de Ciencias de Zaragoza: un siglo al servicio de la sociedad*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza. Zaragoza. 307 pp.
- AYALA-CARCEDO, F. J. (1991). La aportación científica y tecnológica de Lucas Mallada (1841-1921). En *150 Aniversario. Lucas Mallada, 1841-1991*: 3-12. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- AYALA-CARCEDO, F. J. (1998). Mallada, un clásico de la geología y minería españolas. En S. L. Driever y F. J. Ayala-Carcedo (coords.), *La futura revolución española y otros escritos regeneracionistas*: 63-76. Biblioteca Nueva. Madrid.
- BANDRÉS, M. (2000). Ramón Acín en las páginas de *El Diario de Huesca*. En F. Alvira, *El Diario de Huesca, 125 años después*: 29-38. IEA. Huesca. 216 pp.
- BATALLER, J. R. (1952). Lucas Mallada en el xxx aniversario de su muerte. *Revista de Estudios Geológicos*, 15: 87-108.
- CABEZAS, E. (1999). La obra científica de D. Lucas Mallada y Pueyo en su contexto histórico-social. *Temas Geológico-Mineros*, 26: 381-387.
- CALVO, A. (2005). *Lucas Mallada (1841-1921): un geólogo preocupado por España*. Gobierno de Aragón (Biografías Aragoneses Ilustres). Huesca. 223 pp.
- CALVO SALILLAS, M.^a J. (2004). El Círculo Oscense y el modernismo. La historia de un siglo. *Argensola*, 114: 131-180.
- CANTERO, N. O., y J. G. ÁLVAREZ (2006). La visión de España en la obra de Élisée Reclus: imagen geográfica y proyección política y cultural. *Ería*, 69: 35-56.
- CASADO DE OTAOLA, S. (2011). Nacionalizar la naturaleza. Ciencias naturales y discursos nacionalistas en la España del regeneracionismo. *Ecozon*, 2 (1): 9-18.
- CORTÁZAR, D. (1874). Medida de la altitud de la Peña Collarada en los Pirineos de Huesca, por los Sres. Donayre, Mallada y Pato. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1: 181-184.
- CORTÁZAR, D. (1921). Necrología de Mallada. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 42: xv-xxvii.
- COSTA, J. (2011). *Memorias*, ed. de J. C. Ara Torralba. PUZ / IEA / IET / Gobierno de Aragón. Zaragoza.

- DELOGU, I. (2000). Lucas Mallada. *Los males de la patria* e la crisi dell'identità spagnola del 1898. En F. Mulas, *Itinera Studi in memoria di Enzo Cadoni*: 31-39. Editrice Democrática Sarda. Sácer. <http://eprints.uniss.it/6507/>
- DOMPER, C. (2007). Reconstrucción de un olvido. Memoria y recuerdo de Lucas Mallada en la actualidad. En P. Rújula e I. Peiró (coords.), *La historia en el presente. Actas V Congreso de Historia Local de Aragón (Molinos)*: 137-154. IET. Teruel.
- DRIEVER, S. L. (1998a). Mallada y el regeneracionismo español. En S. L. Driever y F. J. Ayala-Carcedo (coords.), *La futura revolución española y otros escritos regeneracionistas*: 17-61. Biblioteca Nueva. Madrid.
- DRIEVER, S. L. (1998b). And since heaven has filled Spain with goods and gifts: Lucas Mallada, the Regenerationist movement, and the Spanish environment, 1881-1890. *Journal of Historical Geography*, 24 (1): 36-52.
- DRIEVER, S. L. (1998c). Lucas Mallada and the modern view of Spain's environment. En 1989: *Entre la crisi d'identitat i la modernització. Actes del Congrés Internacional*: 109-126. Publicaciones de l'Abadía de Montserrat. Barcelona.
- FERNÁNDEZ CLEMENTE, E. (1999). *Lucas Mallada y Joaquín Costa*. CAI (Cai 100, 44). Zaragoza. 94 pp.
- FERNÁNDEZ-NAVARRO, L. (1921). Excmo. Sr. D. Lucas Mallada. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXI: 161-164.
- GALTIER-MARTÍ, R. (2007). Don Lucas Mallada Pueyo, altoaragonés universal, padre de la Geología española. *Raíces del Alto Aragón*, 5: 237-246.
- GARCÉS, C. (2006). Personajes en el camino. Lucas Mallada (1841-1921). En A. Castán, *Comarca de la Hoya de Huesca*: 153-154. DGA (Territorio, 22). Zaragoza. 395 pp.
- GÓMEZ, J. J., e I. ALONSO (2010). Lucas Mallada, un geólogo que intentó reformar España. *De re metallica*, 14: 91-98.
- HERNANDO, R., y J. L. HERNANDO (1998). Un precursor de la generación del 98: Lucas Mallada y Pueyo. Ingeniería minera, paleontología y humanismo. *Boletín de la Real Academia de Córdoba de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes*, 134: 113-162.
- LLORENTE GÓMEZ, E., E. GARCÍA ALVÁREZ, F. J. AYALA-CARCEDO y J. TUSELL (1991). 150 aniversario de Lucas Mallada (1841-1991). *Boletín Geológico y Minero*, 102 (5): 748-778.
- MAESTRE, A. (1845). Descripción geognóstica y minera del distrito de Cataluña y Aragón. *Anales de Minas*, 3: 193-278.
- MALLADA, L. (1875). Breve reseña geológica de la provincia de Huesca. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, IV: 169-232.
- MALLADA, L. (1878). *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca. Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*. Imprenta y Fundación de Manuel Tello. Madrid. 439 pp., 1 mapa. (Ed. facsímil, 1990: IEA. Huesca).
- MALLADA, L. (1914-1920). Cuaderno inédito. Depositado en la biblioteca del IGME. <http://i10331uk.eos-intl.eu/I10331UK/OPAC/Details/Record.aspx?BibCode=42672761> [consulta: octubre/2017].

- MALLADA, L. (1925). *Páginas selectas, con una noticia preliminar por D. Ricardo del Arco*. Editorial V. Campo. Huesca. 98 pp.
- MARTÍNEZ EMBID, A. (2003). ¿Lucas Mallada en el Aneto? Una posible ascensión al techo del Pirineo en 1877. *Guayente*, 63: 10-11.
- MERINO, M. (2002). Hizo historia: Lucas Mallada (1841-1921). *Ambienta*, 15: 71-72.
- PUEYO BELLOSTAS, P. (1989). Lucas Mallada. *Lucas Mallada*, 1: 10-11.
- RÁBANO, I., y J. C. GUTIÉRREZ-MARCO (1999). La “sinopsis” paleontológica de Lucas Mallada: fechas de publicación y otros aspectos. *Temas Geológico-Mineros*, 26: 103-110.
- SEQUEIROS, L. (1992). El catálogo general (1892) de Lucas Mallada, un siglo después de su publicación. *Llull*, 15: 157-169.
- USECHE, O. I. (2014). *Beyond the material: Energy, work and movement in the cultural imagination of restoration Spain*. Memoria de grado en la Ph. D. Columbia University. 357 pp.

Biblioteca Nacional de España. Hemeroteca digital. <http://hemerotecadigital.bne.es/index.vm>

Biblioteca Virtual de Prensa Histórica. <http://prensahistorica.mcu.es/es/consulta/busqueda.cmd>

Hemeroteca de *La Vanguardia*. www.lavanguardia.com/hemeroteca

Hemeroteca del *ABC*. www.hemeroteca.abc.es

Hemeroteca del *Diario del Alto Aragón*. <http://hemeroteca.diariodelaltoaragon.es>

Sistema de Información del Patrimonio Cultural Aragonés (SIPCA). <http://www.sipca.es/censo/1-INM-HUE-006-149-002/Iglesia/de/San/Roque.html#.Wf2XZlvWzRY>

Lucas Mallada, **19**: 165 a 184
ISSN: 0214-8315, e-ISSN: 2445-060X
<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>
Huesca, 2017

LA MADRE DE CASTEJÓN DE MONEGROS

Mario GISBERT¹
Marcos PASTOR¹
José Luis VILLARROEL²
José Antonio RAUSA²
José Antonio CUCHÍ²

RESUMEN.— Este artículo se centra en la descripción del sistema de La Madre de Castejón de Monegros, formado por una fuente artificial que capta el agua subterránea de una amplia val y la conduce a la localidad a través de un acueducto subterráneo de 1700 metros.

ABSTRACT.— The present work focuses on the description of La Madre de Castejón de Monegros system, formed by an artificial spring that captures the groundwater of a wide flat top valley and leads it to the town by means of a 1700 meters underground aqueduct.

KEY WORDS.— La Madre spring, underground aqueduct, Castejón de Monegros, Huesca (Spain).

Recepción del original: 26-12-2017

¹ Centro de Espeleología de Aragón (CEA). asismario@hotmail.com, mcos2012@yahoo.es

² Grupo de Tecnologías en Entornos Hostiles (GTE). Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Edificio I+D+i. Universidad de Zaragoza. C/ Mariano Esquillor, s/n. E-50018 ZARAGOZA. jlvilla@unizar.es, jarausa@ono.com, cuchi@unizar.es

INTRODUCCIÓN

El estudio de los sistemas tradicionales de captación de agua en zonas semiáridas monegrinas tiene un claro interés dado que, en general, están abandonados y en una rápida fase de desaparición. Por ello, en los últimos tiempos se ha dedicado algún trabajo a estas tecnologías de gestión de agua. Tras un primer trabajo de la fuente del Milagro de la cartuja de Monegros (RAUSA y cols., 2016), y un segundo estudio del sistema de aguas superficiales de Valdezaragoza-partidor de las Bastaresas en Lanaja (CUCHÍ y cols., 2018), parecía lógico estudiar la captación de La Madre de Castejón de Monegros y su conducción subterránea.

MARCO GEOGRÁFICO

Castejón de Monegros es una interesante villa monegrina que domina una gran vaguada, val de Zapata, entre las estribaciones centromonegrinas de las sierras de Pallaruelo, al norte, y la alineación de Santa Quiteria, al sur. Su término municipal se divide entre una zona occidental de relieve accidentado y surcada por vales; el noreste, en el entorno de Jubierre, es también agreste con un paisaje erosivo espectacular; y por el sureste, por el contrario, el término se abre a la llanura meridional monegrina.

La vegetación es de tipo semiárido. Las vales soportan una agricultura de cereal de invierno. Romero, tomillo, ontina, albardín y otras matas colonizan las planas de calizas y las laderas de yeso. Las rodantes capitanas son parte del paisaje otoñal. También se encuentran plantas halofíticas en lugares deprimidos. En altura aparecen algunos pies de pino carrasco, sabina albar, sabinas y coscojas. En el pasado se explotó madera y carbón vegetal pero en la actualidad, desde hace unos cincuenta años, hay cierta recuperación forestal. Históricamente, el territorio ha sido zona de pastoreo del ovino trashumante durante el invierno, en la actualidad prácticamente desaparecido y sustituido por granjas de porcino intensivo.

La temperatura media anual es de unos 13 °C. La precipitación es reducida, con valores medios ligeramente superiores a los 400 milímetros con fuertes oscilaciones interanuales y sequías duras y largas. Primavera y otoño son las estaciones más lluviosas. Además, alguna intensa precipitación convectiva veraniega puede originar en las vales avenidas de corta duración. No hay corrientes permanentes de agua, salvo el Alcanadre, alejado de la villa y su entorno.

Geológicamente, el término está dominado por materiales del Mioceno continental del valle del Ebro, formado por materiales lacustres muy erosionables: calizas blancas, yesos y limos (IGME, 1998; SANCHO, 2005). Están surcados por las vales, barrancos en uve hoy parcialmente rellenos por sedimentos locales, con una superficie plana que ha sido abancalada por la acción humana para controlar las escorrentías. En la base del relleno de las vales más importantes fluyen modestos acuíferos, especialmente hacia la Valcuerna. Se recargan por la lluvia directa sobre las vales más las escorrentías de las laderas que las enmarcan. Los balances de agua ofrecen valores de unas pocas decenas de milímetros de relleno al año. Los espesores saturados son modestos y pueden oscilar fuertemente en función de las variaciones interanuales de recarga. CUCHÍ (1989: 81-85) muestra que una disminución de 300 milímetros en la precipitación anual, entre 1977 y 1979, supuso un descenso medio de unos 50 centímetros en la zona saturada de los acuíferos superficiales de la vecina zona de Bujaraloz.

El flujo de agua subterránea sigue lógicamente el curso del barranco original. Variaciones en la pendiente longitudinal o en el espesor del relleno modifican la profundidad del freático que incluso puede llegar a aflorar puntualmente si la val se estrecha. En muchos casos, la disminución en la profundidad del agua con respecto a la superficie se refleja en la presencia de algunas freatofitas (tamarices, cañas o carrizos). Estos criterios han sido utilizados históricamente para la excavación empírica de pozos en la zona monegrina. En Castejón de Monegros destacan la captación y el acueducto conocidos como *La Madre* para el abastecimiento de la población, así como el pozo de Ganaderos para los rebaños trashumantes. La calidad del agua subterránea refleja la naturaleza calcárea de la zona y la presencia de yeso y otras evaporitas. Así es dura y ligeramente salada.

En La Madre, el 10 de noviembre de 2017, la temperatura del agua era de 15,6 °C y la conductividad eléctrica de 1742 microSiemens/cm a 25°.

LA MADRE DE CASTEJÓN: DESCRIPCIÓN

El abastecimiento de agua de boca para la villa, desde tiempo inmemorial y hasta la llegada de agua desde el canal de Monegros, ha sido el manantial de La Madre de Castejón, asociada al caño subterráneo que transportaba el

agua hasta las fuentes públicas de la villa. La Madre, situada en Valdelafuente, ha atraído la atención de numerosos estudiosos. MADDOZ (1845-1850: 141) la cita como “fuente bastante abundante y única, puede decirse... en los nueve pueblos de los Monegros, a media legua de la villa, y se conducen sus aguas que son un tanto purgantes hasta que te acostumbras a ellas, por un caño de regular construcción”; EREZA y cols. (1998: 226) la incluyen entre las obras hidráulicas de interés de Aragón; BENITO (2004a y b) presenta interesantes detalles sobre su construcción y gestión, y reclama su puesta en valor. Fue declarada Bien de Interés Cultural (BIC), en categoría de monumento, por Decreto 72/2006, de 7 de marzo, del Gobierno de Aragón. La obra es tema obligado en las páginas web sobre Castejón de Monegros.

Este sistema hidráulico se divide en fuente – zona de captación y caño – conducción, que fueron cartografiados con detalle en 2004 por los dos primeros autores de este artículo, miembros del CEA, para la Federación Aragonesa de Espeleología (figs. 1a y b y 2).

Un detalle de la zona de captación se muestra en la figura 3. La fuente puede considerarse como un conjunto de edificaciones. Por un lado, está el edificio exterior (H30. X: 728350; Y: 4611920. ETRS 89), que ha sido remodelado en diversas ocasiones. Su función es proteger al manantial subyacente tanto de las avenidas de agua por la val como de la entrada de animales y personas no autorizadas, mediante una berma de casi medio metro sobre la superficie exterior.

El alzado y la planta de la zona de captación se muestran en las figuras 4 y 5, croquis de ALEGRE (2001). Una imagen de la caseta protectora en 2004 se puede ver en la figura 6. Desde la puerta comienzan las escaleras en obra hacia el nivel freático, descendiendo hasta conectar con una poza de decantación y el comienzo del caño hacia Castejón (figs. 7, 8 y 9). El nivel más bajo, la base de la balsa de decantación en el croquis está a –6,79 metros. Por el fondo de esta se accede a una bifurcación. A la izquierda comienza una galería de captación de techo plano con más de 60 metros, en la que se observan dos fases de construcción (fig. 10). Por la derecha, hacia el norte, se llega a una canalización lateral (fig. 11), adosada a un edificio en bóveda que destaca por la tosquedad de sus sillares y pobre cantidad de mortero (fig. 12), aspecto ya observado por LABARA (2003), y que contrasta con la mejor calidad del resto de la obra.

En el edificio y en las galerías, la entrada de agua se realiza a través de una serie de mechinales de drenaje, de dimensiones relativamente importantes situados discrecionalmente en la base (fig. 1*b*). Una imagen ejemplo se presenta en la figura 13. En general, parece un contacto directo con el relleno geológico exterior, sin ningún tipo de filtro tipo grava / arena, por lo que junto al agua también entra una importante cantidad de limo. Esto obligó a la construcción de decantadores y a un importante mantenimiento para eliminar los sedimentos en la captación y en el caño. El mantenimiento, trabajo incómodo, era costoso en tiempo y dinero. Así, la última limpieza, hacia el año 2000, empleó seis hombres durante tres meses.

La construcción del caño hasta las cercanías del pueblo exigió una nivelación muy cuidadosa. A partir de los datos de ALEGRE (2001) y la topografía de la Federación Aragonesa de Espeleología se obtiene una pendiente media del 0,257%, descendiendo 4,45 metros en 1730 metros. El caño presenta detalles interesantes. La galería es muy regular en dimensiones. En el inicio tiene 1,7 metros de altura por 0,8 metros de anchura. Paredes y techo están realizados en piedra labrada, salvo en las cercanías de la fuente del pueblo donde hay un lateral de hormigón. El techo está formado por losas planas que, en algunos tramos del inicio, reposan sobre ménsulas (figs. 14 y 15). La galería tiene una forma bastante constante en ambas dimensiones, pero puntualmente aparecen rebajes del techo. Podrían ser reparaciones poco cuidadosas pero también podrían ser pontarrones, puentes para el paso de caminos, que sugieren que el cubrimiento se realizó tras un tiempo de canalización a cielo abierto. Alguno asemeja un paso canalizado de agua (fig. 16).

A lo largo de la base del caño, por la zona central hay un canal rectangular de 0,3 metros de anchura. Es difícil medir su profundidad por la carga de sedimentos. Se estima en otros 0,3 metros. Localmente aparece parcialmente ensanchado de forma tosca (fig. 17). Además, hay dos tajaderas. Por ejemplo, en la sección K-K' de la figura 1*b*. Pueden servir para facilitar las labores de limpieza, pero también pudieron servir para riego. Además, existen algunas arquetas en la canaleta. Unas, en la vertical de pozos que probablemente actuaron como decantadores, facilitan las labores de limpieza. Otras, quizás correspondieran con pozos hoy desaparecidos o fueran anteriores al cubrimiento del caño.

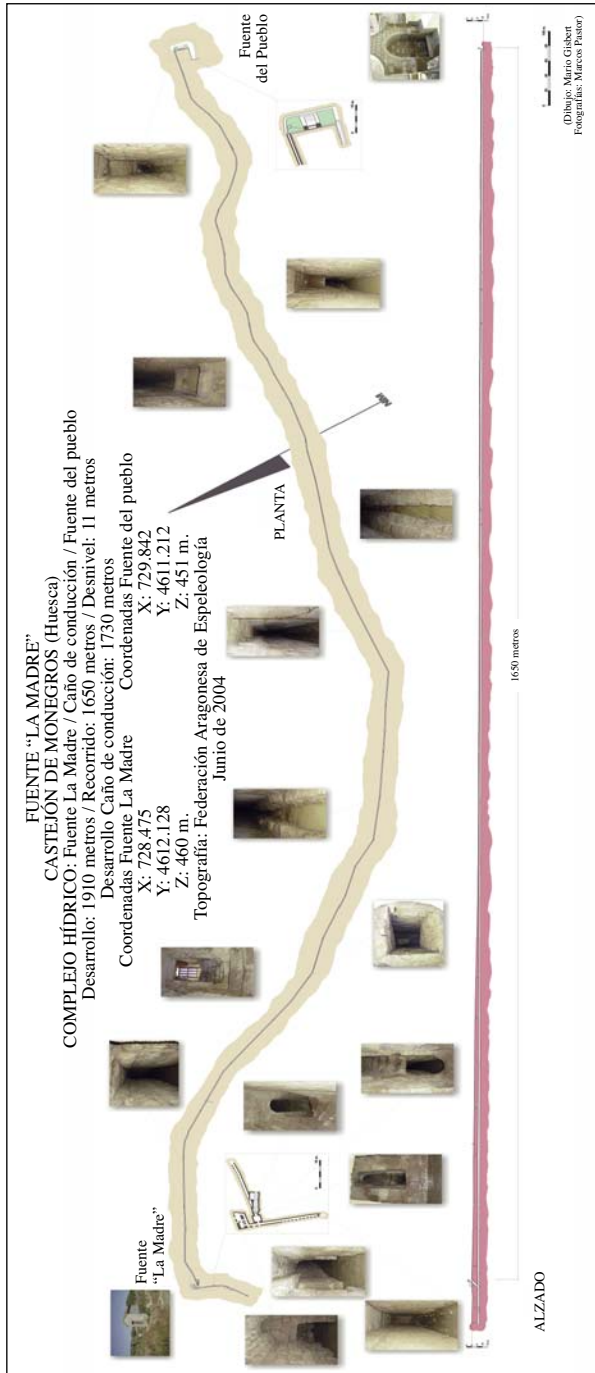


Fig. 1a. Planta de La Madre y caño de Castejón de Monegros.
 (Topografía: Federación Aragonesa de Espeleología. Dibujo: Mario Gisbert. Fotografías: Marcos Pastor)

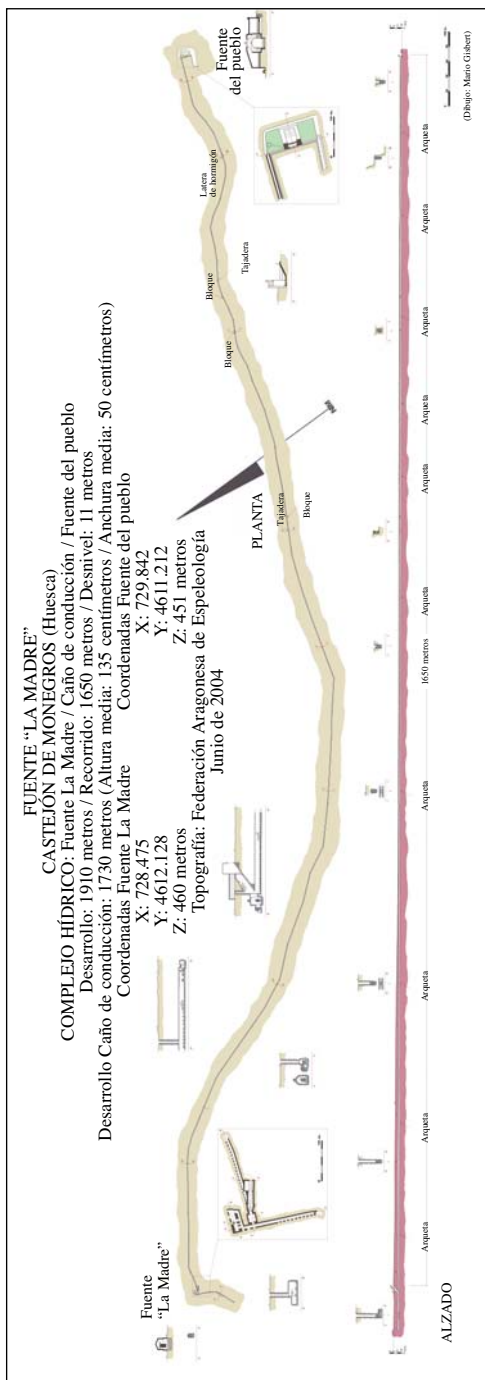


Fig. 1b. Planta de La Madre y caño de Castejón de Monegros con secciones.
 (Topografía: Federación Aragonesa de Espeleología. Dibujo: Mario Gisbert y Marcos Pastor)



Fig. 2. Vista aérea de la captación y la galería de La Madre de Castejón de Monegros.

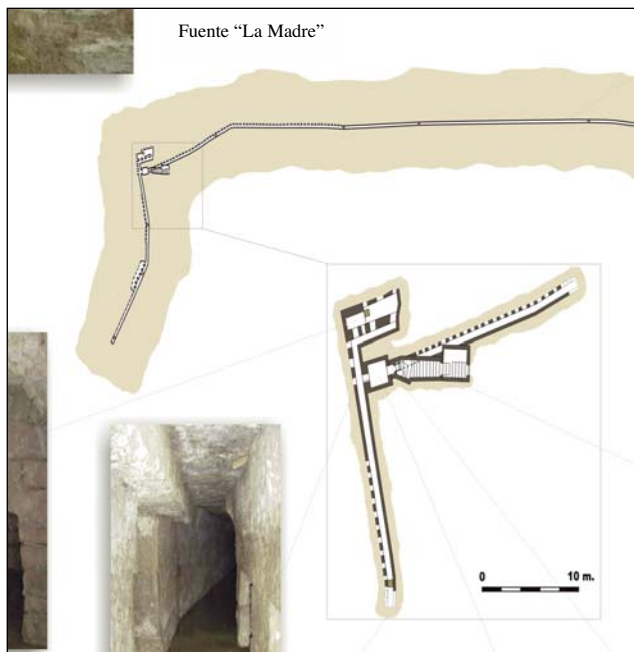


Fig. 3. Detalle de la cartografía en planta de La Madre. (Topografía: Federación Aragonesa de Espeleología. Dibujo: Mario Gisbert. Fotografía: Marcos Pastor)

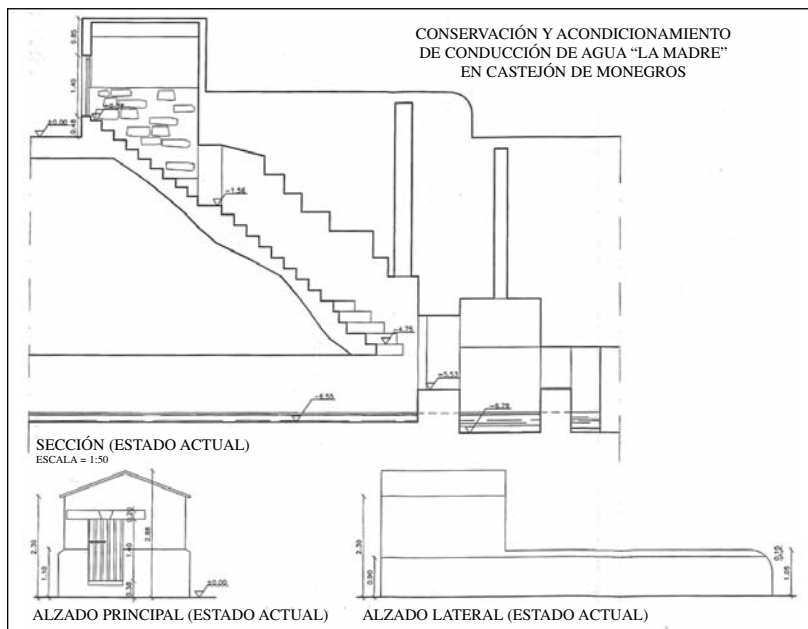


Fig. 4. Sección del edificio exterior de La Madre antes de la remodelación (ALEGRE, 2001).

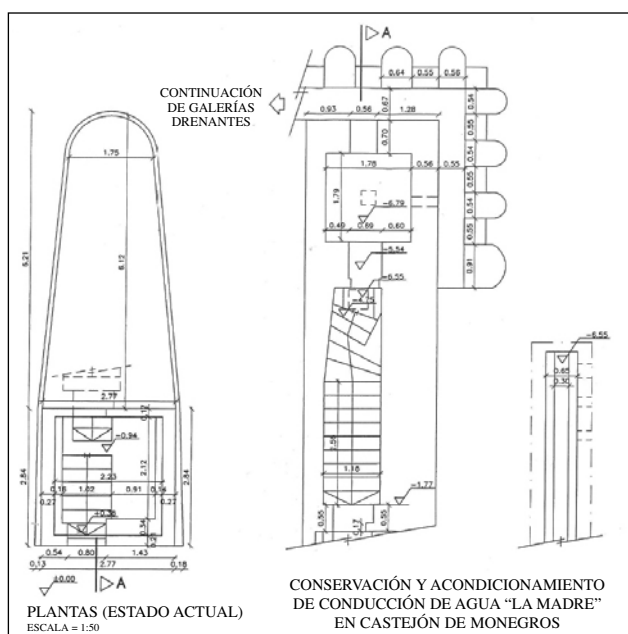


Fig. 5. Croquis parcial de la planta de La Madre de Castejón de Monegros (ALEGRE, 2001).



Fig. 6. Caseta exterior (2004).



Fig. 7. Inicio de la escalera (2004).



Fig. 8. Arranque del caño (2004).



Fig. 9. Escaleras y arranque del caño desde el decantador (2004).

Para servicio del conjunto, hay un conjunto de pozos de ventilación. En el dren lateral hay tres, uno en el mismo edificio y otros cuarenta y nueve en el caño (figs. 18 y 19). En general, son prismáticos y su calidad de obra no es homogénea. Aunque estrechos, permiten el paso de una persona y en

algunos se observan entalles para colocar trancas. También servían para elevar una caldereta manualmente en los procesos de limpieza. Sobresalían sobre el terreno y su conservación era una prioridad como refleja el texto del *Estatuto de La Madre* de 1556, transcrito por BUIL y cols. (2011: 118-120). Estas obras suponían una discontinuidad en el relleno, y por el exterior de



Fig. 10. Detalle del dren lateral (2004).



Fig. 11. Posible abrevadero o decantador (2004).



Fig. 12. Bóveda del edificio interior (2004).



Fig. 13. Detalle constructivo del edificio (2017).

los pozos podía entrar agua arrastrando tierra hacia el caño. Hoy la parte de los pozos que sobresalía del terreno está encerrada en cilindros de hormigón sellados con tapas del mismo material, lo que dificulta la ventilación y, por tanto, la visita de la galería. La figura 6 muestra dos ejemplos junto a la caseta.



Fig. 14. Detalle del techo del caño (2004).



Fig. 15. Detalle del techo del caño (2004).



Fig. 16. Estrangulamiento del caño (2004).



Fig. 17. Canaleta central en funcionamiento (2004).



Fig. 18. Pozo de ventilación desde el caño (2004).



Fig. 19. Pozo desde el exterior (2004).



Fig. 20. Fuente Alta. (Fotografía realizada en 2017)

La fuente Alta (fig. 20), además de permitir el llenado de cántaros y botijos, daba paso a una segunda conducción hacia la fuente baja y el lavadero, situados junto a las actuales escuelas. Hoy esta parte está muy modificado. Cerca estaban los huertos.

HISTORIA CONSTRUCTIVA

A la vista de los detalles constructivos, todo indica que edificio y caño se construyeron a cielo abierto y luego fueron cubiertos posiblemente en varias fases.

La primera fase de la captación fue la realización de una excavación en el relleno de la val hasta alcanzar el nivel freático; básicamente, un pozo, puesto que alumbrada el agua subterránea había que protegerla. Es posible que se construyera el primer edificio sencillo, en bóveda, que hiciera de depósito y evitara el acceso de animales salvajes o domésticos y la acumulación de capitanas rodantes. Este edificio tenía una serie de piletas en el exterior, quizás para tomar agua o servir para abrevar animales. Hay ejemplos similares en localidades del Somontano y de las sierras altoaragonesas.

Al ser la captación una excavación artificial en el terreno y, por tanto, carente de desagüe natural, esta sería muy sensible a inundaciones, tanto por ascenso del freático como por avenidas de val. Una solución elemental para evacuar estas aguas molestas sería excavar una zanja hasta un punto donde hubiera desagüe natural por gravedad. Planteada esa posibilidad, es mucho más práctico hacer una zanja acercando el agua al casco urbano para liberar a su población, especialmente mujeres y niños, del acarreo de agua mediante un largo desplazamiento. Hay que señalar que conducciones de longitud similar las hubo, por ejemplo, en Riglos desde la fuente de los Clérigos, en Bolea para alimentar la fuente Vieja o en Almudévar por Valdelasfuentes desde su fuente madre. De probable conducción inicial a cielo abierto, todas fueron transformadas en su momento a conducciones cerradas por razones evidentes de mantenimiento y salubridad. En Castejón de Monegros, a la longitud se unía la importante profundidad de la zanja, nada fácil de mantener. Esto obligó a una costosa obra, realizando el cubrimiento del caño en losa plana, asociado en cabecera a una galería auxiliar de drenaje para aumentar la eficacia de la captación. Y, si se entierra la captación, se evita el problema de avenidas que afecten a esta.

Hay diversidad de opiniones sobre la edad del sistema. LABARA (2003) afirma que es romano. EREZA y cols. (1998) lo catalogan como “*qanāt* de La Madre, de probable origen islámico y aún en perfecto estado de uso”. Aparece también como musulmán en ÁLVARO e IBÁÑEZ (2008). Señalemos

de paso que el debate sobre si la técnica de los *qanāts* se introdujo en España en época romana, o si es una aportación musulmana, ha sido un agudo debate académico que desborda este artículo. A BENITO (2004a) le parece realizada entre los siglos XVI y XVII. La declaración de BIC en 2006 habla de acueducto subterráneo de época de construcción desconocida. BUIL y cols. (2011: 90-91) tampoco se pronuncian sobre la época, aunque sugieren que puede ser medieval. Una observación de las imágenes del caño indica que una parte parece proceder del reciclado de una gran construcción anterior, posiblemente del castillo. En este caso habría que fechar la construcción del caño a partir de la desaparición de la funcionalidad del castillo, del que no se sabe demasiado sobre su autoría. GUITART (1979: 153) fecha esta edificación en la primera mitad del siglo XIII. CASTÁN (2004: 171-172) se inclina por fecharlo en el siglo XIV, descartando el aprovechamiento de materiales de obra más antigua. Hay suficientes evidencias de que sillares del castillo han sido reciclados en edificaciones más recientes de la localidad, como la base de la Cruz, etcétera. Pero tampoco es descartable que hubiera un recinto pétreo en la primitiva captación.

¿Se puede denominar *qanāt* al sistema fuente más acueducto? Un *qanāt* es una captación de agua subterránea, en zonas semiáridas, mediante una galería en descenso hacia la zona de uso del agua. Muchos de ellos se construyeron en abanicos aluviales en las cercanías de macizos montañosos, pero también los hay que captan en los freáticos de los *wadis* (canales aluviales efímeros) que tienen muchas similitudes con las vales monegrinas.

La literatura hidráulica abunda en descripciones sobre numerosos sistemas de *qanāts* antiguos, desde Irán hasta Marruecos, con posteriores expansiones por España y su imperio colonial americano. Un clásico ejemplo en España es el Viaje del Agua de Ocaña (LÓPEZ-CAMACHO y cols., 2005). Sistemas similares presentan BARCELÓ (1983) en Crevillente y Cañete la Real, así como GUERRA (2006) con los Viajes de Madrid. En Aragón se señala el *qanāt* de Albarquete en la cuenca del Huecha (GERRARD, 2011; BAILIFF y cols., 2015). En el Alto Aragón, la base de datos del Sistema de Información del Patrimonio Cultural Aragonés (SIPCA) señala dos *qanāts* en Tamarite de Litera, uno de ellos conocido como *mina de la Torre de Lasierra*, excavada

por Javier Rey. También se ha denominado así a la fuente de Laluenga, aunque carece de pozos de ventilación. ANTEQUERA y cols. (2015), en una reciente clasificación tipológica de galerías drenantes en España, califica como cimbra-zanja a La Madre de Castejón.

En principio, lo más característico de un *qanāt* es el modo constructivo. En general, se señala que se construyeron en galería ligeramente ascendente desde la zona de llegada, abriendo pozos verticales, para ventilación y extracción del material, hasta llegar al nivel freático. Alcanzado el freático, se finaliza la excavación y el agua desciende hacia la salida. Si el material geológico tiene consistencia no se realizan obras de consolidación, que pueden ser necesarias para los pozos y algunos tramos de galería como, por ejemplo, en los Viajes de Madrid (GUERRA, 2006) que cortan arenas. Subyace la pregunta sobre cuáles pueden ser los criterios para emprender una obra que podía ser de muchos kilómetros hasta alcanzar una incierta pero muy deseada agua. STIROS (2006), desde el punto de vista de un ingeniero, señala que el primer paso era “identify a *mother* or *master* or *head* well”. En resumen, que sin un pozo madre cabecero, la excavación de un túnel se transformaba en una arriesgada aventura a ciegas. Con una cabecera y decidido el punto teórico de uso, evidentemente a menor cota que el primero, el siguiente paso era calcular la pendiente de la galería necesaria mediante diversas técnicas de nivelación que se presentan en GUERRA (2006) y STIROS (2006). Ante la imposibilidad de empezar pendiente abajo desde el pozo madre por el riesgo seguro de ahogamiento, se arrancaba desde el final.

Es posible que inicialmente algún tramo del caño de Castejón de Monegros se realizara en túnel. La estabilidad del terreno, un relleno limoso, es baja, especialmente en condiciones de elevada humedad edafológica. Además, los pozos de ventilación constituían una zona singular de debilidad de la bóveda y entrada de agua y limo por sofusión (*piping*). Todo hace suponer que en cuanto se pudiera, se consolidara dren y zona de captación más caño a cielo abierto mediante obras de fábrica y luego todo se enterrara. En este sentido, La Madre capta solo aguas subterráneas en el relleno de un valle fósil sin alveo. Evidentemente, no es un *qanāt* convencional, pero el sistema retiene muchos de sus elementos. Y desde luego, no es una cimbra-zanja.

RECURSOS HÍDRICOS

Un tema de cierto interés es intentar estimar la aportación de la fuente, que evidentemente variaba con el tiempo. No hay datos históricos de caudal, pero es posible realizar una aproximación indirecta a partir de la canaleta central, que tiene una anchura de 0,3 metros según ALEGRE (2001). La profundidad es difícil de estimar dada la carga de sedimentos. Se supone igual que la anchura. Con la pendiente media del caño se ha calculado una tabla de gasto (tabla I), a partir de la fórmula de Manning, con la pendiente media del acueducto y un coeficiente de rugosidad de la piedra de 0,03. Además del volumen total diario, se ha calculado la aportación por persona sobre una población de 1500 habitantes, población que tenía Castejón de Monegros a principios del siglo XX, posible máximo pico de habitantes.

La tabla I, meramente indicativa, enfatiza que el volumen de agua disponible era muy escaso para bajos calados, teniendo en cuenta que una persona necesita del orden de 5 litros en ingesta diaria y sumar el consumo de los animales domésticos y el agua doméstica. De los resultados se deduce también que la baja velocidad del agua, incluso a caudales mediados, favorece inevitablemente la sedimentación.

Es evidente que la aportación de la fuente estaba directamente relacionada con la precipitación y las amplias dimensiones de la val. Lamentablemente, no hay información hidrogeológica sobre el acuífero que la suministra, que tiene una buena resiliencia. Desde luego, La Madre era una buena captación, incluso en momentos duros. *El Diario de Huesca*, interesante fuente de noticias provinciales, señalaba en 1912, durante una sequía que congregó a más de 150 cruces en San Úrbez de Nocito, que vecinos de pueblos monegrinos recorrían más de 6 kilómetros para ir a buscar agua a Castejón.

Por otro lado, existe el recuerdo en Castejón de que durante los dos primeros años de la Guerra Civil, La Madre abasteció al frente republicano de la zona de la sierra de Alcubierre. No parece, sin embargo, algo excepcional, dado que, en ausencia de datos locales, cabe recordar que los dos años citados, fueron muy lluviosos. A modo de ejemplo, se presentan datos del Instituto de Enseñanza Media de Huesca (tabla II).

La precipitación media en la capital altoaragonesa es del orden de los 500 milímetros. Se observa, con claridad, que la precipitación fue mucho

Tabla 1. Estimación de caudales y volúmenes diarios de agua de La Madre de Castejón de Monegros en función del calado del canal de fondo.

<i>Calado</i> (m)	<i>Área</i> (m ²)	<i>Rh</i> (m)	<i>Velocidad</i> (m/sg)	<i>Caudal</i> (l/sg)	<i>Volumen/día</i> (m ³)	<i>Per cápita</i> (litros)
0,01	0,00	0,01	0,08	0,23	19,48	12,99
0,02	0,01	0,02	0,11	0,69	59,41	39,60
0,03	0,01	0,03	0,14	1,30	112,40	74,93
0,04	0,01	0,03	0,17	2,03	175,13	116,75
0,05	0,02	0,04	0,19	2,84	245,48	163,65
0,06	0,02	0,04	0,21	3,73	322,00	214,67
0,07	0,02	0,05	0,22	4,67	403,62	269,08
0,08	0,02	0,05	0,24	5,67	489,50	326,33
0,09	0,03	0,06	0,25	6,70	579,01	386,01
0,10	0,03	0,06	0,26	7,77	671,63	447,75
0,11	0,03	0,06	0,27	8,88	766,94	511,29
0,12	0,04	0,07	0,28	10,01	864,60	576,40
0,13	0,04	0,07	0,29	11,16	964,32	642,88
0,14	0,04	0,07	0,29	12,34	1065,87	710,58
0,15	0,05	0,08	0,30	13,53	1169,03	779,35
0,16	0,05	0,08	0,31	14,74	1273,64	849,09
0,17	0,05	0,08	0,31	15,97	1379,55	919,70
0,18	0,05	0,08	0,32	17,21	1486,62	991,08
0,19	0,06	0,08	0,32	18,46	1594,75	1063,16
0,20	0,06	0,09	0,33	19,72	1703,83	1135,89
0,21	0,06	0,09	0,33	20,99	1813,78	1209,19
0,22	0,07	0,09	0,34	22,27	1924,53	1283,02
0,23	0,07	0,09	0,34	23,56	2036,00	1357,34
0,24	0,07	0,09	0,35	24,86	2148,14	1432,10
0,25	0,08	0,09	0,35	26,17	2260,90	1507,27
0,26	0,08	0,10	0,35	27,48	2374,22	1582,81
0,27	0,08	0,10	0,36	28,80	2488,06	1658,71
0,28	0,08	0,10	0,36	30,12	2602,39	1734,93
0,29	0,09	0,10	0,36	31,45	2717,17	1811,44
0,30	0,09	0,10	0,36	32,78	2832,36	1888,24

Tabla II. Precipitaciones en el Instituto de Huesca (1930-1940).

Año	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940
Milímetros	529	433	743	593	767	540	1135	807	413	529	532

más elevada en 1936 y 1937. A más lluvia, más recarga al acuífero y más aportación del manantial. Además, están las técnicas de incremento de la infiltración como el pinchado del terreno, descrito por BENITO (2004a), o el simple laboreo de los campos situados val arriba en contraposición con la impermeabilización superficial por pisoteo del ganado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la amabilidad de la alcaldesa y otros miembros de la corporación municipal de Castejón de Monegros. Y también la ayuda del personal de la Biblioteca del IEA y del arqueólogo Javier Rey.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE, J. F. (2001). *Memoria valorada para la conservación y acondicionamiento de la antigua captación de agua "La Madre" en el municipio de Castejón de Monegros*. Informe inédito. 14 pp.
- ÁLVARO, M. I., y J. IBÁÑEZ (coords.) (2008). *Patrimonio hidráulico en Aragón*. Aqua-Unizar-Cajalón. Zaragoza. 343 pp.
- ANTEQUERA, M., E. IRANZO y J. HERMOSILLA (2015). Las galerías drenantes en España: cuantificación y clasificación tipológica de los sistemas horizontales de captación de aguas subsuperficiales. En C. Sanchis-Ibor, G. Palau-Salvador, I. Mangué y L. P. Martínez-Sanmartín (eds.), *Irrigation, Society, Landscape. Tribute to Thomas F. Glick*: 1139-1154. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- BAILIFF, I. K., C. M. GERRARD, A. GUTIÉRREZ, L. M. SNAPE-KENNEDY y K. N. WILKINSON (2015). Luminescence dating of irrigation systems: Application to a qanāt in Aragón, Spain. *Quaternary Geochronology*, 30: 452-459.
- BARCELÓ, M. (1983). Qanāt(s) a al-Ándalus. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 2: 3-22.
- BENITO, M. (2004a). La fuente de Castejón de Monegros: Una fábrica de agua (1). *Diario del Alto Aragón*. 13/6/2004.
- BENITO, M. (2004b). La fuente de Castejón de Monegros: Una fábrica de agua (2). *Diario del Alto Aragón*. 27/6/2004.
- BUIL, J. J., M. B. ZABALZA e I. ICART (2011). *Castejón de Monegros. Territorio, patrimonio, historia*. Ayuntamiento de Castejón de Monegros. 137 pp.

- CASTÁN, A. (2004). *Torres y castillos del Alto Aragón*. Diario del Alto Aragón. Huesca.
- CUCHÍ, J. A. (1989). *Aportaciones al conocimiento de los suelos salinos de Aragón*. INIA (Serie monográfica de tesis doctorales del INIA, 79). Madrid. 400 pp.
- CUCHÍ, J. A., P. MARTÍN RAMOS y J. A. RAUSA (2018). Captación de aguas superficiales temporales en zonas semiáridas monegrinas: el azud y partididor de Valdezaragoza (Lanaja). *Anales de la Fundación Joaquín Costa*, 30: 21-38.
- EREZA, J. I., F. JAIME, M. ARENILLAS, C. DÍAZ-GUERRA, R. CORTÉS y L. ARENILLAS (1998). Inventario de obras hidráulicas de la cuenca del Ebro en Aragón. *Actas del Congreso Nacional de Historia de la Construcción*: 225-232. La Coruña.
- GERRARD, C. (2011). Contest and co-operation: strategies for medieval and later irrigation along the upper Huecha valley, Aragón, north-east Spain. *Water History*, 3 (1): 3-28.
- GUERRA, E. (2006). Los Viajes de Agua de Madrid. *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, 46: 419-465.
- GUITART, C. (1979). *Castillos de Aragón. 1. Desde el siglo IX al segundo cuarto del XIII*. Librería General (Aragón). Zaragoza. 191 pp.
- IGME (1998). *Mapa geológico de España a escala 1 : 50 000. Hoja 1 : 5000 – 356 (Lanaja)*. IGME (Memoria, 65). Madrid. 1 mapa.
- LABARA, H. (2003). *¿Acueducto romano subterráneo en Castejón de Monegros?*
<https://web.archive.org/web/20060725015735/http://personal.telefonica.terra.es/web/webherjos/>
- LIGHTFOOT, D. R. (1996). Syrian qanāt Romani: History, ecology, abandonment. *Journal of Arid Environments*, 33 (3): 321-336.
- LÓPEZ-CAMACHO, B., I. DE BUSTAMANTE y J. A. IGLESIAS (2005). El Viaje de Agua (*qanāt*) de la fuente Grande de Ocaña (Toledo): pervivencia de una reliquia hidráulica. *Revista de Obras Públicas*, 152: 43-54.
- MADOZ, P. (1845-1850). *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar. Provincia de Huesca*. Madrid. Ed. facsímil: Ámbito Ediciones / DGA. Valladolid. 335 pp.
- RAUSA, J. A., J. L. VILLARROEL y J. A. CUCHÍ (2016). La fuente del Milagro, en la cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes (Sariñena, Huesca). *Lucas Mallada*, 18: 31-45.
- SANCHO, C. (2005). Geología y relieve de los Monegros. En G. Gavín González, *Comarca de los Monegros*: 25-42. DGA (Territorio, 16). Zaragoza.
- STIROS, S. C. (2006). Accurate measurements with primitive instruments: The “paradox” in the qanāt design. *Journal of archaeological science*, 33 (8): 1058-1064.
- <http://www.sipca.es/censo/1-INM-HUE-010-083-004/Acueducto/la/Madre.html#.WgssBlvWzRY>
<https://web.archive.org/web/20060725015735/http://personal.telefonica.terra.es/web/webherjos/>
<http://hemeroteca.diariodelaltoaragon.es/>

EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN NITRATOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA HOYA DE HUESCA (MARZO DE 2016 – FEBRERO DE 2017)

Raquel ZUFIAURRE¹
Óscar GRACIA²
José Antonio CUCHÍ³

RESUMEN.— En este artículo se presenta la evolución, durante un año, del contenido de nitratos en las aguas subterráneas de la zona occidental de la Hoya de Huesca. A partir de 21 puntos de agua se constata que, en general, las aguas subterráneas de la zona estudiada superan los 50 mg/L de ion nitrato. Se comprueba la existencia de un viejo problema de contaminación difusa.

ABSTRACT.— This work presents the evolution, over a year, of nitrate content in the groundwater of the western area of La Hoya de Huesca. The observation of 21 water points indicates that the groundwater of the studied area normally exceeds 50 mg/L of nitrate ion. It also confirms the existence of an old problem of diffuse contamination.

KEY WORDS.— Groundwater, nitrate pollution, Bolea-Ayerbe aquifers, Apiés, Hoya de Huesca (Spain).

Recepción del original: 12-1-2018

¹ Departamento de Química Analítica. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. zufi@unizar.es

² oscargraciallinares@gmail.com

³ 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

INTRODUCCIÓN

La hidroquímica de los acuíferos aluviales de la Hoya de Huesca ha sido estudiada por diversos autores: LARREY y LASAOSA (1994), GIMENO y CUCHÍ (1994, 1997), GIMENO (1996), LARREY y cols. (1996), IGUAL (2014), TRABA (2015), BOSQUE (2015) y ZUFIAURRE y cols. (2015). Una conclusión general en todos los trabajos es la presencia de concentraciones de nitratos que superan el nivel de los 50 mg/L, en un amplio número de puntos de agua de los acuíferos aluviales de esta zona. Se hace evidente que estos son especialmente vulnerables a la contaminación por nitratos debido a que son acuíferos libres, a la gran permeabilidad de los depósitos aluviales, a la proximidad del nivel freático a la superficie del terreno, a la buena conexión hidráulica entre aguas superficiales y subterráneas y, sobre todo, a la fertilización nitrogenada de la agricultura cerealista extensiva en las zonas de recarga. Esta vulnerabilidad se incrementará con el aumento de las granjas de porcino y la consecuente eliminación de purines por vertido en el terreno. Los trabajos más recientes muestran que la concentración de nitratos sigue alta, a pesar de la declaración de acuíferos vulnerables realizada por la Diputación General de Aragón en las Órdenes de 11 de diciembre de 2008 (*BOA*, 2 de enero de 2009) y 10 de septiembre de 2013 (*BOA*, 9 de octubre de 2013).

La mayor parte de los datos de los trabajos anteriores han sido tomados en campañas de muestreo realizadas en una sola vez y en un corto intervalo de tiempo. La única excepción es el trabajo de LARREY y LASAOSA (1994), publicado como LARREY y cols. (1996), quienes realizaron muestreos en las cuatro estaciones. Sin embargo, son datos ya antiguos.

Por ello, el objetivo de este artículo es analizar la concentración de nitratos durante doce meses consecutivos, desde marzo de 2016 a febrero de 2017 en una serie de puntos de agua representativos. Además, se pretende caracterizar químicamente, de forma más completa, las aguas subterráneas, después y antes de las fases de abonado agrícola en abril y septiembre.

ZONA DE ESTUDIO

El artículo se centra en el sector occidental de la comarca de la Hoya de Huesca. La zona está dividida en dos grandes unidades. Al norte están las

sierras prepirenaicas, sin superficie cultivada y en creciente proceso de matorralización y reforestación espontáneas. Por el contrario, la zona meridional es mucho más llana y está cultivada en un alto porcentaje. Cereal de invierno en secano, fundamentalmente cebada, es el cultivo extensivo más abundante (80%), que se está rotando con colza o guisante. Almendros y olivos son cultivos leñosos secundarios. En el entorno de Huesca, hay una zona de regadío, unas 2000 hectáreas, con consumos limitados de agua procedentes de las aguas superficiales del río Isuela desde el pantano de Arguis. Parte de la zona regada se está transformando a actividades periurbanas tipo parcelas recreativas. La superficie real regada en el entorno de Ayerbe no supera las 500 hectáreas con dotaciones reducidas. Hay también un porcentaje mínimo de regadío con aguas subterráneas en Cillas, Bolea y Plasencia del Monte.

Los acuíferos de la zona norte, de tipo kárstico en su mayor parte, presentan niveles bajos de concentración de nitratos, por debajo de los 5 mg/L (IGUAL, 2014). En la zona meridional hay una serie de acuíferos aluviales (SÁNCHEZ, 1988; GARRIDO y AZCÓN, 1994; CUCHÍ, 1998; CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO, 2008-2011). Son acuíferos libres, alimentados fundamentalmente por agua de lluvia y, en menor medida, por infiltraciones de ríos prepirenaicos y algunos regadíos tradicionales. La precipitación media anual de la zona supera ligeramente los 500 milímetros de lluvia (AEMET, 2001) y se puede estimar que la recarga de los acuíferos es del orden de un 10%. Los niveles saturados no superan la decena de metros de espesor, están muy cerca de la superficie y son, por tanto, muy vulnerables. Las aguas de estos acuíferos presentan, desde hace tiempo, un nivel elevado de nitratos. La principal aportación de nitrógeno, en la zona estudiada, es el abonado agrícola. Para el cereal de invierno, en abonado de fondo se suelen utilizar 300 kg/ha de complejo 15:15:15. En cobertera, como más habitual, se emplean 180 kg/ha de urea del 46%. En almendro se utiliza complejo 15:15:15, del orden de los 400-600 kg/ha.

Por su posible relación con los parámetros fisicoquímicos, se han recogido de la AEMET los valores climatológicos, durante el periodo del estudio, marzo de 2016 a febrero de 2017, registrados en la estación meteorológica de Monflórite (fig. 1). Se observan los dos periodos de lluvia en primavera y otoño típicos del clima mediterráneo continental del Prepirineo,

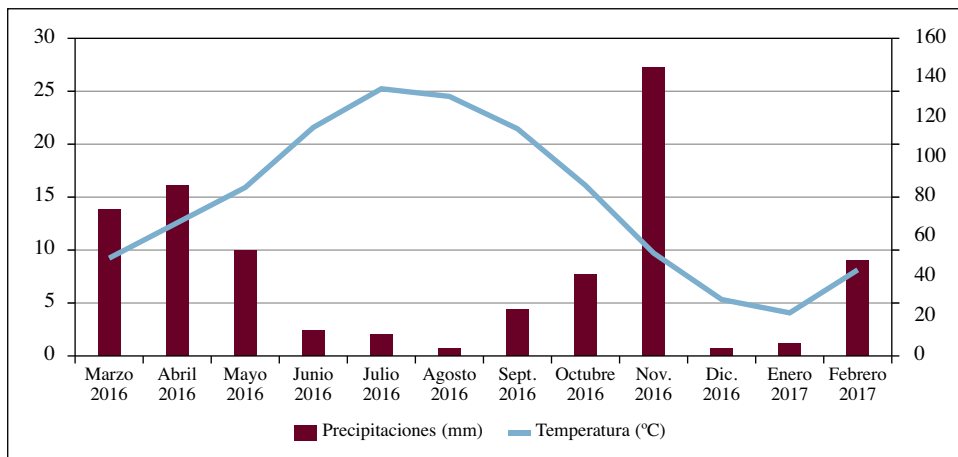


Fig. 1. Evolución mensual de temperatura y precipitación en el observatorio de Monflorite entre marzo de 2016 y febrero de 2017. (Fuente: AEMET)

así como los estiajes del invierno y del verano. A las lluvias corresponderían los momentos de lixiviación de abonos hacia los acuíferos.

PUNTOS DE MUESTREO

Para este artículo, a partir de la experiencia de los estudios ya realizados, se han seleccionado 21 puntos de muestreo (tabla I y fig. 2). Pertenecen a tres acuíferos distintos: Hoya de Huesca (H), Saso Bolea-Ayerbe (BA) y Apiés (A). Para el muestreo se descartaron puntos de agua situados en el Prepirineo donde ya se conoce que los niveles son bajos, como se puso de relieve en el trabajo de ZUFIAURRE y cols. (2016).

MATERIAL Y MÉTODOS

La campaña de muestreo se llevó a cabo entre los meses de marzo de 2016 y febrero de 2017. Se utilizaron botellas nuevas de PET. *In situ* se determinó la temperatura del agua y su conductividad eléctrica. Las muestras se trasladaron en el día a la Escuela Politécnica Superior de Huesca, donde se almacenaron en nevera a una temperatura de 4 °C para su análisis a la mayor brevedad posible. Los métodos analíticos se presentan en la tabla II.

Tabla 1. Puntos de agua subterránea muestreados en la Hoya de Huesca.

Número de muestra		Número de muestra	
1	Pozo de la EPS de Huesca (H)	12	Fuente de los Tres Caños de Ayerbe (BA)
2	Manantial de Banariés (H)	13	Fuente vieja de Bolea (BA)
3	Fuente de Cillas (H)	14	Fuente de Lierta (H)
4	Fuente de Alerre (H)	15	Ibones de Yéqueda (H)
5	Fuente de Lupiñén (dcha.) (H)	16	Fuente de Marcelo (H)
6	Fuente de Lupiñén (izda.) (H)	17	Fuente de Jara (H)
7	Fuente de Ortilla (BA)	18	Fuente de Apiés
8	Lavadero de Loscorrales (BA)	19	Fuente de Lienas (A)
9	Fuente de Fontellas (BA)	20	Fuente de las Pilas de Fornillos (A)
10	Fuente Losanglis (BA)	21	Fuente vieja de Fornillos (A)
11	Fuente de Biscarrués (BA)		

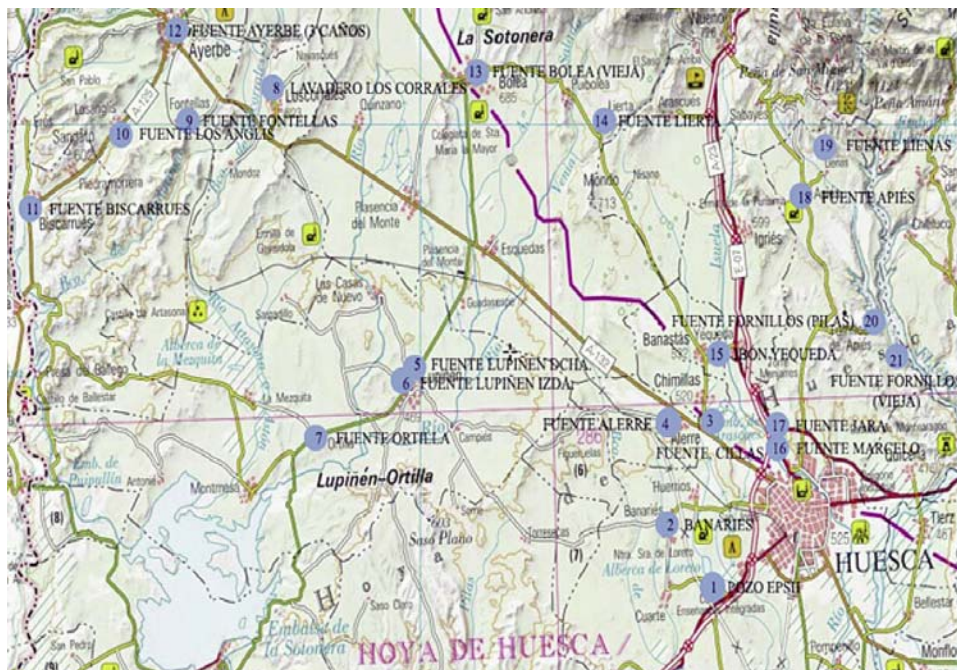


Fig. 2. Mapa de los puntos de muestreo.

Tabla II. Métodos analíticos empleados en la determinación de los parámetros fisicoquímicos.

	<i>Método analítico</i>
pH	Método electroquímico. Electrodo de vidrio de pH
Conductividad eléctrica (CE)	Método electroquímico. Conductimetría
HCO ₃ ⁻	Volumetría ácido-base
Cl ⁻	Volumetría de precipitación (método de Mohr)
NO ₃ ⁻	Espectroscopia de absorción molecular en UV
SO ₄ ²⁻	Método turbidimétrico. Espectroscopia de absorción molecular en el visible
Ca ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺	Espectroscopia atómica de llama (absorción / emisión)

A partir de los datos de la determinación de nitratos, se ha precisado la materia orgánica presente en el agua, calculada mediante la correlación entre la absorbancia a 275 nm y la materia orgánica expresada como oxidabilidad al permanganato obtenida por ZUFIAURRE y cols (2016). Con los resultados analíticos de septiembre de 2016 y abril de 2017, se han elaborado diagramas de Piper con el programa Diagrammes. Además, se ha realizado un análisis de componentes principales utilizando el programa estadístico SPSS 15.0. También se ha calculado el índice de saturación mediante WATEQF, del US Geological Survey.

RESULTADOS

Los principales resultados de este estudio se presentan en las tablas III, IV y V.

Tabla III. Concentración de nitratos en mg/L (marzo de 2016 – febrero de 2017).

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
1	60,92	70,83	62,01	58,91	39,86	39,56	46,70	53,93	52,44	74,01	91,98	113,03
2	53,43	95,87	77,81	83,89	68,81	68,40	73,14	63,17	70,19	87,48	66,22	81,50
3	90,17	96,85	88,35	79,75	68,27	68,08	84,10	85,31	76,34	62,75	85,60	91,15
4	116,26	139,93	140,33	152,44	103,55	104,38	42,85	55,70	40,03	161,93	110,83	158,16
5	134,56	134,42	113,46	113,58	82,31	82,61	98,53	92,92	102,51	108,82	120,64	43,71
6	105,22	86,54	74,16	61,92	52,27	52,77	88,08	90,88	85,88	91,76	79,44	79,56
7	156,01	157,56	164,40	165,48	151,78	150,77	165,25	178,78	170,54	177,87	186,04	189,57
8	84,29	87,27	86,44	82,42	72,85	72,75	84,36	78,92	82,96	85,57	88,24	51,69
9	77,37	78,25	75,11	76,48	65,16	64,36	77,01	65,16	72,39	111,45	77,68	76,08
10	55,92	68,49	72,86	78,63	61,44	60,38	70,35	60,94	66,12	50,38	45,37	71,03
11	85,67	98,69	102,36	109,81	93,96	94,29	105,73	106,17	93,78	106,57	92,73	93,33
12	28,97	29,02	31,65	32,85	30,57	30,38	28,05	28,09	31,76	31,57	32,15	31,66
13	2,37	1,64	1,47	3,38	0,37	0,54	1,46	1,10	1,58	5,68	2,78	2,89
14	146,09	108,62	136,73	135,73	119,07	117,99	120,62	120,79	135,67	207,74	186,87	315,23
15	20,11	13,50	14,74	14,15	12,01	11,95	15,65	15,46	19,39	17,76	19,16	16,88
16	26,30	25,23	28,79	30,42	21,18	21,18	20,87	19,81	19,60	22,32	26,89	26,94
17	44,48	40,14	45,13	43,88	34,13	34,30	42,18	42,56	42,59	42,57	42,98	40,57
18	120,59	117,22	110,77	107,94	97,49	97,90	86,25	106,06	128,67	102,12	117,87	119,98
19	111,36	96,96	101,25	101,62	83,07	82,47	107,44	105,46	99,74	98,34	64,61	96,17
20	220,99	220,32	210,01	216,45	177,97	175,32	182,01	191,13	183,73	176,07	183,80	186,24
21	210,29	208,06	226,49	214,01	182,79	181,44	205,49	183,14	178,18	200,65	232,70	248,56

Tabla iv. Caracterización hidroquímica (abril de 2016).

	<i>CE</i> ($\mu\text{s/cm}$ 25 °C)	NO_3^- (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	K^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)
1	893,00	70,83	387,61	36,21	132,80	160,63	24,53	2,76	24,72
2	876,00	95,87	303,97	49,35	137,25	143,05	36,60	9,72	28,33
3	834,00	96,85	344,77	44,73	122,77	143,42	35,65	4,54	26,04
4	1008,00	139,93	369,25	55,03	151,74	162,99	38,79	13,12	35,70
5	832,00	134,42	301,93	39,76	99,15	149,58	23,15	1,29	27,53
6	719,00	86,54	281,53	36,21	91,80	129,03	23,82	2,07	25,07
7	757,00	157,56	246,85	38,34	68,18	125,02	21,66	1,26	30,52
8	607,00	87,27	303,97	18,82	33,13	140,43	7,16	0,92	11,63
9	728,00	78,25	297,85	32,31	80,66	158,71	12,66	2,63	22,54
10	705,00	68,49	373,33	26,63	49,69	156,64	10,57	3,24	20,54
11	864,00	98,69	352,93	51,48	92,91	134,97	28,99	31,84	47,72
12	783,00	29,02	338,65	28,76	151,96	151,97	27,57	2,37	28,09
13	979,00	1,64	273,37	36,57	357,62	225,12	32,05	2,44	23,00
14	687,00	108,62	326,41	25,56	44,11	136,51	21,26	16,78	9,41
15	675,00	13,50	275,41	35,86	128,57	133,32	21,84	2,71	24,15
16	959,00	25,23	387,61	52,90	198,75	177,34	38,33	3,49	34,06
17	1124,00	40,14	420,25	91,95	218,81	173,72	42,24	5,67	62,06
18	795,00	117,22	342,73	33,73	126,78	151,15	29,84	1,55	12,09
19	945,00	96,96	375,37	39,76	133,69	117,73	77,32	0,81	26,66
20	1337,00	220,32	354,97	86,62	167,86	184,65	20,71	154,58	55,90
21	985,00	208,06	340,69	72,42	53,48	167,46	28,10	1,79	44,59

Tabla v. Caracterización hidroquímica (septiembre de 2016).

	<i>CE</i> ($\mu\text{s/cm}$ 25 °C)	NO_3^- (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	<i>Potasio</i> (mg/L)	<i>Sodio</i> (mg/L)
1	833,00	46,70	352,93	33,37	82,36	125,52	23,99	3,59	35,97
2	969,00	73,14	326,41	50,77	137,48	121,11	32,32	8,97	44,16
3	813,00	84,10	330,49	42,25	104,96	121,31	38,20	3,89	39,01
4	960,00	42,85	387,61	46,15	105,16	134,91	33,10	51,05	45,14
5	778,00	98,53	308,05	36,57	87,44	122,33	27,44	1,12	35,96
6	715,00	88,08	277,45	35,86	84,69	110,10	24,10	1,94	49,23
7	740,00	165,25	248,89	36,57	86,06	108,45	24,68	0,86	52,89
8	598,00	84,36	293,77	17,75	25,49	118,43	10,37	0,64	35,29
9	712,00	77,01	289,69	29,47	106,73	132,59	12,85	2,42	41,41
10	706,00	70,35	352,93	28,05	58,70	132,83	15,05	0,66	41,94
11	999,00	105,73	369,25	55,03	102,40	119,19	28,81	38,00	60,16
12	785,00	28,05	346,81	26,63	157,32	128,21	27,79	1,95	40,28
13	923,00	1,46	285,61	36,21	298,82	155,34	29,29	2,14	36,30
14	764,00	120,62	314,17	24,50	61,85	115,28	21,67	7,86	17,32
15	672,00	15,65	285,61	35,15	116,77	101,60	19,72	2,23	36,94
16	915,00	20,87	367,21	46,51	162,28	134,91	34,66	2,81	43,07
17	1146,00	42,18	412,09	85,56	216,22	147,20	45,42	5,28	66,68
18	829,00	86,25	330,49	34,44	61,06	121,68	23,49	1,23	19,82
19	978,00	107,44	387,61	40,12	134,72	92,34	48,36	0,57	40,58
20	1290,00	182,01	346,81	78,81	139,90	140,67	20,25	147,32	59,82
21	1087,00	205,49	352,93	74,20	35,28	139,80	29,66	1,63	59,63

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados corresponden a puntos de agua de diversas características donde afloran o se pueden captar aguas subterráneas de los tres acuíferos considerados. Para cada punto de agua es necesario señalar que las aguas que allí brotan han tenido tiempos de residencia y recorridos diferentes. Esto supone que variaciones de lluvia y fertilización (señal de entrada) no se reflejarán necesariamente en tiempos similares e idéntica intensidad en las concentraciones en los manantiales y los pozos (señal de salida). Además, los acuíferos tienen una clara capacidad de amortiguación temporal de las señales de entrada por procesos de mezcla, de modo que para los flujos que tengan recorridos largos, la respuesta puede ser más modesta de lo esperable, a cambio de una mayor duración del impacto. Por último, es necesario recordar que los límites de los acuíferos estudiados son puramente administrativos y no tienen necesariamente que reflejar el comportamiento real del agua subterránea. Baste con recordar la persistente confusión administrativa entre los acuíferos de Apiés y de la Hoya, que se encuentran completamente desconectados a efectos hidrológicos.

Por tanto, no es fácil establecer en estos momentos una relación causa-efecto, dado que no ha sido posible definir las cuencas de captación de manantiales concretos ni cuantificar con una mínima fiabilidad las aportaciones agropecuarias reales.

Nitratos en las aguas subterráneas

Solo 5 de los 21 puntos muestreados estuvieron, en los doce meses, por debajo del límite sanitario de los 50 mg/L en nitratos (figs. 3 y 4). Las excepciones son las fuentes de los Tres Caños de Ayerbe, vieja de Bolea, Yéqueda, Marcelo y Jara. Las dos primeras parecen asociadas con los aluviales de los correspondientes aluviales de los ríos Secos de Loarre y Bolea.

El núcleo de fuentes conocido como *ibones de Yéqueda* (en la *güega* Huesca-Yéqueda-Banastás) podría estar relacionado con aguas superficiales del río Isuela, directamente o a través del sistema de riego (acequia de Coliñenigue). Además, en estos cinco puntos, los rangos de concentración observados son muy pequeños.

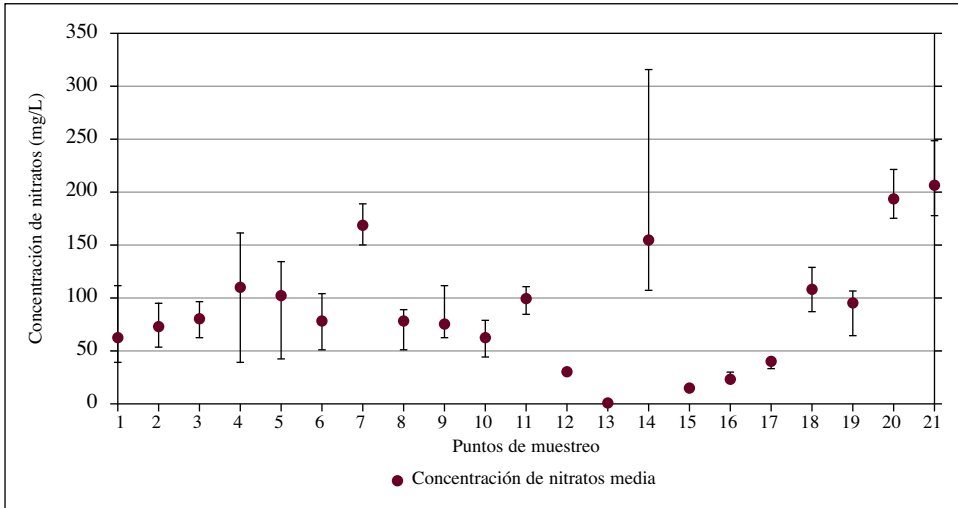


Fig. 3. Valor medio y rango de concentración de nitratos en puntos de aguas subterráneas de la Hoya de Huesca.

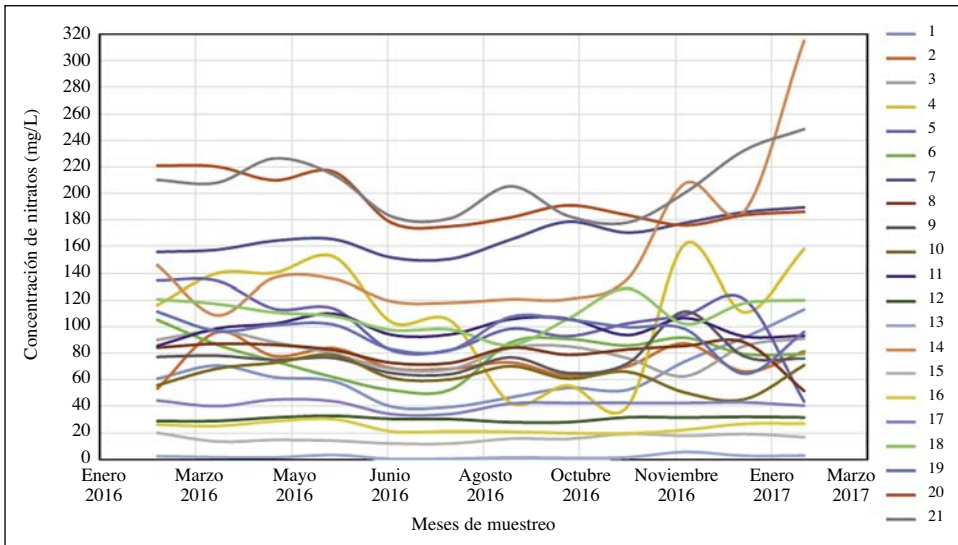


Fig. 4. Evolución temporal de la concentración de nitratos en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca entre febrero de 2016 y marzo de 2017.

En el resto de los puntos, los valores medios están por encima del umbral mencionado. En ciertos casos, algunos valores mensuales descienden ligeramente por debajo de ese límite, aunque las medias anuales se

mantienen por encima de los 50 mg/L. Como era de esperar, en un análisis temporal a lo largo del año de estudio se observa un comportamiento diverso. Los puntos de agua con bajas concentraciones muestran un comportamiento prácticamente constante. Por el contrario, hay variaciones importantes en las fuentes con niveles altos. En algunos puntos de agua, como en la fuente de Alerre (4), parecen insinuarse aumentos de concentración tras las fases de abonado con un desfase de algunas semanas. En otros puntos, esto no es tan claro. Los repuntes de febrero en las fuentes de Lierta y vieja de Fornillos tienen el aspecto de problemas de contaminación.

El problema de los nitratos es antiguo en la zona, como muestran datos del abastecimiento de Ayerbe, realizados por su farmacéutica titular (tabla VI).

Tabla VI. Datos antiguos en abastecimiento de Ayerbe (farmacia de Ayerbe).

<i>Fecha</i>	NO_3^- (mg/L)	<i>Fecha</i>	NO_3^- (mg/L)
12/5/1987	15	12/1/1993	30
12/2/1989	27	22/3/1994	39
11/5/1989	25,3	27/2/1995	36
8/2/1990	19,3	3/3/1995	35
13/2/1990	26	21/2/1996	37
16/3/1990	14	10/1/1997	57,4
13/2/1991	26	20/2/1997	40

Para analizar la evolución del nivel de nitratos, se han comparado algunos datos de este artículo con los de estudios anteriores. Se han seleccionado las fuentes de Alerre, Lierta y Lienas (fig. 5) donde se observa que los niveles se mantienen altos en dos casos durante más de dos décadas, e indican que no han tenido éxito las medidas de reducción de nitratos asociadas a la declaración de Zona Vulnerada. Este problema debería estudiarse con más detalle.

Por tanto, es evidente que existe un gran problema de contaminación por nitratos que afecta a los usos naturales, agropecuarios y a los abastecimientos urbanos. En los primeros, el incremento de nitratos aumentará el crecimiento de vegetación natural en la zona de descarga. Para el riego, no

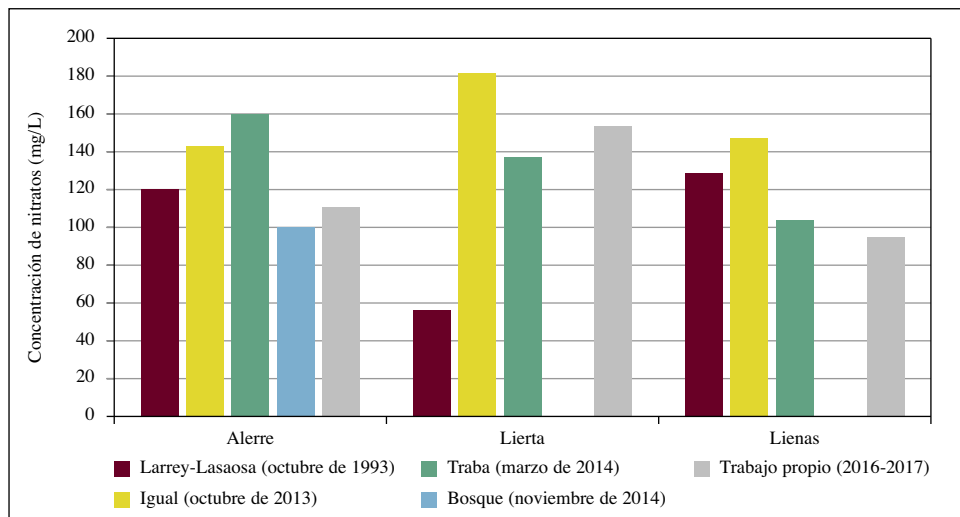


Fig. 5. Histórico de la concentración de nitratos en algunos puntos de agua de la Hoya de Huesca.

se han señalado efectos indeseables en los modestos sistemas que riegan de alguna de las fuentes citadas. Más complejo es su uso para bebida del ganado donde hay debate sobre los niveles admisibles de nitratos en la ingesta de los animales. Alguna publicación técnica señala un nivel máximo de 100 mg/L, pero este es un tema que requiere más estudio. Por otro lado, el número de granjas en la zona es todavía limitado. La afección fundamental de la presencia de nitratos, y probable de nitritos, es el abastecimiento urbano, especialmente de las pequeñas localidades donde el problema es persistente y es prácticamente imposible la reducción de los niveles por debajo de 50 mg/L a partir de la limitación voluntaria de la causa, el abonado agrícola, por la general oposición de los agricultores. Una solución sería el establecer perímetros de protección entorno a los puntos de abastecimiento. Esto implicaría realizar estudios hidrológicos y restricciones de abonado obligatorias en áreas próximas a los abastecimientos. Otra solución sería la implantación de equipos de desnitrificación con una adecuada gestión técnica y un control continuo de la calidad del agua. Una solución más costosa y políticamente compleja sería el establecimiento de una red comarcal de agua potable, entre el Guatizalema y el Gállego, a partir de los diversos puntos de agua del Prepirineo.

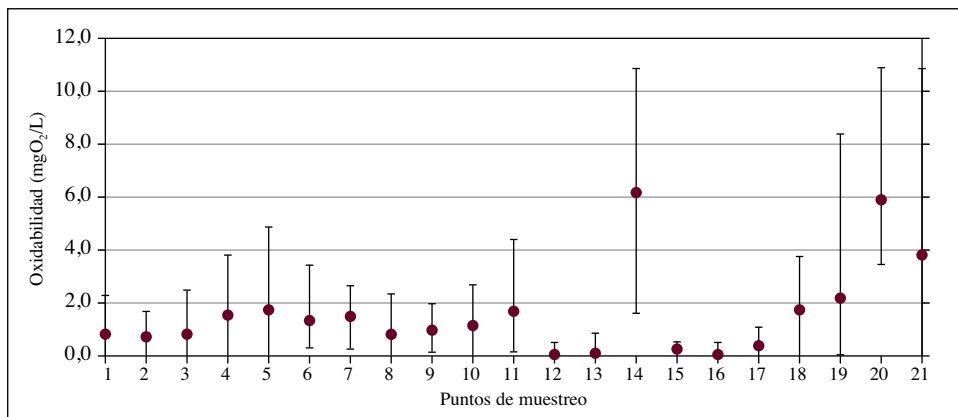


Fig. 6. Valor medio y rango de concentración de materia orgánica en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca.

Materia orgánica

La presencia de materia orgánica disuelta en el agua subterránea es un parámetro importante dentro del ciclo del nitrógeno, dada su implicación en los procesos de reducción. Como ya se ha indicado en el apartado de métodos, este parámetro se ha calculado a partir de la correlación que se presenta en ZUFIAURRE y cols. (2016). Los resultados se resumen en las figuras 6 y 7.

La normativa española sobre aguas de consumo humano (RD 140/2003) establece un parámetro indicador para la oxidabilidad de 5 mg/L. En general, los valores encontrados son menores. Las fuentes de los Tres Caños de Ayerbe y vieja de Bolea, y los ibones de Yéqueda y Marcelo, tienen valores bajos, en la línea de lo ya visto en el contenido de nitratos. Por el contrario, las fuentes de Lierta y Pilas de Fornillos muestran evidentes signos de contaminación por materia orgánica, además de altos niveles de nitratos.

La evolución temporal muestra, una vez más, un comportamiento diverso. Los puntos con valores medios bajos en materia orgánica muestran un rango mucho más estrecho que los ya señalados como contaminados. Sorprende la variabilidad tanto en Lierta como en Fornillos, que necesitan de un estudio específico.

La presencia de materia orgánica supone el incremento del consumo de hipoclorito en los procesos de potabilización del agua tratada, juntamente

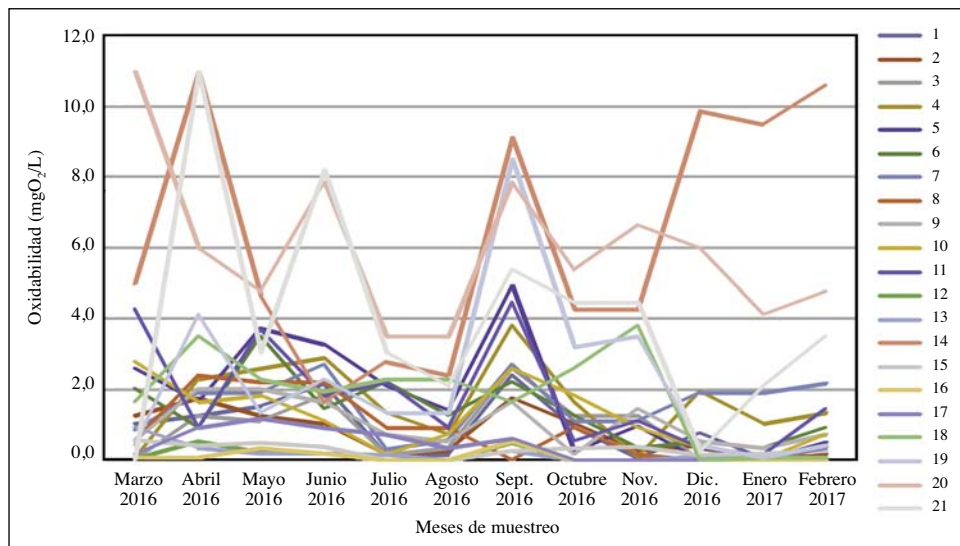


Fig. 7. Evolución temporal de materia orgánica en aguas de la Hoya de Huesca entre febrero de 2016 y marzo de 2017.

con la formación de trihalometanos. Además, su presencia en aguas subterráneas puede aumentar el riesgo de formación de nitritos. Este parámetro debería ser adecuadamente vigilado, especialmente si aumentan las aportaciones de purines y estiércoles de granjas industriales.

Temperatura y conductividad eléctrica de las aguas subterráneas

Durante el muestreo se ha seguido también la evolución mensual de la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas subterráneas estudiadas. En aras de la brevedad de este artículo se omiten los datos numéricos, que son consultables en GRACIA (2017).

Las temperaturas medias de campo del agua (figs. 8 y 9) están próximas a los 15 °C. Este valor está por encima de los 12 °C, temperatura media anual de la zona, y que suele considerarse, en los manuales, como la temperatura normal de las aguas subterráneas. Los rangos de oscilación y la variación mensual muestran una clara influencia de la temperatura ambiente inmediata sobre la temperatura del agua, efecto de la poca profundidad del acuífero en la mayoría de los puntos de captación. En el pozo de la

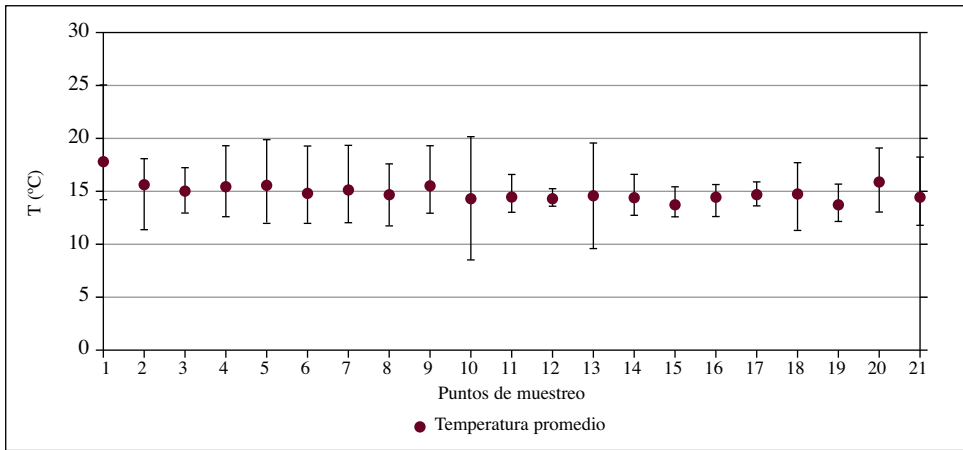


Fig. 8. Valor medio y rango de la temperatura en aguas subterráneas.

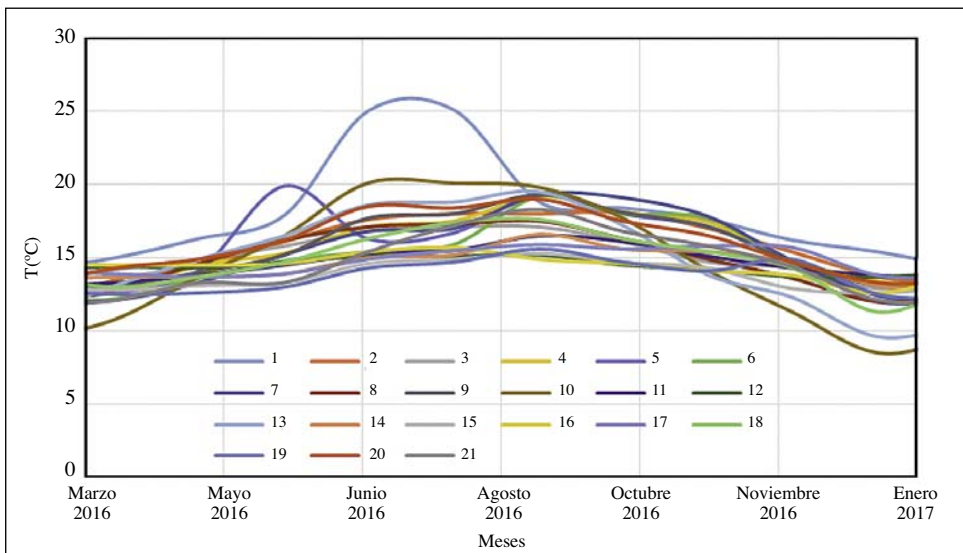


Fig. 9. Variación temporal de la temperatura en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca entre febrero de 2016 y marzo de 2017.

Escuela Politécnica Superior de Huesca (EPSH) (punto 1), se considera que el resultado no es representativo del acuífero, dado que tiene su boca cerrada por una chapa metálica negra que concentra el calor veraniego y calienta el agua superficial del pozo. En otros casos, como en la fuente vieja de

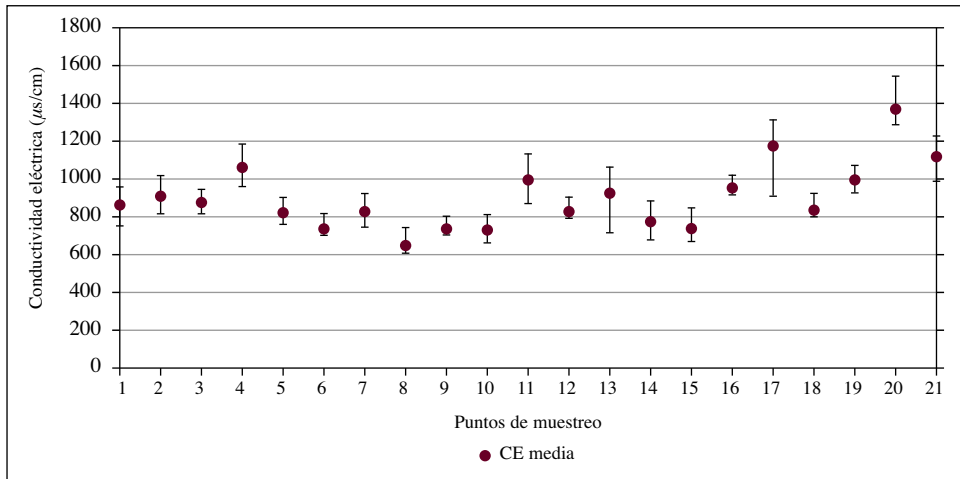


Fig. 10. Valores medios de la conductividad eléctrica por punto de muestreo.

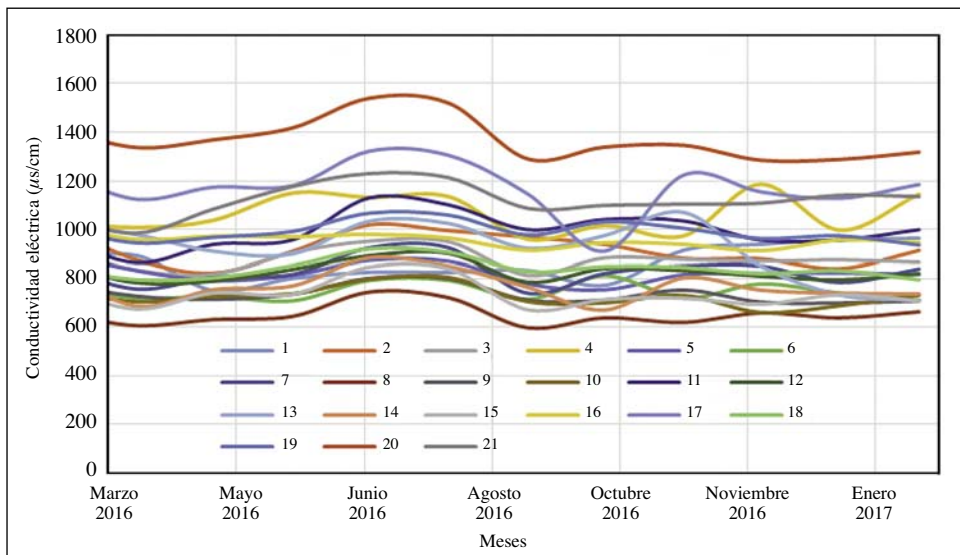


Fig. 11. Variación temporal de la conductividad eléctrica en los 21 puntos de muestreo entre febrero de 2016 y marzo de 2017.

Bolea y en Losanglis, el punto de muestreo en el casco urbano está alejado del manantial y el agua se calienta o enfría durante el transporte.

Los valores medios de la conductividad eléctrica (figs. 10 y 11) oscilan en torno a los 900 µS/cm 25 °C. Son más altos que los que se encuentran en

los manantiales kársticos del Prepirineo y reflejan la existencia de sales en los materiales del Mioceno. Esta influencia es más patente hacia el este de la zona de estudio, como se observa en las fuentes de Jara y Fornillos. Los rangos temporales son pequeños, como suele ser habitual en aguas subterráneas. Las variaciones en la fuente de Jara pudieran deberse a la influencia del vecino barranco de Manjarrés.

Caracterizaciones hidroquímicas de abril y septiembre de 2016

Se realizaron dos análisis más completos en los muestreos de abril y septiembre de 2016 (tablas IV y V). Los resultados puntuales señalan que las aguas son relativamente homogéneas, con una clara influencia en la geología local donde abunda el carbonato cálcico en suelos y areniscas. La presencia de evaporitas está asociada con las arcillas del Mioceno subyacente que dan valores más elevados de algunos iones como magnesio, sodio y potasio, en Jara y Fornillos.

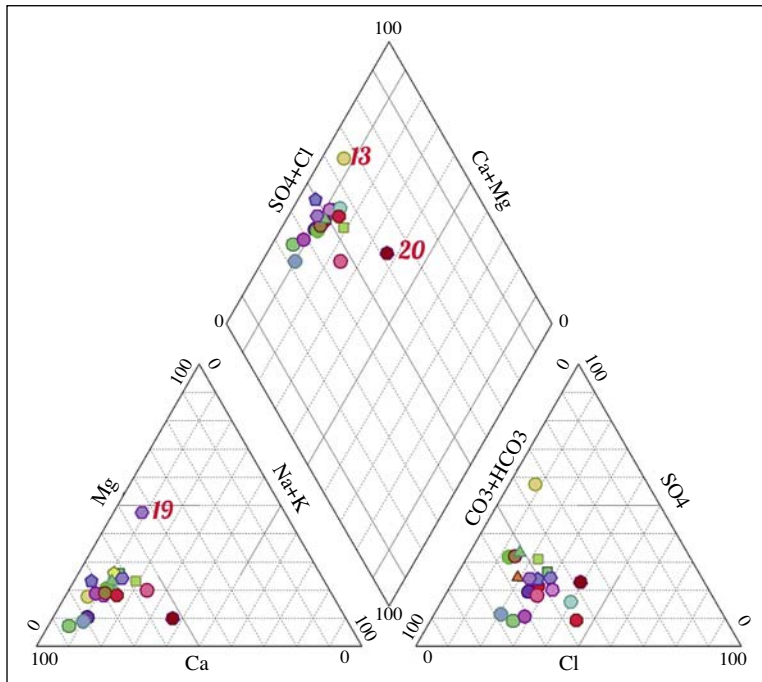


Fig. 12. Diagrama de Piper (abril de 2016).

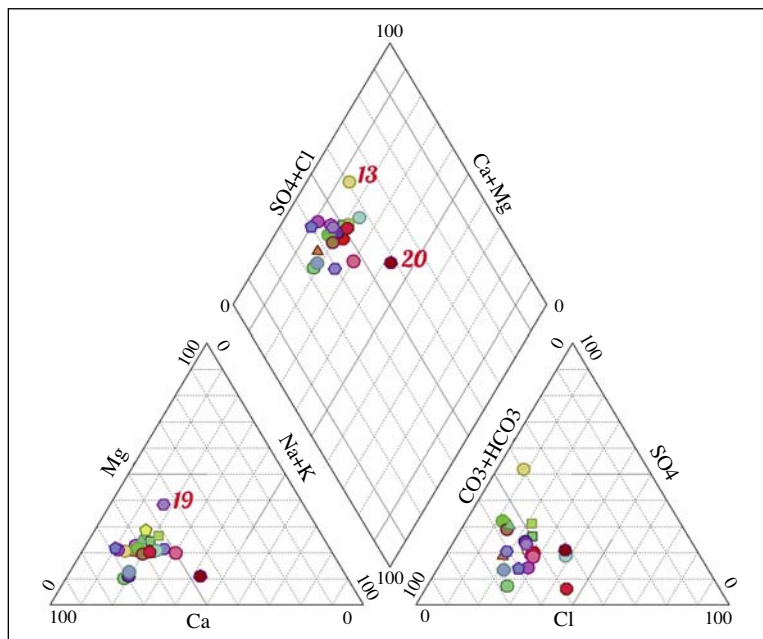


Fig. 13. Diagrama de Piper (septiembre de 2016).

Los diagramas de Piper de las figuras 12 y 13 refuerzan la conclusión de homogeneidad de las aguas muestreadas. Predomina lógicamente una clasificación de tipo bicarbonatado cálcica. De la agrupación se diferencian, una vez más, las fuentes de Lienas, vieja de Bolea (13) y vieja de Fornillos. No hay variaciones sensibles entre los dos muestreos.

Con objeto de observar las similitudes o diferencias en la composición química entre las muestras analizadas, a partir de los parámetros medidos, se ha aplicado un análisis factorial (análisis de componentes principales), cuyos resultados se visualizan en las figuras 14, 15 y 16. La conductividad eléctrica, los cloruros y el sodio, todos ellos atribuibles a la geoquímica natural por influencia de las evaporitas del Mioceno, están en la Componente 1. Por otro lado, los nitratos y la oxidabilidad, parámetros asociables con la contaminación antrópica, aparecen como Componente 2.

La aplicación de esta técnica a los conjuntos de abril y septiembre (figs. 15 y 16) también corrobora que el quimismo de las aguas subterráneas en

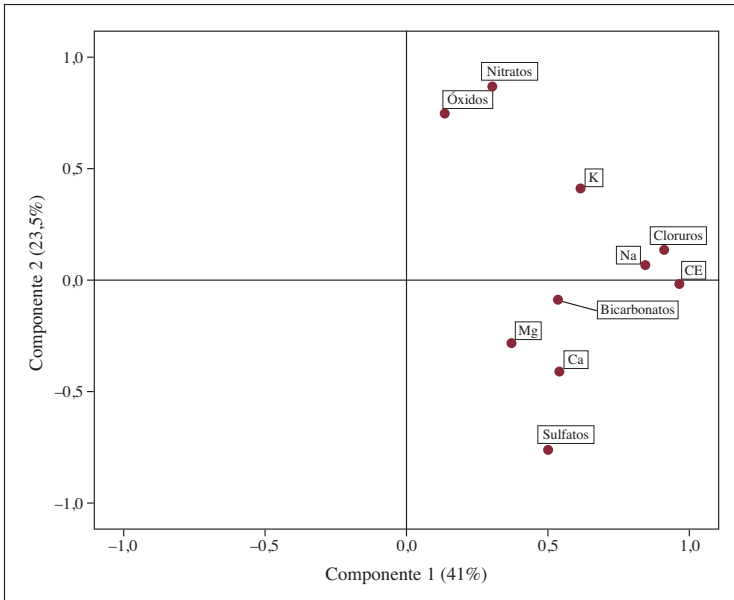


Fig. 14. Representación de los parámetros químicos sobre las dos componentes principales en análisis factorial.

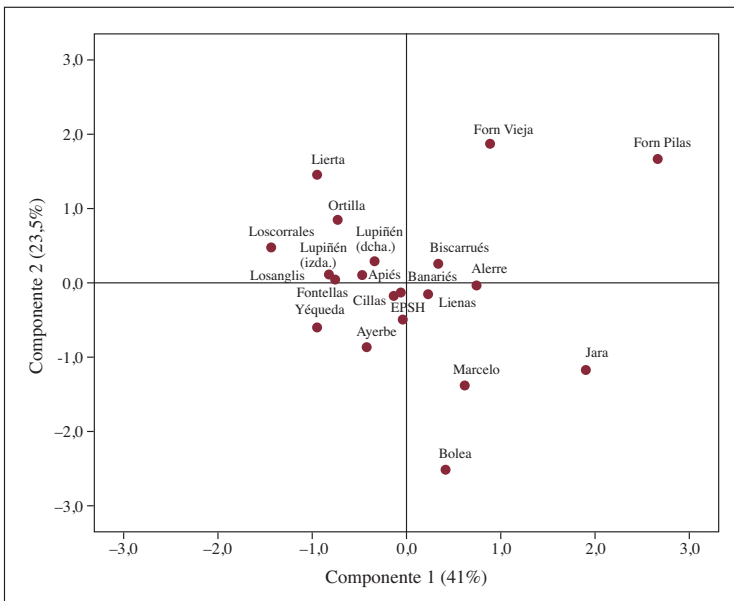


Fig. 15. Representación de las muestras sobre las dos componentes principales en análisis factorial. Muestreo de abril de 2016.

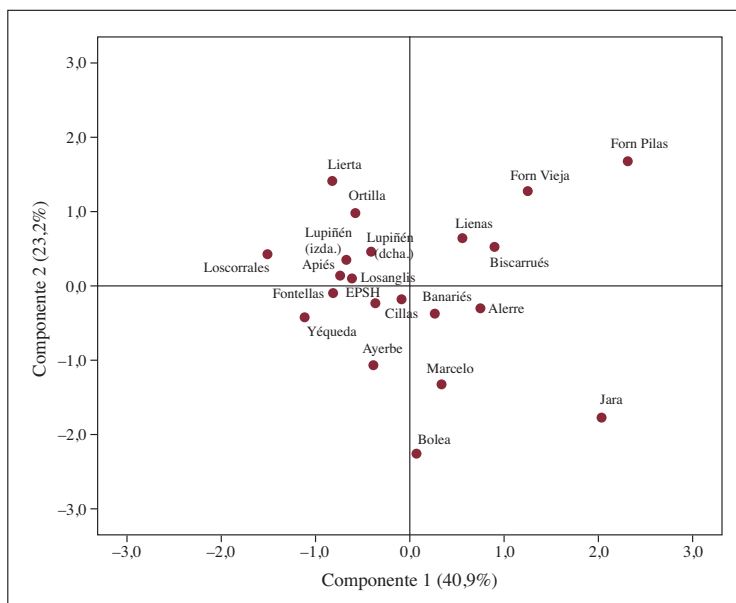


Fig. 16. Representación de los parámetros químicos sobre las dos componentes principales en análisis factorial. Muestreo de septiembre de 2016.

estos acuíferos no experimenta variaciones considerables en periodos de tiempo cortos.

Los resultados de la aplicación de WATEQF, que también se presentan en GRACIA (2017), son similares a los obtenidos en otros estudios ya publicados como ZUFIAURRE y cols. (2016). Las aguas presentan una saturación o ligera sobresaturación en calcita, otra vez en coherencia con la geología y la causa de los conocidos problemas de incrustación calcárea en electrodomésticos que usan agua caliente.

CONCLUSIONES

El artículo pone de manifiesto la presencia bastante general de la contaminación por nitratos en la zona occidental de la Hoya de Huesca que se ha mantenido a lo largo del año de estudio. Existen, sin embargo, interesantes excepciones que superan las declaraciones de zonas vulnerables por acuíferos y, desde luego, por municipios o comarcas, aunque sea lo más fácil a nivel administrativo.

Es evidente que el problema es antiguo y que no parece resolverse con las actuales medidas administrativas, por lo que habrá que convivir con el problema. La instalación de equipos de desnitrificación o el establecimiento de una red comarcal de abastecimientos de agua potable pueden paliar el problema.

Por último, sería conveniente definir una red de puntos de control del problema de los nitratos en las aguas subterráneas de la Hoya de Huesca, analizados con la adecuada frecuencia para evaluar la evolución del problema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ana Carmen Sauras que haya despertado nuestro interés por la presencia de nitratos en las aguas de la comarca. También la ayuda y la colaboración de José Antonio Manso y del resto del personal de los laboratorios de la Escuela Politécnica Superior de Huesca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEMET (2001). *Guía resumida del clima en España 1971-2000*. INM. Madrid.
- BOSQUE, J. (2015). *Hidroquímica de aguas superficiales y subterráneas del Somontano de Huesca*. Trabajo fin de grado de Ciencias Ambientales. EPSH. Huesca.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (2008-2011). *Informe sobre la masa de agua subterránea de la Hoya de Huesca (09.55)*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Madrid.
- CUCHÍ, J. A. (1998). Esquema general de las unidades hidrogeológicas del Alto Aragón. *Lucas Mallada*, 10: 87-105.
- GARRIDO, E. A., y A. AZCÓN (1994). Naturaleza y características de los aprovechamientos con aguas subterráneas al sur de las Sierras Exteriores pirenaicas. *Actas del Congreso Nacional de Agua y Medio Ambiente*: 15-25. TIASA. Madrid.
- GIMENO, Y. (1996). *Impacto del uso de agroquímicos (nitratos y fitosanitarios) en agricultura de secano. Aplicación al acuífero detrítico de Apiés (Huesca)*. Proyecto fin de carrera de Ingeniería Técnica en Explotaciones Agropecuarias. EUPH. Huesca.
- GIMENO, Y., y J. A. CUCHÍ (1994). Contaminación por nitratos en el acuífero de Apiés (Huesca). *Actas de la Semana Tecnológica del Medio Ambiente*: 77-82. Zaragoza.
- GIMENO, Y., y J. A. CUCHÍ (1997). Contaminación por nitratos en el acuífero de Apiés (Huesca). *Geológica*, 5: 59-71.

- GRACIA, O. (2017). *Evolución del contenido en nitratos en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca (marzo de 2016 – febrero de 2017)*. Proyecto fin de carrera de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Zaragoza.
- IGUAL, N. (2014). *Contaminación por nitratos en acuíferos del somontano altoaragonés*. Trabajo fin de grado de Ciencias Ambientales. EPSH. Huesca.
- LARREY, O., y J. LASAOSA (1994). *Estudio de las características hidroquímicas de las aguas subterráneas en el somontano de Huesca*. Proyecto fin de carrera de Ingeniería Técnica Industrial (Química). EUPH. Huesca.
- LARREY, O., J. C. LASAOSA, R. C. DÍAZ y J. A. CUCHÍ (1996). Niveles de ion nitrato en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca. *Kalium*, 5: 117-127.
- SÁNCHEZ, J. A. (1988). *Los recursos hídricos de las sierras de Guara y sus somontanos*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 27). Huesca.
- TRABA, L. (2015). *Caracterización hidroquímica del acuífero de Huesca*. Trabajo fin de grado de Ciencias Ambientales. EPSH. Huesca.
- ZUFIAURRE, R., L. TRABA y J. A. CUCHÍ (2015). Caracterización hidroquímica de aguas en la Hoya de Huesca. *Lucas Mallada*, 17: 17-44.

FLORA DE LOS MONTES MONZORRABAL Y SAN MIGUEL (AYERBE, HUESCA)

José Luis LEÓN¹
José Antonio CUCHÍ²

RESUMEN.— Este artículo tiene como objeto dar a conocer la composición florística de los montes Monzorrabal y San Miguel, pertenecientes al término municipal de Ayerbe. Para ello, mediante transectos por diferentes áreas representativas de los hábitats existentes en dichos montes y aplicando el mismo nivel de esfuerzo, se registraron los taxones presentes y se analizó su taxonomía, su corología y su composición en formas vitales. En total se detectaron 143 taxones en Monzorrabal y 116 en San Miguel, con predominio de los caméfitos y los hemcriptófitos entre los biotipos y el elemento mediterráneo entre las corologías presentes. La similitud entre ambos montes también fue evaluada mediante el índice de Jaccard, que ofreció un valor de 0,42.

ABSTRACT.— The purpose of this article is to expound the floristic composition of two hills belonging to the municipality of Ayerbe called Monzorrabal and San Miguel. To do so, the taxa found in those locations were recorded, and their taxonomy, corology and composition of vital forms were analysed, by means of transects by different representative areas of the existing habitats in these hills, and applying the same level of effort. A total of 143 taxa were detected in Monzorrabal and 116 in San Miguel, mainly chamaephytes and hemicriptophytes among vital forms, and the Mediterranean

Recepción del original: 16-1-2018

¹ genisthaconsultoria@gmail.com

² 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

element among the present corologies. The similarity between these mountains was also assessed using the Jaccard index, resulting in a value of 0.42.

KEY WORDS.— Floristic composition, monte Monzorrabal, monte San Miguel, Ayerbe, Huesca (Spain).

INTRODUCCIÓN

Monzorrabal y San Miguel son dos montes pertenecientes al término municipal de Ayerbe (Huesca). Separados por poco más de 3 kilómetros, han compartido usos a lo largo de su historia hasta la década de 1960, en que el monte San Miguel fue objeto de repoblación con coníferas para prevenir el aporte de sedimentos a la localidad de Ayerbe, sita al pie de sus inclinadas laderas (fig. 1). Este factor repoblación, junto con cambios en la presión antrópica, ha permitido una evolución de la vegetación en estos montes que, a primera vista, parecen tener una composición florística diferente.

Dar a conocer la flora de los montes Monzorrabal y San Miguel y evaluar las diferencias existentes entre ambos, son los grandes objetivos de este artículo.



Fig. 1. Foto aérea de San Miguel previa a la repoblación (vuelo americano serie B [1956-1957]) (izquierda); ortofoto del vuelo PNOA 2014, donde se observa el estado actual del monte con las manchas de pinar (derecha). (Fuente: Instituto Geográfico Nacional [IGN])

MATERIAL Y MÉTODOS

Caracterización de los montes Monzorrabal y San Miguel

La zona de estudio se encuentra situada al oeste de la comarca de la Hoya de Huesca (UTM 10 × 10 kilómetros: 30TXM98) (fig. 2). Monzorrabal se ubica al sur de la población de Ayerbe, en el límite de su término municipal con el de Loscorrales, alcanzando una cota máxima de 685 msnm. Por su parte, San Miguel, con una altitud de 703 msnm, flanquea el lado oeste de la población de Ayerbe. Entre ambos montes se extiende un paisaje agrario salpicado por alguna edificación y un pequeño parque industrial en las proximidades de Monzorrabal.

Según datos del *Atlas climático de Aragón* (<http://anciles.aragon.es/AtlasClimatico/>), el clima de la zona se clasifica como mediterráneo continental. La temperatura media anual alcanza los 13,5 °C, con veranos calurosos y frecuentes

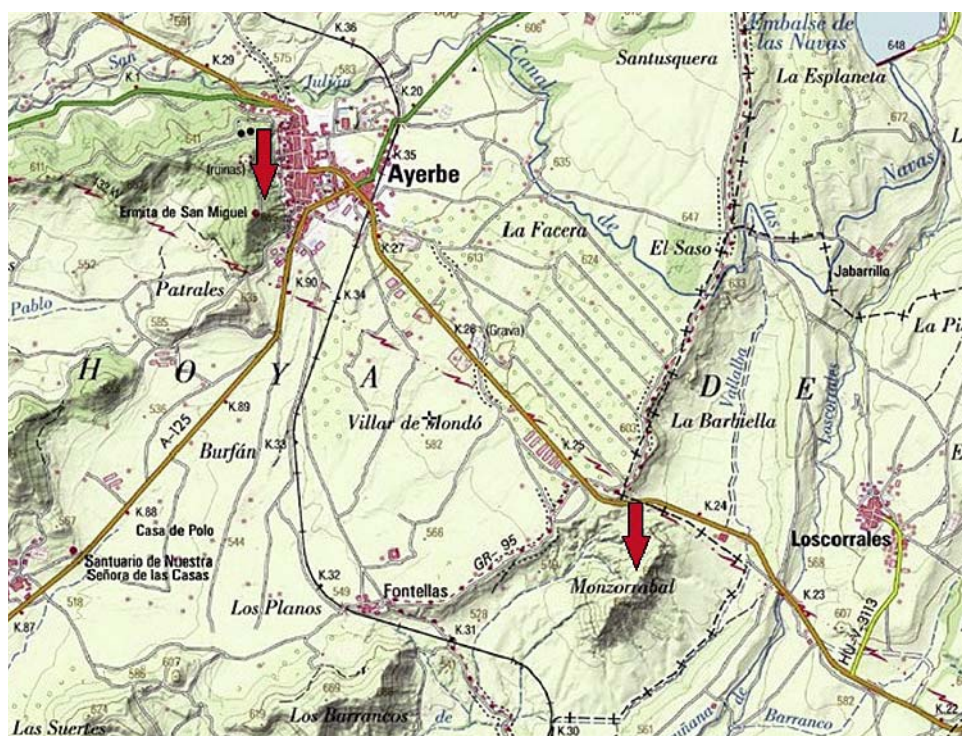


Fig. 2. Ubicación de los montes Monzorrabal y San Miguel.
(Fuente: Instituto Geográfico Nacional [IGN]) (Escala 1 : 25 000)

heladas de radiación durante los meses de invierno (hasta 43 días al año). La precipitación media anual es de 561,5 milímetros, con primavera y otoño como las estaciones más lluviosas, pero pudiendo darse intensas precipitaciones de tipo convectivo en verano.

Geológicamente, la zona de estudio se encuentra dentro de la orla de areniscas y arcillas del relleno mioceno de la cuenca del Ebro, que presenta una estratificación horizontal. Ambos montes son cerros testigos del desmantelamiento de estos materiales, que se encuentran en la zona distal del abanico de Luna. La geología, la irregularidad de las precipitaciones y la afeción a la vegetación han favorecido la formación de cárcavas.

Los suelos en ambos cerros son muy incipientes, dado el elevado grado de erosión. Pueden ser considerados como *litosoles* con algunas áreas de un mínimo desarrollo de un horizonte tipo A que pudiera calificarlos como tipo *inceptisol*. En la cara norte de Monzorrabal se observan eflorescencias salinas que son abundantes en el cruce de la cabañera con Vallaba, al este del cerro. Son de tipo salino sódico y favorecen la formación de procesos de sofusión. En algunos lugares (cima de Monzorrabal), es evidente la acumulación de materia orgánica de origen animal.

El uso antrópico de estos montes data ya de antiguo. En el monte San Miguel aparecen vestigios de lo que posiblemente fue una de las fortalezas musulmanas más norteñas de España (*Os Muros*) (MEDRANO y DÍAZ, 2013) (fig. 3). También existe una ermita de origen románico, hoy muy reformada, que da nombre al cerro. Asociados a estos restos aparecen bancales de cultivo (almendrales en la actualidad), detectándose también algunos rodales delimitados por una pared empedrada que actuaron como recintos ganaderos. Además de los anteriores usos, cabe pensar también en la extracción de madera como material de construcción o combustible y en aclareos del pinar actual.

Similares usos pueden atribuirse al hombre en Monzorrabal, a lo que habría que sumar la existencia de actividad minera, hoy abandonada, en las zonas más bajas. En este monte la mayor presencia de restos arqueológicos se concentra en la cima (fig. 3), donde encontramos la base de una antigua construcción medieval y alguna zona para el descanso del ganado. En todo caso, el nivel de presión antrópica actual sobre ambos montes parece haberse



Fig. 3. Restos del castillo de Ayerbe, en la cima de San Miguel (izquierda); restos arqueológicos en la cima de Monzorrabal (derecha).

reducido, limitándose a pastoreo en las partes más bajas de San Miguel y prácticamente inexistente en Monzorrabal.

Metodología

El trabajo de campo comenzó con una primera visita a los montes Monzorrabal y San Miguel. Tras ella, se seleccionaron las áreas a muestrear que se recogen en el anexo II de este artículo. La selección se realizó, en primer lugar, en el monte Monzorrabal, que por su orografía presenta mayores dificultades para el muestreo. Se eligieron tres áreas representativas, en diferentes orientaciones (al mostrarse este factor fundamental en la distribución de algunos taxones) y que, al menos en dos de ellas, permitían cubrir completamente el gradiente altitudinal del monte. Estas áreas fueron replicadas en el monte San Miguel en cuanto a sus dimensiones y orientación, y siempre en zonas con presencia de repoblación, para introducir este factor ambiental en los resultados. Las zonas de las áreas de muestreo más cercanas a los campos de cultivo no se muestrearon con el objeto de no introducir en los datos el “ruido” que aporta la flora nitrófila asociada a los mismos.

Como tipología de muestreo se optó por realizar transectos perpendiculares a la pendiente cubriendo el total de la superficie de las áreas seleccionadas. Durante los recorridos los diferentes taxones interceptados fueron identificados *de visu*. En algunos casos fue necesaria la toma de muestra

para su verificación en gabinete. Para el tratamiento taxonómico, se utilizó el criterio seguido en *Flora iberica* (CASTROVIEJO, 1986-2015). Para aquellas familias y géneros no desarrollados por *Flora iberica* se siguió el del *Atlas de la flora de Aragón* (IPE-CSIC y GOBIERNO DE ARAGÓN, 2005).

El muestreo incluyó todos los estratos de vegetación existentes, y tanto especies perennes como anuales. Ello obligó a la inclusión del factor temporal en el muestreo, para de esta forma incorporar la mayor parte de los terófitos presentes. Por tanto, las áreas de muestreo fueron visitadas con una periodicidad semanal, en los meses de abril y mayo de 2017, pasando la frecuencia a mensual entre los meses de junio y octubre. Para hacer los resultados comparables, se aplicó el mismo nivel de esfuerzo en ambos montes.

Para los taxones detectados se determinó cualitativamente su abundancia relativa en cada monte y se analizó la composición de formas vitales y corológicas. Para la clasificación de biotipos y corologías se siguió la recogida en el *Atlas de la flora de Aragón*.

La similitud entre montes se evaluó con el índice de similitud de Jaccard (IJ), cuya expresión es la que sigue:

$$IJ = c / (a + b - c)$$

donde c es el número de taxones comunes en Monzorrabal y San Miguel; a es el número de taxones en Monzorrabal y b es el número de taxones en San Miguel. El valor del índice de Jaccard oscila entre 0 (no hay taxones comunes) y 1 (la composición de taxones es similar).

RESULTADOS

La composición florística de los montes Monzorrabal y San Miguel se recoge en la tabla A.1 del anexo I de este artículo. La tabla también incluye la abundancia relativa de cada taxón en función del monte testado.

El muestreo proporciona una riqueza total de 143 taxones en Monzorrabal y 116 en San Miguel (182 taxones en conjunto) de los que solo 77 son compartidos por ambos montes. Con estos resultados el índice de Jaccard de similitud entre Monzorrabal y San Miguel toma un valor de 0,42.

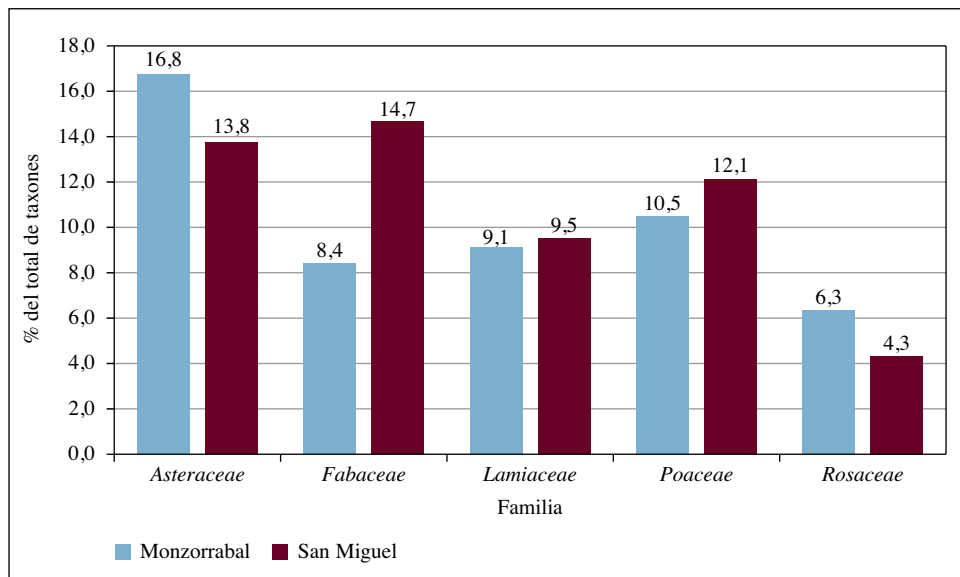


Fig. 4. Proporción del total de taxones para las familias taxonómicas más representadas en el muestreo en función del monte testado.

El análisis taxonómico también muestra que son 43 las familias presentes en el estudio, de las que 29 son compartidas entre montes (índice de Jaccard = 0,67) y están representadas 37 familias en Monzorrabal y 35 en San Miguel. En ambos montes las familias mayoritarias son *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae* y *Rosaceae*, aunque con importancia relativa diferente (fig. 4).

También entre formas vitales se observan diferencias entre Monzorrabal y San Miguel, si atendemos a los datos recopilados en la tabla I. El biotipo más representado en ambos montes son los hemicriptófitos, seguidos por caméfitos y terófitos, siendo estos últimos especialmente importantes en Monzorrabal. En general, la participación de cada biotipo en el total de taxones es muy similar entre montes. Sin embargo, no se puede decir lo mismo de la similitud entre los taxones dentro de un biotipo. Así, si atendemos al índice de Jaccard, la mayor similitud entre montes se da entre sus caméfitos y hemicriptófitos, aunque solo los caméfitos superan el valor de 0,50. Por contra, la coincidencia entre los terófitos y los geófitos de ambos cerros es muy baja.

Tabla 1. Número de taxones totales, en cada monte y compartidos entre montes para las formas vitales detectadas en el estudio.

Forma vital	Número de taxones				IJ ¹
	Ambos montes	Monzorrabal	San Miguel	Compartidos	
Caméfito	41	33	31	23	0,56
Fanerófito	24	15	19	10	0,42
Geófito	15	13	7	5	0,33
Hemicriptófito	57	48	37	27	0,47
Terófito	45	34	22	11	0,24

¹ Índice de Jaccard.

El análisis corológico muestra que el componente mediterráneo es el predominante en la flora de estos montes con una participación importante de taxones de amplia distribución (plurirregional y subcosmopolita) (fig. 5). Los taxones con corología eurosiberiana aparecen menos representados en el muestreo. Destaca también la presencia de 11 endemismos ibéricos.

Por último, señalemos que todos los taxones detectados tienen un origen autóctono salvo el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el ciprés común (*Cupressus sempervirens*) introducidos en la repoblación de San Miguel y algunas especies escapadas del cultivo como la alfalfa (*Medicago sativa*), el almendro (*Prunus dulcis*) y el azarollo (*Sorbus domestica*). Tanto el espectro corológico como el origen de los taxones son muy similares entre montes (datos no mostrados).

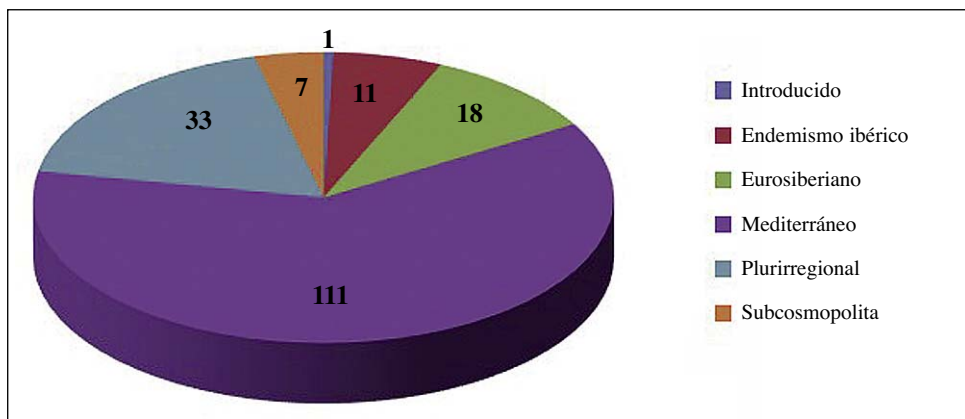


Fig. 5. Número de taxones en función del elemento corológico en ambos montes.

DISCUSIÓN

Comenzaremos la discusión de los resultados con una breve descripción de la vegetación en los montes estudiados que, junto con su caracterización (véase el apartado “Metodología”), puede ayudarnos a interpretar la composición florística recopilada en este artículo.

En el caso de Monzorrabal, lo primero que llama la atención es la existencia de varias tipologías de hábitat que responden, entre otros factores, a la orientación de sus laderas (fig. 6). Así, aquellas pendientes con predominio de la componente norte están densamente colonizadas por un estrato arbustivo donde predomina el boj (*Buxus sempervivens*), la aliaga (*Genista scorpius*) y el tomillo común (*Thymus vulgaris* subsp. *vulgaris*), sobre un manto denso de lastón (*Brachypodium retusum*), y con presencia de algunas rosáceas entre las que, en las zonas más bajas, el durillo negro (*Spiraea hypericifolia* subsp. *obovata*) es especialmente abundante. Con carácter testimonial aparecen alguna carrasca (*Quercus ilex* subsp. *ballota*), coscoja (*Quercus coccifera*) y enebro de la miera (*Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*). El espino negro (*Rhamnus lycioides* subsp. *lycioides*) y la hierba de las siete sangrías (*Lithodora fruticosa*) van ganando protagonismo a medida que nos acercamos a la cima.

Estas zonas de umbría son las menos diversas de Monzorrabal, muy probablemente por la elevada cobertura vegetal existente. Su composición florística las acerca a la de bojadas sustitutivas de carrascales o coscojares



Fig. 6. Umbría de Monzorrabal, donde se observa la elevada densidad de vegetación en la que el boj es el gran protagonista (izquierda); ladera en Monzorrabal con orientación suroeste, dominada por matorral bajo y enebro, y donde el boj no está presente (derecha).

(TENA, 2009). En sus zonas más abiertas predominan algunas asteráceas, y cistáceas junto al gamón (*Asphodelus cerasiferus*), testimonio de los usos pasados del monte, aunque dado el nivel de matorralización y la falta de evidencias encontradas, es posible que esos usos hayan cesado hace tiempo.

Frente a la umbría, la solana de Monzorrabal se caracteriza por una vegetación más rala donde predominan el enebro de la miera y el espino negro, en el estrato arbustivo. El matorral predominante está constituido por el tomillo vulgar y otras labiadas como el camedrio (*Teucrium chamaedrys*) o la candilera (*Phlomis lychnitis*), por fabáceas sufrútices entre las que destacan la hierba de la plata (*Argyrolobium zanonii* subsp. *zanonii*) y la hierba de la herradura (*Hippocrepis comosa*) y por diferentes apiáceas, cistáceas y compuestas. La cobertura herbácea sigue dominada por el lastón con presencia abundante en algunos puntos del albardín (*Lygeum spartum*). Esta composición florística sitúa a estos ambientes en el grupo de pastizales xerofíticos de vivaces y anuales (RÍOS y SALVADOR, 2009; BERASTEGI y cols., 2005), hábitat prioritario para su conservación (Hábitat 6220*) y que presenta una buena representación en el Prepirineo oscense (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2011).

Por último, destaca la composición florística de la cima de Monzorrabal. Mayoritariamente consiste en un tomillar con una participación de taxones muy similar a la expuesta para la solana y con elevada presencia de anuales entre las que sobresale *Linum strictum* subsp. *strictum* y de algunos geófitos como las campanetas (*Brimeura amethystina*) y varias orquídeas. Pero quizás lo más llamativo de Monzorrabal se encuentra en su punto de mayor altitud (fig. 7). Allí, cubriendo un área pequeña, aparece una comunidad no presente en otro lugar del monte y cuya composición de taxones se muestra en la tabla II.

Al analizar esta comunidad destaca el que una gran parte de los taxones tienen un marcado carácter nitrófilo y una especial afinidad por terrenos muy antropizados. La ubicación de esta comunidad coincide con la mayor presencia de restos arqueológicos en Monzorrabal, por lo que creemos que es el uso antrópico del monte la explicación más probable para la existencia de dicha comunidad. La utilización de la zona por el ganado para su tránsito o sesteo podría ser la causa del aporte de nitrógeno al suelo. Aun cuando la presión antrópica en Monzorrabal prácticamente ha desaparecido, esta comunidad sigue encontrando las condiciones adecuadas para su pervivencia.

Tabla II. Taxones solo presentes en la cima de Monzorrabal.

Familia	Taxón
Asteraceae	<i>Anacyclus clavatus</i> , <i>Bellis perennis</i> , <i>Carduus bourgeanus</i> , <i>Crepis albida</i> , <i>Silybum marianum</i> , <i>Tragopogon dubius</i>
Brassicaceae	<i>Alyssum simplex</i> , <i>Diplotaxis eruroides</i> subsp. <i>eruroides</i> , <i>Sisymbrium orientale</i>
Fabaceae	<i>Lathyrus filiformis</i> , <i>Medicago lupulina</i> , <i>Medicago sativa</i>
Geraniaceae	<i>Geranium molle</i>
Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> , <i>Phlomis herba-venti</i>
Linaceae	<i>Linum catharticum</i>
Malvaceae	<i>Althaea hirsuta</i>
Papaveraceae	<i>Papaver hybridum</i>
Poaceae	<i>Avena barbata</i> subsp. <i>barbata</i> , <i>Bromus diandrus</i> , <i>Hordeum murinum</i> subsp. <i>leporinum</i> , <i>Phleum pratense</i> subsp. <i>bertolonii</i> , <i>Poa pratensis</i>
Ranunculaceae	<i>Adonis microcarpa</i> , <i>Ranunculus bulbosus</i>
Rubiaceae	<i>Galium verum</i> subsp. <i>verum</i>
Valerianaceae	<i>Valerianella discoidea</i>

Por lo que respecta al monte San Miguel, señalemos que, aunque la repoblación ya cuenta con unos sesenta años de desarrollo, los pinos no son, en general, de gran porte (fig. 7). El pino utilizado es el carrasco, que por sus características se adapta bien a las laderas con notable erosión de San Miguel, aunque aquí las condiciones climáticas comienzan a alejarse de su óptimo mediterráneo. Junto al pino aparece algún ciprés común especialmente en las laderas con orientación sur.

La presencia del pino sí parece tener un efecto homogeneizador sobre la composición de la vegetación del sotobosque. En este caso, no es tan claro el efecto solana-umbría descrito en Monzorrabal. Es posible que el pinar contribuya a mitigar los efectos climáticos asociados con la orientación. En cualquiera de las orientaciones muestreadas, el sustrato herbáceo básico sigue siendo el lastón, aunque con menor densidad que en Monzorrabal, muy probablemente debido al sombreado. En cuanto al matorral, aliaga y tomillo son muy abundantes, y comparten importancia con la bocha blanca (*Dorycnium pentaphyllum* subsp. *pentaphyllum*) y el romero (*Rosmarinus officinalis*) especie no detectada en Monzorrabal. Son también frecuentes, como en el anterior monte, la hierba de la plata, la de la herradura y algunas



Fig. 7. Comunidad nitrófila en la cima de Monzorrabal (izquierda); pinar de repoblación en San Miguel, con el estrato arbustivo dominado por el enebro de la miera (derecha).

compuestas como la cuchara de pastor (*Rhaponticum coniferum*), la hierba pincel (*Staehelina dubia*) o el abrótnano hembra (*Santolina chamaecyparissus* subsp. *squarrosa*).

Pero quizás la diferencia que más llama la atención entre montes es el cambio en el estrato arbustivo. En San Miguel no hemos detectado boj durante los recorridos y se observa una elevada presencia de ejemplares de enebro de la miera, algunos de gran tamaño y porte arbóreo (que pertenecerían a la subespecie *badia*). Al enebro le acompañan diferentes ramnáceas y la madreselva (*Lonicera etrusca*) que parece en fase de expansión.

La mayor diversidad de ambientes en las laderas y cima de Monzorrabal estaría en la explicación del valor más alto de riqueza total detectada en este monte frente al repoblado (143 taxones frente a 116). SANZ y cols. (2009) obtuvieron un resultado similar al comparar la riqueza entre una zona de matorral y un pinar de repoblación de pino silvestre, resultado que atribuyen a las limitaciones que impone el mayor sombreado en las áreas repobladas. Sin embargo, en nuestro caso este resultado debe ser matizado. La presencia en la cima de Monzorrabal de una comunidad ruderal, con elevado número de taxones, eleva la riqueza total de este monte frente a San Miguel. De hecho, si eliminamos los taxones solo presentes en la cima de Monzorrabal, la riqueza total de ambos montes es similar.

Sin embargo, lo que no se iguala es la similitud entre montes que presenta unos valores del índice de Jaccard siempre por debajo del 45%. SANZ y cols. (2009) también detectan similitudes bajas entre áreas repobladas y zonas de

matorral cercano, aumentando la similitud con el descenso en la densidad de pies introducidos. Este resultado nos hace pensar que el factor repoblación puede estar en la explicación de las diferencias en la composición florística de nuestros montes, aunque, sin duda, a ellas también contribuirán otros factores abióticos, así como de usos históricos o actuales.

Sin embargo, la mayor homogeneidad en las condiciones ecológicas atribuibles a la repoblación no se traduce en diferencias entre montes en la complejidad de la comunidad vegetal presente. Aunque como señalan los resultados, los taxones dentro de cada biotipo son poco coincidentes entre Monzorrabal y San Miguel, el porcentaje representado de cada biotipo en cada monte es muy similar, especialmente si eliminamos de los datos los taxones presentes únicamente en la cima de Monzorrabal (donde predominan hemicriptófitos y, sobre todo, terófitos). JIMÉNEZ y cols. (2006) atribuyen a las masas repobladas una menor estructuración de la vegetación por el uso de elevadas densidades de pies. La explicación estaría en un elevado sombreado que como señalan SANZ y cols. (2009) excluye la entrada desde las zonas de matorral cercanas de las especies más heliófilas. No parece ser el caso de San Miguel donde el pino no crece con elevada densidad y abundan taxones propios de espacios más abiertos.

Sí queremos señalar que un análisis cuantitativo nos permitiría evaluar de una forma más eficiente las diferencias de diversidad y complejidad en la estructura de la vegetación entre ambos montes. Su ausencia ha intentado compensarse con la abundancia relativa de cada taxón en función del monte testado y con el análisis de los biotipos. Queremos plasmar aquí algunos taxones con muy poca presencia de individuos en los montes testados. Así, en Monzorrabal destacamos *Aster linosyris*, *Helianthemum hirtum*, *Klasea flavescens* subsp. *leucantha*, *Medicago orbicularis*, *Picris hispanica* o *Thymus loscosii* (fig. 8). Por su parte, en San Miguel citar a *Anacamptis pyramidalis*, *Juniperus phoenicea* subsp. *phoenicea*, *Ononis minutissima*, *Orchis purpurea*, *Rhamnus infectoria* o *Ulmus glabra* entre otros.

Algunas de las anteriores citas son taxones endémicos de gran importancia, como es el caso del tomillo sanjuanero (*Thymus loscosii*), taxón incluido a nivel estatal en el *Listado de especies silvestres en régimen de protección especial* (RD 139/2011, de 4 de febrero) y catalogado como

especie de flora de interés especial en el *Catálogo de especies amenazadas de Aragón* (Decreto 181/2005, de 6 de septiembre, del Gobierno de Aragón). Este tomillo, que presenta en Ayerbe uno de sus cinco principales núcleos poblacionales de Aragón (GOÑI y GUZMÁN, 1999 [citados por el *Atlas de la flora de Aragón*]), únicamente lo hemos detectado en Monzorrabal.

El análisis corológico indica el carácter mediterráneo de estos montes, pero no es despreciable el número de especies con origen eurosiberiano (alrededor de un 10% de los taxones en ambos montes). La explicación podría encontrarse en que nos hallamos en una zona de transición entre los ambientes pirenaicos y los de la depresión del Ebro. Ello se traduce en que para algunos taxones la zona se sitúa muy próxima a sus límites de distribución en la provincia de Huesca, como es el caso del romero (solo detectado en San Miguel), para el que la zona de estudio está muy cercana a su límite de distribución hacia el norte en el Prepirineo noroccidental, o del boj (únicamente detectado en la umbría de Monzorrabal), en su colonización hacia el sur de la provincia.

Junto con la aislada comunidad nitrófila de la cima de Monzorrabal, el comportamiento del boj en este cerro es de los aspectos más curiosos observados en este artículo y, quizás, merecedor de un estudio más profundo. Aunque las características ecológicas presentes reducen el hábitat potencial



Fig. 8. Individuo de *Klasea flavescens* subsp. *leucantha* detectado en Monzorrabal (izquierda); detalle de la floración de un ejemplar de tomillo sanjuanero (*Thymus loscosii*) en la umbría de Monzorrabal (derecha).

del boj a la umbría, en ella encuentra unas condiciones que le permite proliferar con una elevada densidad de retoños y con una dirección de colonización preferente hacia la cima del monte, muy posiblemente por la menor competencia por el espacio en las áreas más elevadas y favorecido por el abandono de usos, especialmente el pastoreo (TENA, 2009).

CONCLUSIONES

El estudio florístico de los montes Monzorrabal y San Miguel ha detectado un total de 182 taxones (143 presentes en Monzorrabal y 116 en San Miguel). Ambos montes comparten 77 taxones, lo que resulta en un valor del índice de similitud de Jaccard de 0,42.

Las formas vitales con mayor participación en la flora de dichos montes son los hemcriptófitos, seguidos por caméfitos y terófitos. La mayor similitud entre montes se da entre sus caméfitos y sus hemcriptófitos, con baja coincidencia entre sus terófitos.

El elemento corológico mediterráneo es el más representado en ambos montes.

Se ha detectado la presencia de tomillo sanjuanero en Monzorrabal. También son aspectos destacables el comportamiento del boj en la umbría de Monzorrabal, la presencia de una comunidad nitrófila en la cima de este cerro y que el romero se halle únicamente en San Miguel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atlas de la flora de Aragón* (2005-2015). Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC).
- BERASTEGI, A., J. PERALTA, M. OLANO y J. LOIDI (2005). La transición entre los pastizales mesoxerófilos templados y los mediterráneos en las montañas cantábricas y prepirenaicas (Navarra, NE de la península ibérica). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 141-2: 91-95.
- CASTROVIEJO, S. (coord.) (1986-2015). *Flora iberica*. Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid.
- Decreto 181/2005, de 6 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se modifica parcialmente el Decreto 49/1995, de 28 de marzo, de la Diputación General de Aragón, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. *BOA*, n.º 114, de 23 de septiembre de 2005.

- GOBIERNO DE ARAGÓN (2011). 6220 – Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del Thero-Brachypodietea. *Región mediterránea. Manual de gestión del hábitat: ficha de manejo y conservación*. Disponible en http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/TEMAS_MEDIO_AMBIENTE/AREAS/BIODIVERSIDAD/08_Red_Natura2000/6220_HIC_MED.pdf [consulta: 17/10/2017].
- GOÑI, D., y D. GUZMÁN (1999). *Estudios para la conservación de Thymus loscosii Willk. Informe para el Gobierno de Aragón*. Gobierno de Aragón. Jaca.
- JIMÉNEZ, L., F. MARTÍNEZ y M. COSTA (2006). Estudio comparado de la diversidad florística en masas de origen natural y repoblado de *Pinus sylvestris* L. en la sierra de Guadarrama (Sistema Central). *Invest. Agrar.: Sist. Recur. Fo.*: 111-123.
- MEDRANO, M., y M. A. DÍAZ (2013). El topónimo, el castillo y los recintos ganaderos de Ayerbe. *Saldvie*, 13-14: 117-124.
- 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. *BOE*, n.º 46, de 23 de febrero de 2011.
- RÍOS, S., y F. SALVADOR (2009). 6220 – Pastizales xerofíticos mediterráneos de vivaces y anuales (*). En *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. 88 pp.
- SANZ, C., N. LÓPEZ y P. MOLINA (2002). Influencia de las repoblaciones forestales en la evolución de las comunidades vegetales y orníticas de la sierra de los Filabres (Almería). *Ería*, 58: 157-176.
- TENA, D. (2009). 5110 – Formaciones estables xerotermófilas de *Buxus sempervirens* en pendientes rocosas (*Berberidion* p. p.). En *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. 67 pp.

ANEXO I. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA
DE LOS MONTES MONZORRABAL Y SAN MIGUEL

Tabla A.1. Taxones y abundancia relativa de la flora detectada en los montes Monzorrabal y San Miguel.

Familia	Taxón	Monzorrabal	San Miguel
Aphyllantaceae	<i>Aphyllantes monspeliensis</i> L.	M	M
Apiaceae	<i>Bupleurum fruticoscens</i> subsp. <i>fruticoscens</i> Loefl. ex L.	C	M
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> subsp. <i>carota</i> L.	R	
Apiaceae	<i>Eryngium campestre</i> L.	C	M
Apiaceae	<i>Thapsia villosa</i> L.	R	R
Asteraceae	<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	*	
Asteraceae	<i>Artemisia herba-alba</i> Asso	M	R
Asteraceae	<i>Aster linosyris</i> (L.) Bernh.	RR	
Asteraceae	<i>Aster sedifolius</i> L.	C	
Asteraceae	<i>Atractylis humilis</i> L.		M
Asteraceae	<i>Bellis perennis</i> L.	*	R
Asteraceae	<i>Bombycilaena erecta</i> (L.) Smolj.	M	R
Asteraceae	<i>Carduncellus monspelliensium</i> All.	R	R
Asteraceae	<i>Carduus bourgeanus</i> Boiss. & Reut.	*	
Asteraceae	<i>Catananche caerulea</i> L.		M
Asteraceae	<i>Centaurea ornata</i> Willd.	R	
Asteraceae	<i>Crepis albida</i> Vill.	*	
Asteraceae	<i>Echinops ritro</i> subsp. <i>ritro</i> L.	C	C
Asteraceae	<i>Helichrysum stoechas</i> subsp. <i>stoechas</i> (L.) Moench	C	M
Asteraceae	<i>Klasea flavescens</i> subsp. <i>leucantha</i> (Cav.) Cantó & Rivas	RR	
Asteraceae	<i>Klasea pinnatifida</i> (Cav.) Cass. ex Talavera	R	R
Asteraceae	<i>Pallenis spinosa</i> subsp. <i>spinosa</i> (L.) Cass.		R
Asteraceae	<i>Picris hispanica</i> (Willd.) P. D. Sell	RR	
Asteraceae	<i>Rhaponticum coniferum</i> (L.) Greuter	CC	CC
Asteraceae	<i>Santolina chamaecyparissus</i> subsp. <i>squarrosa</i> (DC.) Nyman	C	C
Asteraceae	<i>Scorzonera angustifolia</i> L.	C	C
Asteraceae	<i>Senecio lagascanus</i> DC.	R	
Asteraceae	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	*	

*Taxón solo presente en la cima de Monzorrabal. CC, muy común. C, común. M, moderadamente común. R, raro. RR, muy raro.

Tabla A.1. (Continuación)

Familia	Taxón	Monzorrabal	San Miguel
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	M	M
Asteraceae	<i>Stachelina dubia</i> L.	C	C
Asteraceae	<i>Taraxacum</i> gr. <i>officinale</i>	C	C
Asteraceae	<i>Tragopogon dubius</i> Scop.	*	
Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i> subsp. <i>vulgare</i> L.	R	
Boraginaceae	<i>Lithodora fruticosa</i> (L.) Griseb.	C	M
Brassicaceae	<i>Alyssum simplex</i> Rudolphi	*	
Brassicaceae	<i>Diploaxis eruroides</i> subsp. <i>eruroides</i> (L.) DC.	*	
Brassicaceae	<i>Erucatum nasturtiifolium</i> subsp. <i>nasturtiifolium</i> (Poir.) O. E. Schulz	R	R
Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i> subsp. <i>rugosum</i> (L.) All.	R	
Brassicaceae	<i>Sisymbrium orientale</i> L.	*	
Buxaceae	<i>Buxus sempervirens</i> L.	M	
Caprifoliaceae	<i>Lonicera etrusca</i> G. Santi		M
Caryophyllaceae	<i>Dianthus pungens</i> subsp. <i>hispanicus</i> (Asso) O. Bolòs & Vigo	R	
Caryophyllaceae	<i>Herniaria fruticosa</i> L.	R	R
Caryophyllaceae	<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i> (Moench) Garcke		R
Chenopodiaceae	<i>Salsola vermiculata</i> L.	M	
Cistaceae	<i>Fumana ericifolia</i> Wallr.	R	R
Cistaceae	<i>Helianthemum apenninum</i> subsp. <i>apenninum</i> (L.) Mill.	M	M
Cistaceae	<i>Helianthemum cinereum</i> subsp. <i>rotundifolium</i> (Dunal) Greuter & Burdet	C	
Cistaceae	<i>Helianthemum hirtum</i> (L.) Mill.	RR	
Cistaceae	<i>Helianthemum marifolium</i> subsp. <i>marifolium</i> (L.) Mill.	R	
Cistaceae	<i>Helianthemum oleandicum</i> subsp. <i>italicum</i> (L.) Ces.		R
Cistaceae	<i>Helianthemum salicifolium</i> (L.) Mill.	R	
Convolvulaceae	<i>Convolvulus lineatus</i> L.	M	R
Convolvulaceae	<i>Cuscuta epithimum</i> (L.) L.	M	M
Crassulaceae	<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau	C	C
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L.		RR
Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>badia</i> (H. Gay) Debeaux		RR
Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i> L.	M	CC

Tabla A.1. (Continuación)

Familia	Taxón	Monzorrabal	San Miguel
Cupressaceae	<i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>phoenicea</i> L.		RR
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia exigua</i> subsp. <i>exigua</i> L.	R	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia minuta</i> Loscos & Pardo		R
Fabaceae	<i>Argyrolobium zanonii</i> subsp. <i>zanonii</i> (Turra) P. W. Ball	C	C
Fabaceae	<i>Astragalus incanus</i> subsp. <i>incanus</i> L.	M	M
Fabaceae	<i>Coronilla minima</i> subsp. <i>lotoides</i> (W. D. J. Koch) Nyman	M	M
Fabaceae	<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W. D. J. Koch		RR
Fabaceae	<i>Dorycnium pentaphyllum</i> Scop.	M	C
Fabaceae	<i>Genista scorpius</i> (L.) DC.	M	M
Fabaceae	<i>Hedysarum boveanum</i> subsp. <i>europaeum</i> Guitt. & Kerguélen	M	R
Fabaceae	<i>Hippocrepis ciliata</i> Willd.		R
Fabaceae	<i>Hippocrepis comosa</i> L.	CC	CC
Fabaceae	<i>Lathyrus filiformis</i> (Lam.) J. Gay	*	
Fabaceae	<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>delortii</i> (Timb.-Lagr.) O. Bolòs & Vigo		M
Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i> L.	*	M
Fabaceae	<i>Medicago minima</i> (L.) L.		R
Fabaceae	<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.	RR	
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i> L.	*	M
Fabaceae	<i>Ononis minutissima</i> L.		RR
Fabaceae	<i>Ononis spinosa</i> subsp. <i>spinosa</i> L.		R
Fabaceae	<i>Scorpiurus subvillosus</i> L.	M	C
Fabaceae	<i>Vicia monantha</i> subsp. <i>calcarata</i> (Desf.) Samp.		R
Fagaceae	<i>Quercus coccifera</i>	R	RR
Fagaceae	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>	R	R
Gentianeaceae	<i>Blackstonia perfoliata</i> subsp. <i>perfoliata</i> (L.) Huds.	M	C
Gentianeaceae	<i>Centaurium pulchellum</i> (Sw.) Druce	R	M
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	R	
Geraniaceae	<i>Geranium columbinum</i> L.		R
Geraniaceae	<i>Geranium molle</i> L.	*	R
Globulariaceae	<i>Globularia vulgaris</i> L.		R
Iridaceae	<i>Gladiolus communis</i> L.	R	
Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	*	
Lamiaceae	<i>Lavandula latifolia</i> Medik	R	R

Tabla A.1. (Continuación)

Familia	Taxón	Monzorrabal	San Miguel
Lamiaceae	<i>Phlomis herba-venti</i> L.	*	
Lamiaceae	<i>Phlomis lychnitis</i> L.	CC	C
Lamiaceae	<i>Prunella laciniata</i> (L.) L.		RR
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.		C
Lamiaceae	<i>Salvia lavandulifolia</i> subsp. <i>lavandulifolia</i> Vahl	M	M
Lamiaceae	<i>Salvia pratensis</i> L.	R	R
Lamiaceae	<i>Salvia verbenaca</i> L.	M	M
Lamiaceae	<i>Sideritis fruticulosa</i> Pourr.		M
Lamiaceae	<i>Sideritis hirsuta</i> L.	R	
Lamiaceae	<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>capitatum</i> L.	M	M
Lamiaceae	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	CC	C
Lamiaceae	<i>Teucrium gnaphalodes</i> L'Hér.	M	
Lamiaceae	<i>Thymus loscosii</i> Willk.	RR	
Lamiaceae	<i>Thymus vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i> L.	CC	C
Liliaceae	<i>Allium</i> sp.	R	
Liliaceae	<i>Allium sphaerocephalon</i> L.	M	
Liliaceae	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	R	R
Liliaceae	<i>Asphodelus cerasiferus</i> J. Gay	CC	CC
Liliaceae	<i>Brimeura amethystina</i> (L.) Salisb. ex Chouard	C	
Liliaceae	<i>Merendera montana</i> (Loefl. ex L.) Lange	R	
Liliaceae	<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.	R	
Linaceae	<i>Linum catharticum</i> L.	*	
Linaceae	<i>Linum narbonense</i> L.	C	C
Linaceae	<i>Linum strictum</i> subsp. <i>strictum</i> L.	CC	M
Malvaceae	<i>Althaea hirsuta</i> L.	*	
Oleaceae	<i>Jasminum fruticans</i> L.		RR
Orchidaceae	<i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich.		RR
Orchidaceae	<i>Ophrys fusca</i> subsp. <i>fusca</i> Link	M	M
Orchidaceae	<i>Ophrys scolopax</i> Cav.	R	R
Orchidaceae	<i>Orchis purpurea</i> Huds.		RR
Orobanchaceae	<i>Orobanche amethystea</i> subsp. <i>amethystea</i> Thuill.	R	
Orobanchaceae	<i>Orobanche gracilis</i> Sm.	R	
Papaveraceae	<i>Papaver hybridum</i> L.	*	
Pinaceae	<i>Pinus halepensis</i> Mill.		CC
Plantaginaceae	<i>Plantago albicans</i> L.	R	
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	M	M

Tabla A.1. (Continuación)

<i>Familia</i>	<i>Taxón</i>	<i>Monzorrabal</i>	<i>San Miguel</i>
<i>Plumbaginaceae</i>	<i>Limonium hibericum</i> Erben	RR	
<i>Poaceae</i>	<i>Aegilops geniculata</i> Roth		R
<i>Poaceae</i>	<i>Arrhenatherum album</i> (Vahl) W. D. Clayton	R	
<i>Poaceae</i>	<i>Avena barbata</i> subsp. <i>barbata</i> Pott	*	R
<i>Poaceae</i>	<i>Avenula bromoides</i> subsp. <i>bromoides</i> (Gouan) H. Scholz	M	M
<i>Poaceae</i>	<i>Avenula pratensis</i> subsp. <i>iberica</i> (St.-Yves) Romero Zarco		C
<i>Poaceae</i>	<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) Beauv.		R
<i>Poaceae</i>	<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) Beauv.	CC	CC
<i>Poaceae</i>	<i>Bromus diandrus</i> Roth	*	
<i>Poaceae</i>	<i>Bromus erectus</i> subsp. <i>erectus</i> Huds.	C	M
<i>Poaceae</i>	<i>Bromus rubens</i> subsp. <i>rubens</i> L.		R
<i>Poaceae</i>	<i>Bromus sterilis</i> L.		M
<i>Poaceae</i>	<i>Carex halleriana</i> Asso	R	
<i>Poaceae</i>	<i>Dactylis glomerata</i> subsp. <i>hispanica</i> (Roth) Nyman	R	R
<i>Poaceae</i>	<i>Desmazeria rigida</i> subsp. <i>rigida</i> (L.) Tutin		C
<i>Poaceae</i>	<i>Elymus repens</i> subsp. <i>repens</i> (L.) Gould		R
<i>Poaceae</i>	<i>Hordeum murinum</i> subsp. <i>leporinum</i> (Link.) Arcang.	*	
<i>Poaceae</i>	<i>Koeleria vallesiana</i> subsp. <i>vallesiana</i> (Honckeny) Gaudin	M	M
<i>Poaceae</i>	<i>Ligium spartum</i> L.	C	R
<i>Poaceae</i>	<i>Phleum pratense</i> L.	*	
<i>Poaceae</i>	<i>Poa annua</i> L.	M	
<i>Poaceae</i>	<i>Poa pratensis</i> L.	*	
<i>Poaceae</i>	<i>Vulpia unilaterales</i> (L.) Boiss.	M	
<i>Polygalaceae</i>	<i>Polygala rupestres</i> Pourr.		M
<i>Primulaceae</i>	<i>Anagallis foemina</i> Mill.	R	
<i>Primulaceae</i>	<i>Coris monspeliensis</i> subsp. <i>monspeliensis</i> L.		M
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Adonis microcarpa</i> DC.	*	
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	*	R
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus gramineus</i> L.	R	
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Thalictrum tuberosum</i> L.	M	M
<i>Resedaceae</i>	<i>Reseda lutea</i> subsp. <i>lutea</i> L.	R	R
<i>Resedaceae</i>	<i>Reseda phyteuma</i> L.	R	

Tabla A.I. (Continuación)

<i>Familia</i>	<i>Taxón</i>	<i>Monzorrabal</i>	<i>San Miguel</i>
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Rhamnus alaternus</i> subsp. <i>alaternus</i> L.	M	M
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Rhamnus infectoria</i> L.		RR
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Rhamnus lycioides</i> subsp. <i>lycioides</i> L.	C	M
<i>Rosaceae</i>	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	R	R
<i>Rosaceae</i>	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench.	R	
<i>Rosaceae</i>	<i>Potentilla neumanniana</i> Rchb.	M	M
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D. A. Webb	RR	
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus spinosa</i> L.	M	
<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa agrestis</i> Savi	R	
<i>Rosaceae</i>	<i>Sanguisorba minor</i> subsp. <i>balearica</i> (Bourg. ex Nyman) Muñoz Garm. & C. Navarro	R	R
<i>Rosaceae</i>	<i>Sanguisorba verrucosa</i> (Link ex G. Don) Ces.		RR
<i>Rosaceae</i>	<i>Sorbus domestica</i> L.	RR	RR
<i>Rosaceae</i>	<i>Spiraea hypericifolia</i> subsp. <i>obovata</i> (Waldst. & Kit. ex Willd.) H. Huber	M	
<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium aparine</i> subsp. <i>aparine</i> L.	M	M
<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium lucidum</i> subsp. <i>fruticescens</i> (Cav.) O. Bolòs & Vigo	M	M
<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium verum</i> subsp. <i>verum</i> L.	*	
<i>Rubiaceae</i>	<i>Rubia peregrina</i> L.	M	C
<i>Rubiaceae</i>	<i>Sherardia arvensis</i> L.	M	M
<i>Santalaceae</i>	<i>Thesium humifusum</i> DC.	R	R
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Bartsia trixago</i> L.	R	
<i>Ulmaceae</i>	<i>Ulmus glabra</i> Huds.		RR
<i>Valerianaceae</i>	<i>Valerianella discoidea</i> (L.) Loisel.	*	
<i>Valerianaceae</i>	<i>Valerianella eriocarpa</i> Desv.		RR

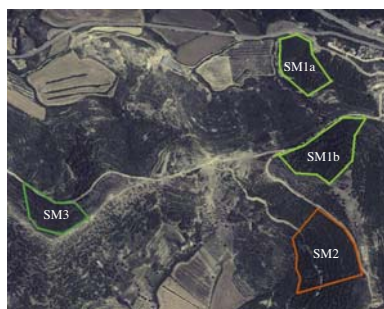
**ANEXO II. ÁREAS DE MUESTREO
EN LOS MONTES MONZORRABAL Y SAN MIGUEL**



Áreas de muestreo en monte Monzorrabal (MZ). Ortofoto PNOA 2014. Escala 1 : 10 604. (Fuente: Instituto Geográfico Nacional [IGN])

Dimensiones y orientación preferente de las áreas de muestreo en monte Monzorrabal (MZ).

Área	Dimensiones (ha)	Orientación (tipo)
MZ1	5,94	NNO
MZ2	1,92	OSO
MZ3	1,53	SSO



Áreas de muestreo en monte San Miguel (SM). Ortofoto PNOA 2014. Escala 1 : 10 604. (Fuente: Instituto Geográfico Nacional [IGN]).

Dimensiones y orientación preferente de las áreas de muestreo en monte San Miguel (SM).

Área	Dimensiones (ha)	Orientación (tipo)
SM1a	2,18	NNO
SM1b	3,41	NNO
SM2	2,12	OSO
SM3	1,40	SSO

LOS ALUDES EN EL ALTO ARAGÓN: TIPOLOGÍA, ZONAS DE PELIGRO, DAÑOS Y VÍCTIMAS

Emilio LEO¹
José Antonio CUCHÍ²

RESUMEN.— Este artículo resume el estado de la cuestión sobre las víctimas de avalanchas de nieve en el Alto Aragón desde 1953 hasta la primavera de 2017.

ABSTRACT.— This paper summarizes the key data on snow-avalanche casualties in the Alto Aragón from 1953 until the spring of 2017.

KEY WORDS.— Snow-avalanche, casualties, Alto Aragón, Huesca (Spain).

INTRODUCCIÓN

Los aludes de nieve son uno de los riesgos naturales característicos de la zona montañosa de la provincia de Huesca. Por sus consecuencias han atraído la atención pública y generado una abundante literatura periodística, deportiva, técnica y científica, no siempre fácil de localizar, en especial muchos documentos en papel de la época preelectrónica. En la línea de

Recepción del original: 8-2-2018

¹ Subdelegación del Gobierno en Huesca. Unidad de Protección Civil. Plaza de Cervantes, 1. E-22071 HUESCA. emilioa.leo@correo.gob.es

² 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

recoger y resumir los aspectos más importantes, primeras síntesis se presentaron en LEO (2000) y LEO y CUCHÍ (2004*a, b*). Estos documentos evaluaban el problema, indicaban una serie de áreas problemáticas y presentaban un listado de víctimas en el periodo 1954-2004. Entre las conclusiones se veía oportuno mantener una base de datos sobre avalanchas y víctimas.

Desde entonces se ha producido un sensible aumento de la frecuentación en la zona innivada altoaragonesa, especialmente en estaciones de esquí y urbanizaciones asociadas (LASANTA, 2010; LASANTA y cols., 2013). Esto supone un incremento del número de esquiadores y *snowboarders* en los dominios esquiables de las estaciones de esquí y en su periferia. También ha aumentado el número de aficionados al esquí de montaña y al uso de raquetas fuera de zonas controladas. Se han producido, lamentablemente, varios accidentes graves.

La información sobre aludes concretos también es mayor con la publicación de varios trabajos específicos: CUCHÍ y cols. (2008*a, b*), JULIÁN y CHUECA (2009), CHUECA y JULIÁN (2010), MERINO y cols. (2010), PALOMO (2010), HURTADO y cols. (2011), JULIÁN y CHUECA (2012), CUCHÍ y cols. (2012), FÁBREGAS y cols. (2012), HURTADO y cols. (2012), y RIVERO y cols. (2013). Un tema de interés son los periodos de retorno mediante dendrocronología. Primeros datos se han presentado en MERINO y cols. (2010) y MUNTÁN (2016).

Por otro lado, en los últimos años se detecta una mayor sensibilidad hacia este riesgo. Se ha creado un centro especializado en Canfranc (Alurte). Ha aumentado sensiblemente la difusión de información por medios electrónicos, tanto de organismos oficiales (AEMET, Gobierno de Aragón, mediante la campaña Montañas Seguras y el 112 Aragón) como algunas iniciativas privadas. Además, hay una mayor formación de los diversos actores directamente implicados: gestores de carreteras, personal de las estaciones de esquí, predictores meteorológicos, rescatadores, técnicos, científicos y montañeros. Un asunto que está tomando cierto interés es el mantenimiento de las infraestructuras de defensas, en especial en la Estación Ferroviaria Internacional de Los Arañones y las predicciones locales de riesgo de aludes que realizan para consumo interno las administraciones de carreteras.

Por ello, en la línea de la publicación anterior, el objetivo de este artículo es actualizar y resumir la información hasta 2017 sobre la tipología de los

aludes, las zonas de peligro y riesgo y, fundamentalmente, el listado de víctimas por aludes en el Alto Aragón.

TIPOS DE ALUDES

Durante los últimos años, el estudio de varios aludes específicos y observaciones diversas, junto con los evidentes avances en la captación y la difusión de imágenes, ha permitido mejorar sensiblemente la información. Los tres tipos básicos de aludes —nieve suelta, placas y fusión— se dan en el Pirineo altoaragonés. En general, no suelen ser aludes de fondo, pero hay algunos buenos ejemplos de esta tipología como la del pico Labata (Ansó).

Un tema clave es el origen de los aludes. En la mayoría de los casos registrados, no es fácil dilucidar si son espontáneos o autoprovocados. Los que afectan a los núcleos urbanos o vías de comunicación son espontáneos. En el caso de deportistas fuera de dominios protegidos, se admite que un porcentaje significativo son autoprovocados. Hay que tener en cuenta que cuando hay víctimas mortales, se produce una evidente discreción dado que se producen las oportunas acciones judiciales.

Aludes de aerosol

Al contrario que en los Alpes y montañas de latitudes más elevadas, en el Pirineo hay pocas referencias a aludes con aerosol. A principios del siglo xx hubo dos grandes aludes que se suponía que podían ser de este tipo, uno en el balneario de Panticosa en febrero de 1915 y otro en Arañones en 1917 y calificado como “nieves volantes”. La escasa información de la época y la ausencia de nuevas observaciones hicieron pensar durante mucho tiempo que esta tipología no se daba en el Pirineo. Sin embargo, concuerdan con este tipo las imágenes y descripción de Jesús Ezquerro del alud del 2 de febrero de 1986 que destruyó la iglesia de Arañones (<http://canfranc-juanan.blogspot.com.es/2013/01/1985-alud-en-canfranc.html>). Se admite que eran del mismo tipo los que dañaron el refugio de Respomuso en febrero de 2002 y 2015, así como el gran alud que descendió por el barranco de La Canal en Ordesa, en febrero de 1996, y que ascendió por la orilla izquierda

de este valle con gran destrozo del bosque. Una reciente y evidente prueba son los aludes de la cara norte del valle de Pineta – Monte Perdido en febrero de 2012, que quedaron reflejados en varios vídeos (fig. 1a). Hasta la actualidad no se conoce que haya habido víctimas relacionadas con este tipo de aludes.

Aludes de placa

Sin una estadística específica, los aludes más comunes observados en el Pirineo oscense son de tipo placa caracterizados por sus claras cicatrices. Un ejemplo típico se observó el 23 de abril de 2013 en el pico Labata (Ansó), que se presenta en RIVERO (2013) (fig. 1b). Se ha comprobado que se pueden subdividir en aludes de placa seca y húmeda. Los primeros son propios del invierno. Los segundos, ya en primavera, se moldean por extrusión a lo largo de canales para incluso descender por debajo de la línea de nieve (Las Fajas, Ixeia). La mayor parte de las víctimas de aludes se relacionan con aludes tipo placa, provocados o espontáneos.

Aludes de fusión

Estos aludes se han señalado al final de la temporada en Canal Roya y otros lugares. Sin embargo, pueden producirse incluso en enero, como en el corredor de Las Fites en Benasque (SANZ y cols., 2013). La figura 1c presenta un ejemplo de diciembre de 2017. No se reconocen víctimas de este tipo de aludes.

Hundimiento de cornisas

A favor del viento dominante durante y tras las nevadas, generalmente de norte y noreste (cierzo), se generan cornisas en crestas. Zonas típicas son las laderas oeste del valle de Canfranc, con aludes típicos en las cabeceras de Secrás y, sobre todo, Estiviellas. Aludes de menores dimensiones se han detectado en corredores como los del pico del Águila, en Rioseta y en los diversos corredores de Tendeñera. Hay que reseñar que estos corredores son lugares de cierta frecuentación por montañeros.

Hundimientos de túneles en conos de aludes

A finales de la primavera y durante el verano, se producen túneles por el paso del agua en algunos conos de aludes en el fondo de los valles que evolucionan por hundimiento. Alguno de estos túneles, en Pineta, es demasiado accesible para los turistas, lo que ha provocado muertos por aplastamiento.

Caídas de seracs y bloques de hielo

La recesión de los glaciares ha supuesto que ya no haya caídas de *séracs*. Estas fueron habituales en el glaciar de la cara norte de Monte Perdido hasta, aproximadamente, 1990. En 1954 hubo dos muertos por esta causa. Por otro lado, se han producido algunos heridos por caídas de bloques de hielo, especialmente de escaladores de cascadas de hielo. Los últimos inviernos benignos han reducido la formación de las cascadas.



Fig. 1a. Alud de aerosol en Pineta, publicado en febrero de 2017.
(<https://www.youtube.com/watch?v=bQ-RoFSfMII>)



Fig. 1b. Alud de placa en el pico Labata en abril de 2013. (Foto: F. Rivero)



Fig. 1c. Alud de fusión en el puerto de la Picada en diciembre de 2017.
(<http://lameteoqueviene.blogspot.com.es>)

ALUDES Y METEOROLOGÍA

Evidentemente, hay una relación entre climatología y aludes. El volumen, el tipo y el momento de la innivación, así como la influencia del viento, son parámetros fundamentales para la formación de aludes. En general, las nevadas más importantes tienen procedencia atlántica, asociadas a vientos del norte y noroeste, con formación de placas y cornisas en las laderas protegidas. Nevadas con origen mediterráneo y vientos de direcciones poco habituales, como en 2009, pueden producir aludes poco observados incluso en las estaciones de esquí.

En el Pirineo del Alto Aragón se observa una clara variación anual en el número y tipología de los aludes. Por ejemplo, en febrero de 2009 hubo una pequeña crisis de aludes (Astún, Góriz, Guara), que también se reflejó en el número de evacuados de algunos establecimientos hosteleros en Benasque y Panticosa. Por el contrario, en otros años prácticamente no ha habido problemas. También se admite, a partir de observaciones locales, un ascenso del nivel permanente de innivación, entendiéndose por tal la altura mínima a la que se mantiene el manto nival durante los meses de invierno. También disminuye el espesor medio de la nieve que a 1800 metros, en el Pirineo central francés, se estima en 4,6 centímetros por decenio (MIQUEL, 2012). Un tema de debate es el efecto del cambio climático sobre la innivación pirenaica, por sus efectos en la viabilidad económica de las estaciones de esquí y en las reservas de agua para hidroelectricidad y riego. El tema desborda a este artículo, pero se señala que hay un desplazamiento de las grandes nevadas hacia el final del invierno y la primavera. Además, el aumento de las temperaturas implicará menos nieve y a cotas más altas, y nieve más húmeda, con el consiguiente aumento de los aludes de este tipo. En relación directa con la importancia del fenómeno, se han realizado avances tanto en el análisis del fenómeno, véase por ejemplo PALOMO y cols. (2008), como en la capacidad predictiva del riesgo de aludes, como se señala en SANZ y cols. (2013) a partir de su trabajo en la AEMET.

ZONAS DE PELIGRO Y RIESGO

La zona de peligro de aludes del Alto Aragón se circunscribe al Pirineo. En el Prepirineo no se han observado aludes ni indicios de los mismos, con la excepción de la cara norte del Puntón de Guara (CUCHÍ y cols., 2011).

Es evidente que la cartografía de zonas de peligro ha mejorado sustancialmente. A los trabajos iniciales de TOMICO (s. f.), MUÑOZ (1988), GONZÁLEZ-ROMERO (1993), SÁEZ-ALAGÓN (1993 y 1994) y LAMPRE (1994), se han añadido estudios más detallados. Se han realizado estudios sobre aludes concretos como el de las Tucas de Ixeia en el valle de Benasque estudiado por HURTADO y cols. (2012). El del pico Labata (Ansó), en abril de 2010, fue trabajado por RIVERO y cols. (2013). El más estudiado es el de Las Fajas cerca de La Sarra, en Sallent de Gállego (CUCHÍ y cols., 2008b; CHUECA y cols., 2009) que incluso cuenta con un estudio dendrocronológico como parte de una tesis doctoral (MUNTÁN, 2016). A partir de criterios básicamente topográficos, se ha confeccionado un *Estudio básico para el análisis y evaluación del riesgo de aludes desde el punto de vista de la protección civil en la Comunidad Autónoma de Aragón* (DGA, 2009) realizado por Pirinea Consultores técnicos y firmado por R. Hurtado y S. Fábregas. El trabajo no ha sido publicado, al contrario de lo realizado por el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC, 1997). Además, se han realizado trabajos sobre áreas específicas: Canal Roya, Alto Gállego, Piedrafita, Ordesa, Pineta, por JULIÁN y cols. (2000), CHUECA y JULIÁN (2010), PALOMO (2010) y CHUECA y cols. (2014). También hay cartografías ATES de Aneto-Llauset (Montañas seguras) y de Astún-Candanchú (Alurte). Las estaciones de esquí cuentan con sus Planes de Intervención y Desencadenamiento de Avalanchas (PIDA). En materia de carreteras siguen siendo válidos los trabajos de LÓPEZ-GUARGA y MIJANGOS (1994), LÓPEZ-GUARGA y cols. (1997), y LÓPEZ-GUARGA y SARASA (2000) (fig. 2).

La combinación de peligro, frecuentación y vulnerabilidad definen el riesgo. Las zonas de más riesgo de aludes son, evidentemente, las más frecuentadas por existir núcleos de población permanente, estaciones de esquí y sus vías de acceso. Sin embargo, los deportistas son más vulnerables dado que no están protegidos por medidas activas o pasivas contra las avalanchas.

Las zonas que se consideran de mayor riesgo son básicamente las presentadas en LEO y CUCHÍ (2004a), en parte porque uno de los efectos de la crisis de 2007 fue la ralentización de la urbanización en la alta montaña. Las excepciones fueron la apertura invernal de establecimientos hoteleros en la cabecera del valle de Benasque y en el balneario de Panticosa. Las zonas de más riesgo son la cabecera de los valles pirenaicos, en especial los del Aragón, Gállego (Sallent y Panticosa) y Benasque, por la presencia de

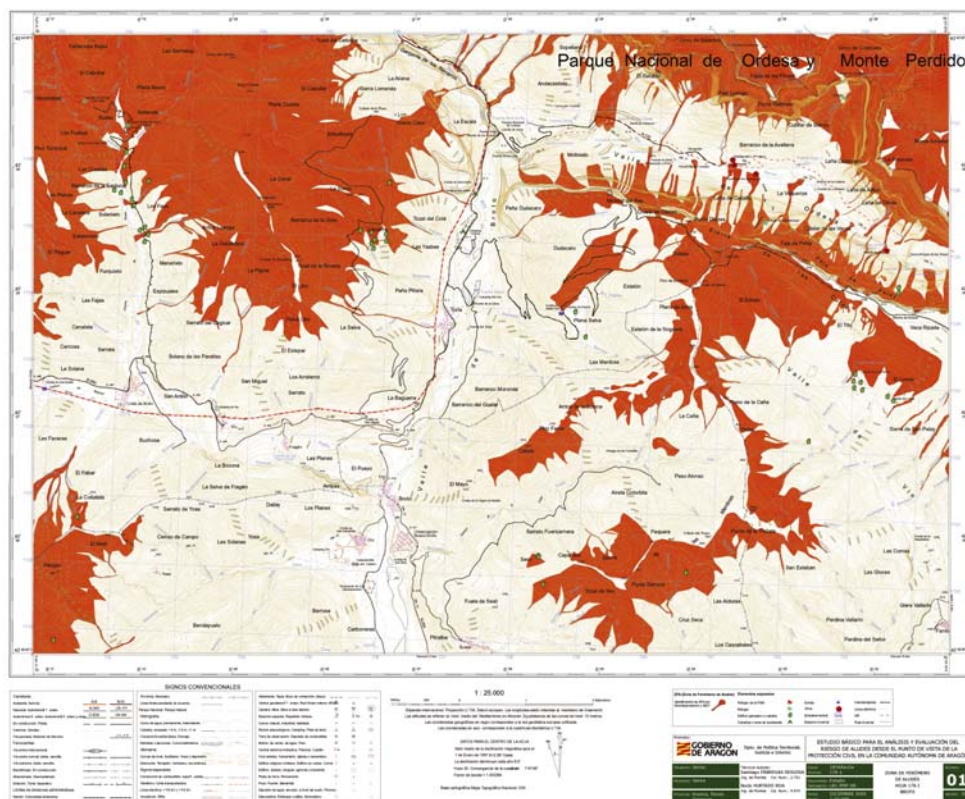


Fig. 2. Hoja 178-1 (Broto). *Estudio básico para el análisis y evaluación del riesgo de aludes desde el punto de vista de la protección civil.* DGA (2009).

estaciones de esquí, núcleos urbanos y establecimientos hoteleros, así como las vías de acceso que cruzan por ellas. También hay riesgo en los accesos al túnel de Bielsa, al Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y al valle de Bujaruelo. Los refugios de Respomuso y Góriz, y sus accesos, también son zonas de riesgo, y la pista que lleva al embalse de Llauset, por donde se accede al recientemente abierto refugio de Cap de Llauset, presenta un riesgo alto de aludes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se han recogido en una base de datos y se presentan en el anexo por su extensión. Evidentemente, la información más antigua es

muy limitada. De forma resumida se discuten a continuación algunos epígrafes sobre accidentes, víctimas y evacuados.

Accidentes

En la base de datos se han contabilizado un total de 106 accidentes. Es evidente que el número real es mayor dado que generalmente solo se publican los de mayores dimensiones, los que afectan a carreteras, zonas urbanas y establecimientos hosteleros. En los accidentes antiguos, la información disponible es fundamentalmente de hemeroteca. En los más recientes, la información más detallada procede de las intervenciones de los Grupos de Rescate Especial de Intervención en Montaña (GREIM) de la Guardia Civil, que tienen además la función de agentes de la autoridad. Estos registran todas las personas implicadas en un accidente, aunque resulten ilesas. Por otro lado, se detecta cierta tendencia a ocultar aquellos accidentes en la práctica de esquí de travesía que se resuelven mediante autorrescate y donde, como mucho, se producen heridos muy leves, así como los registrados en las inmediaciones de algunas estaciones de esquí fuera de las zonas balizadas.

La mayor parte de los accidentes, un 65,4%, corresponden a actividades deportivas englobadas genéricamente como montañismo. La práctica del montañismo en general supone un 48,6%, incluido el uso de raquetas y senderismo, pero no con esquís. La práctica del esquí de montaña ha supuesto el 11,2% de los accidentes. Los producidos en escalada en corredores son el 5,6%. El relativamente bajo porcentaje del esquí de travesía, una actividad creciente durante las dos pasadas décadas, puede ser debido bien al peso estadístico de los accidentados que se desplazaban a pie en las décadas previas o a la mayor información y precaución hacia los aludes por parte de los practicantes de esta modalidad, tal vez por efecto de los cursillos de formación.

El conjunto de practicantes de esquí en estaciones de esquí y su entorno inmediato supone el 23,4% de los accidentes. La aparición de los *snowboarders* era inevitable, en parte porque su número ha aumentado y también por su afición cultural a salir fuera de los dominios controlados.

Se han separado los accidentes laborales de los relacionados con las infraestructuras. Los accidentes laborales relacionados con aludes afectan a trabajadores que se encontraban trabajando en las estaciones de esquí y en

la limpieza de carreteras, que suponen un 3,7%. Es evidente que ha habido una mejora en la gestión del problema por parte de las estaciones de esquí a partir de las obligaciones impuestas por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, de un mejor conocimiento del manto nival y de la implementación de los Planes de Intervención de Riesgo de Avalancha (PIRA). En el tema de carreteras, además de las medidas en la N-330 (gazex en la boca sur del túnel de Somport y puente del Ruso, galería en La Raca, dique de desvío en el paso de las Vacas y predicción local de aludes en la N-330), la organización de los Consorcios del túnel Bielsa-Aragnouet y del Portalet han unificado el control del riesgo de avalanchas en ambos lados de estos puertos e incorporado metodologías francesas (ONF-RTM). Por último, la DGA ha comenzado a contratar asesorías externas para evaluar el problema de los aludes en las carreteras A-139, entre Benasque y el Hospital de esta localidad, así como en la A-2606, entre Panticosa y su balneario. Además, en ambas se han construido nuevas viseras antialudes. Un tramo carretero muy sensible a los aludes es el tramo entre la frontera francesa y la estación de Astún. Como accidentes en infraestructuras (6,5%) se incluyen los que han afectado a los refugios de montaña de Respomuso y Góriz, así como a usuarios de carreteras, especialmente a la carretera del balneario de Panticosa. Lamentablemente, pero previsible, aparece un accidente (0,9%) en labores de rescate. Es elevado el riesgo en estas operaciones, donde el tiempo en encontrar a los sepultados es un factor fundamental en su posible supervivencia (fig. 3).

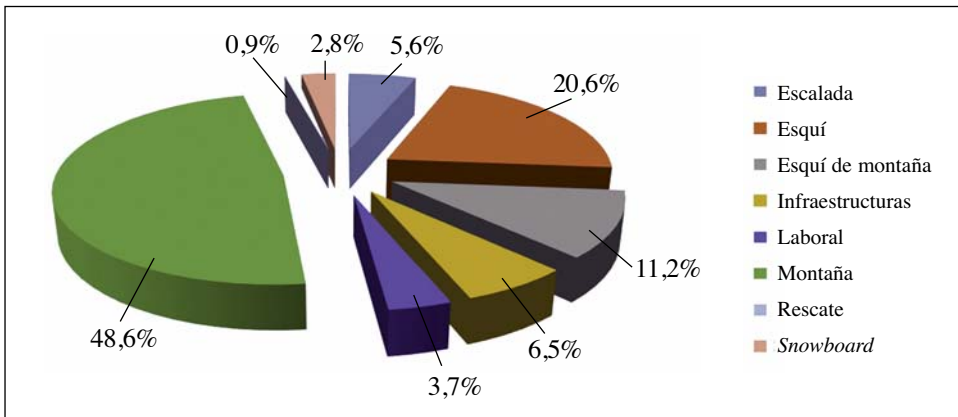


Fig. 3. Diagrama estadístico del número de accidentes por aludes con víctimas, según actividad, en la provincia de Huesca entre 1953 y 2017.

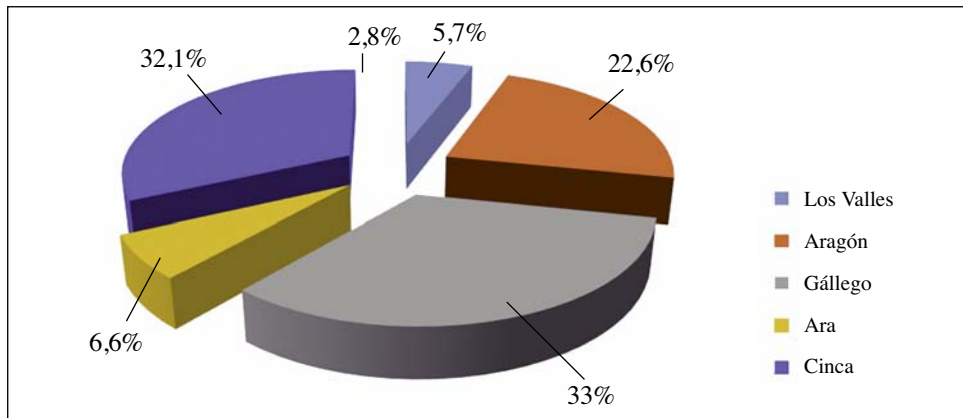


Fig. 4. Diagrama estadístico de accidentes con víctimas, por zonas, en la provincia de Huesca de 1953 a 2017.

Por zonas, la más afectada es el Alto Gállego, seguida por el valle del Cinca, que incluye el de Benasque. La cuenca del Aragón aparece en tercer lugar, quizás indicando la disminución de usuarios, frente al Gállego, que se ha señalado para sus estaciones de esquí. La cuenca del Ara registra menos incidentes, probablemente por la dificultad de los accesos a Ordesa (normalmente cerrada desde el puente de los Navarros) y de la pista a Bujaruelo. Los valles occidentales, aunque relativamente frecuentados por su cercanía a Navarra, tienen el menor número de accidentes. Aparentemente hay una relación directa entre frecuentación y riesgo (fig. 4).

Víctimas

Son 93 el número total de fallecidos registrados en la provincia de Huesca desde 1826. El dato más antiguo se refiere al alud que destruyó en aquel año el Hospital de Benasque donde fallecieron 5 mujeres. A partir de 1913, el número de fallecidos es de 82. Hay poca información sobre la Guerra Civil, donde solo hay documentada una víctima militar en el Malpaso de Canal Roya. Desde el alud de Rioseta de 1947, inicio de la estadística de este artículo, se han contabilizado 80 fallecidos.

A nivel nacional, desde 1976 se registraron 143 muertos, de los cuales 76, un 53%, fueron en el Alto Aragón. Este porcentaje se mantuvo aproximadamente en el periodo 1995-2017 (35 frente a 55, 64%) y 2006-2017 (15 frente a 27, 56%) (RODÉS, 1999 y RODÉS y MIRANDA, 2011).

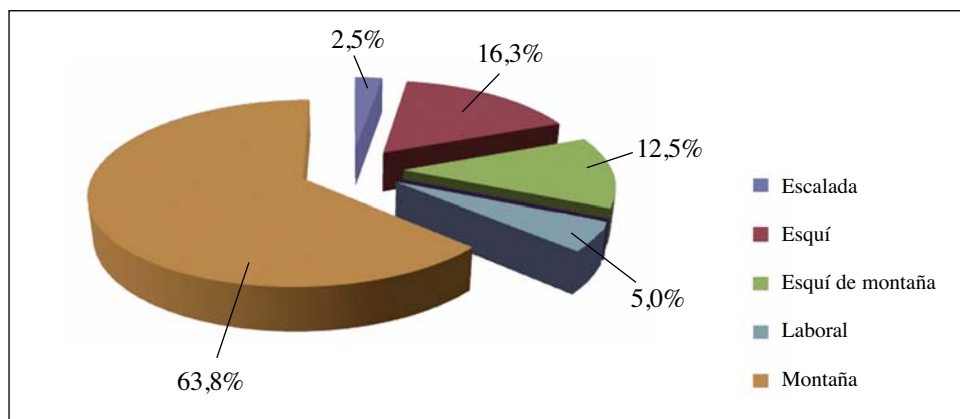


Fig. 5. Diagrama estadístico del número de fallecidos, por actividad, en la provincia de Huesca.

La figura 5 muestra la distribución de las víctimas por actividad. El porcentaje total de víctimas que hacían montañismo, con un total del 78,8% —63,8% para montaña, 12,5% para esquí de montaña y 2,5% para escalada—, prácticamente no ha bajado con respecto a los datos de 1953-2003, donde suponían el 81% (LEO y CUCHÍ, 2004b). Es evidente que este colectivo, que se mueve por un territorio no protegido, es el más afectado por los aludes y debiera ser objetivo preferente en una actividad de formación preventiva. Esquí alpino y *snowboard*, asociados a las estaciones de esquí, alcanzan el 16,3%, aumentando desde el 12% del periodo 1953-2003. Por el contrario, los accidentes laborales relacionados con aludes suponen un 3,7%, un descenso significativo con respecto al 7% del periodo 1953-2003.

Evolución temporal del número de víctimas

El análisis de la evolución temporal en el número de víctimas es interesante dado que puede dar pistas sobre la eficacia de las diversas medidas. La figura 6 presenta la distribución por decenios, donde destaca por su mortalidad el último del siglo XX, debido fundamentalmente a dos grandes accidentes en Benasque y Candanchú. Se observa una disminución posterior en el número de fallecidos, al tiempo que se produce un claro aumento en el número de heridos e ilesos. Este fenómeno es, al menos parcialmente, un efecto de la mejora en las técnicas de búsqueda (perros, ARVA), la implementación de la medicalización del rescate y el transporte mediante helicóptero, tanto

en el socorro como en la evacuación. También hay que reseñar la mejora en la calidad de las estadísticas.

Cabe destacar la tendencia ascendente en el número de víctimas que es más pronunciada en el caso de los ilesos y similar en el de fallecidos y heridos. En los tres casos tiene su origen en el aumento creciente de los accesos a la montaña.

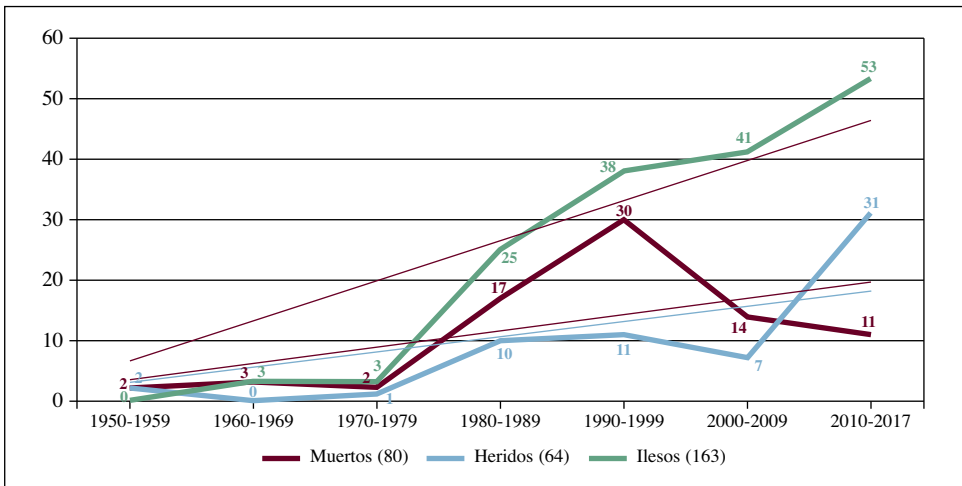


Fig. 6. Evolución por decenios en el número de muertos, heridos y afectados ilesos por aludes en la provincia de Huesca.

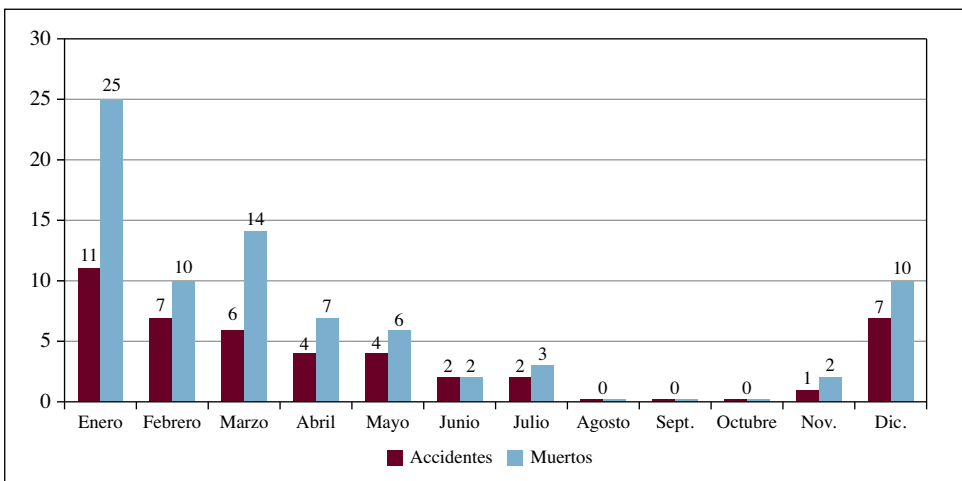


Fig. 7. Evolución en accidentes y fallecidos por meses en la provincia de Huesca.

Por meses (fig. 7), la mayor mortalidad se produjo en enero, mes de favorable meteorología. Evidentemente, los periodos festivos de Navidad y Semana Santa aumentan la frecuentación y, por tanto, el riesgo. Además, se observa que la relación víctimas / accidentes es mayor en enero y diciembre, indicando accidentes colectivos. Hay un descenso hacia el final de la primavera que parece afectar más a víctimas aisladas. Las víctimas en julio corresponden a una atípica caída de *séracs* del glaciar de Monte Perdido sobre una cordada militar en 1953.

Análisis de fallecidos por el lugar de origen

Uno de los temas de cierto interés es el origen de los fallecidos en el periodo 1953-2016, entre otras cosas por definir los colectivos de riesgo y señalar medidas preventivas. La mayor parte de los fallecidos procedían del País Vasco, al igual que lo presentado en LEO y CUCHÍ (2004), pero allí solo se consideraban las actividades en montañismo. Como se observa en la figura 8,

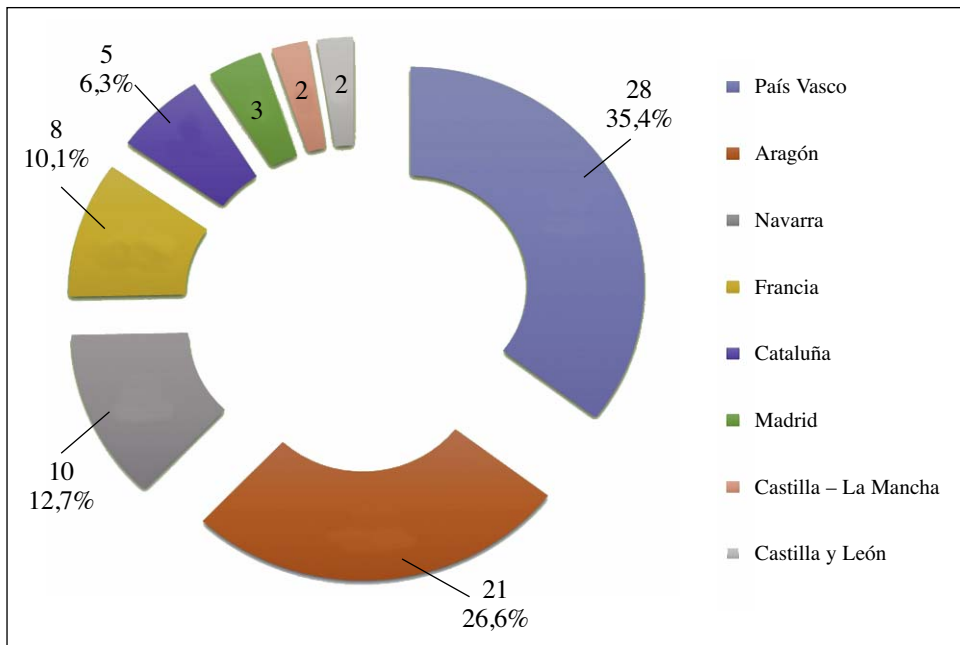


Fig. 8. Fallecidos por aludes en la provincia de Huesca entre 1946 y 2017, según su origen.

aumenta sustancialmente el número de aragoneses por haberse incluido esquiadores de alpino y trabajadores. Entre ambos componen prácticamente la mitad de los fallecidos. Navarros y franceses forman los siguientes colectivos, en un porcentaje menor, aunque se estima que una parte sustancial son montañeros y esquiadores de travesía. El resto tenía un origen diverso.

Evacuaciones

Directamente relacionado con los aludes están las evacuaciones de personas ilesas, entendiendo por tales personas aisladas pero no directamente implicadas en un accidente por aludes. La figura 9 presenta la evolución anual de evacuados. Se observa la fuerte variación interanual, con un claro pico en los años 2009 y 2010, en parte debido a la pequeña crisis de aludes del primer año. Mejoras en la información preventiva, incluidos cortes preventivos de accesos, y un cambio en la política hostelera han reducido el número de evacuados. La mayor parte de las evacuaciones (fig. 10) se ha realizado fundamentalmente de establecimientos hosteleros en el valle de Benasque (1367 personas) y del balneario de Panticosa (693 personas). En mucha menor medida eran personas aisladas en vehículos en las carreteras

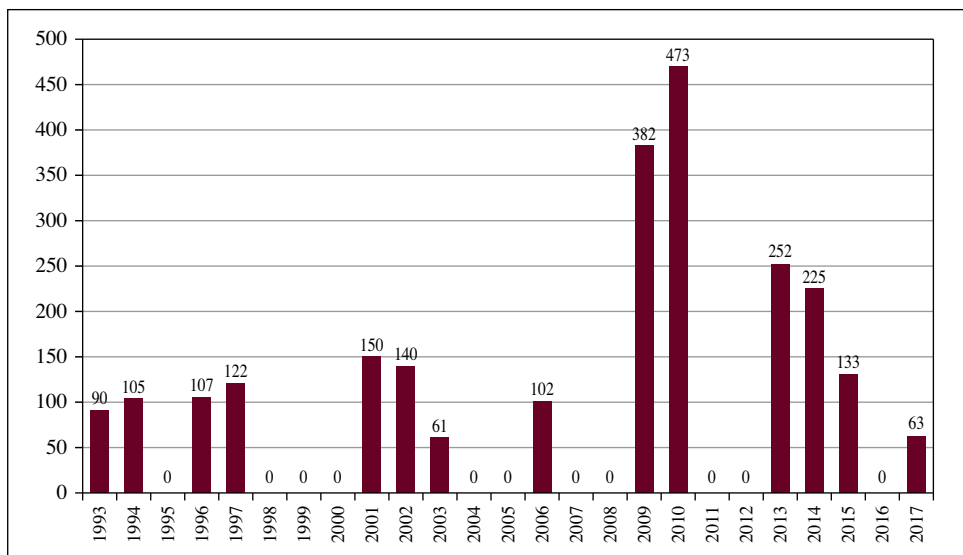


Fig. 9. Personas evacuadas por años en la provincia de Huesca.

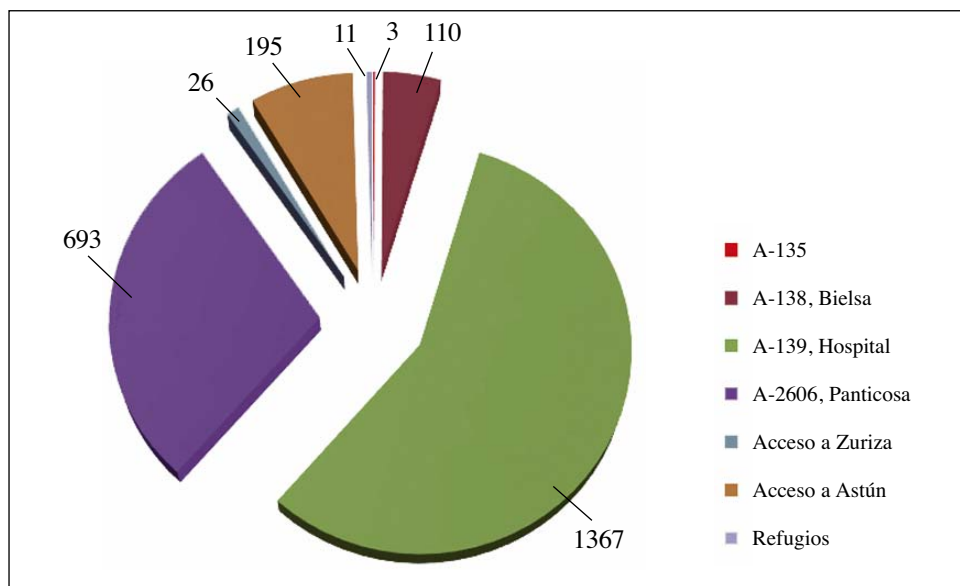


Fig. 10. Personas evacuadas por zonas en la provincia de Huesca.

y en refugios de montaña. Una parte importante de las evacuaciones se efectuó por tierra, pero hubo alguna importante evacuación mediante helicóptero desde el balneario de Panticosa.

Los accidentes han provocado una serie de actuaciones judiciales de tipo penal y civil. El tema, evidentemente, sobrepasa a este artículo. Información sobre esta cuestión se encuentra en AYORA (2012) y PICCIN (2012). Hay muy poca evaluación económica del efecto de los aludes en el Alto Aragón. SANZ y cols. (2013) indican que la avalancha del 8 de febrero de 1996 produjo 30 millones de pesetas de daños en el refugio de Respomuso.

CONCLUSIONES

En las pasadas décadas, ha aumentado el conocimiento sobre la problemática de los aludes en el Alto Aragón. Paralelamente, también lo ha hecho el riesgo sobre vidas y bienes en función del incremento de la urbanización en zonas de peligro, de la construcción de infraestructuras y el aumento de la actividad deportiva en zonas de peligro. La construcción de defensas pasivas y las técnicas activas reducen pero no anulan el riesgo. Poco a poco

se van incluyendo medidas de predicción local que mejoran el conocimiento del fenómeno. Desde las autoridades de protección civil se realizan sistemáticamente informes previos vinculantes en las actuaciones urbanísticas de lugares afectados por aludes, lo que mejora la prevención. Sin embargo, es necesario perseverar en la construcción de defensas de las infraestructuras y, muy importante, en su mantenimiento. A la vez habrá que impulsar las campañas de información y formación a los montañeros y esquiadores de montaña y fuera de pista, para que valoren con conocimiento el riesgo de los itinerarios utilizados. Y, por supuesto, la utilización de equipamientos que faciliten el rescate en caso de accidente (ARVA, pala, sonda, Avalung, ABS...).

El conocimiento de los aludes en España, su tratamiento, la prevención de los accidentes y su estudio deberían ser tratados sistemáticamente y no quedar en manos de iniciativas dispersas como hasta ahora.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Subdelegación del Gobierno en Huesca la información proporcionada, así como a diversos servicios de la DGA, la Jefatura del Servicio de Montaña, el GREIM de la Guardia Civil, la Escuela Militar de Montaña de Jaca, Aramón, AEMET, ACNA y A Lurte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYORA, A. (2012). Seguridad y responsabilidad en accidentes por aludes de nieve. *Acciones e Investigaciones Sociales*, 31: 7-38.
- CHUECA, J., A. JULIÁN, M. PALOMO, E. MUNTÁN, P. OLLER, M. BARRIENDOS y E. GUTIÉRREZ (2009). Factores geomorfológicos y nivometeorológicos condicionantes de aludes en el circo de Musales (Pirineo central aragonés): el evento de abril de 2008. En II Congreso Ibérico de la International Permafrost Association. Sigüenza. *Ambientes periglaciares, permafrost y variabilidad climática*: 47-54. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.
- CHUECA, J., y A. JULIÁN (2010). Cartografía de zonas probables de salida de aludes en el Alto Gállego (Pirineo central aragonés) mediante el empleo de sistemas de información geográfica. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 36 (1): 8-41.
- CHUECA, J., A. JULIÁN y A. MONTAÑÉS (2014). A proposal for avalanche susceptibility mapping in The Pyrenees using GIS: the Formigal-Peyreget area (Sheet 145-I; scale 1 : 25 000). *Journal of Maps*, 10: 203-210.

- CUCHÍ, J. A., E. LEO, O. AGUARTA, S. FÁBREGAS, R. HURTADO, C. BETRÁN, F. ESPEJO y L. CANCER (2008b). El alud del 23 de abril de 2008 en el barranco de Las Fajas. Sallent de Gállego (Huesca). *Lucas Mallada*, 13: 91 a 104.
- CUCHÍ, J. A., R. HURTADO, S. FÁBREGAS y C. POLO (2011). Avalanchas de la cara norte de la sierra de Guara. Primera aproximación. *Lucas Mallada*, 13: 105 a 118.
- CUCHÍ, J. A., R. HURTADO, S. FÁBREGAS, F. ESPEJO, J. REVUELTO y E. LEO (2012). La temporada de aludes 2009-2010 en el Alto Aragón. *Lucas Mallada*, 14: 55-67.
- DGA (1996). *Los aludes en el Pirineo aragonés. Planificación de la prevención y defensa*. Redactado por Naturaleza y Tecnología Aplicada, S. L. 2 tomos. 12 planos.
- DGA (2009). *Estudio básico para el análisis y evaluación del riesgo de aludes desde el punto de vista de la protección civil en la Comunidad Autónoma de Aragón*. Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior. Redactado por Pirinea Consultores Técnicos. Inédito.
- FÁBREGAS, F., y S. FÁBREGAS (2001). Los ingenieros de montes y los trabajos de defensa frente a los aludes en la provincia de Huesca. *Montes*, 65: 75-80.
- FÁBREGAS, S., R. HURTADO y J. MINTEGUI (2012). *The protection of Canfranc's international railway station against natural risk. Analysis and evaluation of its effectiveness 100 years later*. European Geoscience Union Congress 2012 (Vienna, Austria). Poster 1.
- GONZÁLEZ-ROMERO, A. (1993). La problemática de los aludes en el Pirineo de Huesca: medidas de protección. *Congreso Forestal Español. Lourizán. Ponencias y comunicaciones*. Tomo III: 87-90. Pontevedra.
- HURTADO, R., S. FÁBREGAS, J. A. CUCHÍ y C. MUR (2012). El alud de las Tucas de Ixeia (Benasque). 25 de febrero de 2010. *Montes*, 110: 14-19.
- HURTADO, R., S. FÁBREGAS, F. ESPEJO, J. REVUELTO, E. LEO FERRANDO y J. A. CUCHÍ (2011). La temporada de aludes 2009-2010 en el Alto Aragón. *Montes*, 117: 21-24.
- INSTITUTO CARTOGRÁFICO Y GEOLÓGICO DE CATALUÑA (1997). Mapa de zonas de aludes 1 : 25 000. 1 mapa. Accesible en <http://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Descargas/Cartografia-geologica-y-geotematica/Cartografia-de-riesgos-geologicos/Mapa-de-zonas-de-aludes-1-25.000>.
- JULIÁN, A., y J. CHUECA (1999). Cartografía de zonas probables de aludes en el valle de Ordesa. (Pirineo aragonés). *Geographicalia*, 37: 73-86.
- JULIÁN, A., J. L. PEÑA, J. CHUECA, J. ZABALZA, A. LAPEÑA e I. LÓPEZ (2000). Cartografía de zonas probables de aludes en el Pirineo aragonés: metodología y resultados. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30: 119-134.
- JULIÁN, A. J., y J. CHUECA (2012). Mapping of avalanche start zones susceptibility: Arazas basin, Ordesa and Monte Perdido National Park (Spanish Pyrenees). *Journal of Maps*, 8 (1): 14-21.
- LAMPRE, F. (1994). *Estudio geomorfológico de Ballibierna: macizo de La Maladeta, Pirineo aragonés: modelado glacial y periglacial*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (Investigación, 11). 200 pp. + 3 mapas.

- LASANTA, T. (2010). El turismo de nieve como estrategia de desarrollo en el Pirineo aragonés. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 36 (2): 145-163.
- LASANTA, T., O. BELTRÁN e I. VACCARO (2013). Socioeconomic and territorial impact of the ski industry in the Spanish Pyrenees: mountain development and leisure induce urbanization. *Pirineos*, 168: 103-128.
- LEO, E. (2000). Aludes e infraestructuras: Introducción al problema. Reseña histórica en Huesca. *Jornadas de Evaluación y Mitigación del Riesgo de Aludes: Su impacto en las infraestructuras*. Escuela Nacional de Protección Civil. Huesca. 13 pp.
- LEO, E., y J. A. CUCHÍ (2004a). Los aludes en el Altoaragón. *Lucas Mallada*, 11: 131-158.
- LEO, E., y J. A. CUCHÍ (2004b). Análisis de avalanchas en el Pirineo altoaragonés. *Cuadernos Técnicos Barrabés*, 13: 28-31.
- LÓPEZ-GUARGA, R., y J. MIJANGOS (1994). Nieve y avalanchas. *Revista de Obras Públicas*, año 141, 3335: 61-74.
- LÓPEZ-GUARGA, R., A. SARASA y P. OLLER (1997). Caracterización, simulación y prevención de aludes en el barranco de Secras. Túnel de Somport (Huesca). *Actas del IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*: 703-717. Granada.
- LÓPEZ-GUARGA, R., y A. SARASA (2000). Caracterización, simulación y prevención de aludes en el barranco de Secras. Túnel de Somport (Huesca). *Jornadas de Evaluación y Mitigación del Riesgo de Aludes: Su impacto en las infraestructuras*. Escuela Nacional de Protección Civil. Huesca. 23 pp.
- MERINO, E. G., P. M. FIGUERAS, P. O. FIGUERAS y E. M. BORDAS (2010). *Caracterización y periodo de retorno de aludes extremos en los Parques Nacionales de Ordesa y Aigüestortes mediante la dendrocronología*. Proyectos de investigación en Parques Nacionales, 2005-2008: 27-41. MAPA. Madrid.
- MIQUEL, C. (2012). *Étude préliminaire sur les changements climatiques dans le massif des Pyrénées: caractérisation et effets previsibles sur la ressource en eau*. Mémoire Ingénieur Diplômé par l'État. Université de Montpellier II. 816 pp.
- MUNTÁN, E. (2016). *Snow avalanches in the Pyrenees: Dendrochronological dating, denrogeomorphological mapping and detection of past snow-avalanche seasons at a regional schale*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 119 pp. + 1 anexo.
- MUÑOZ, P. (1988). *Prevención y defensa contra aludes. Aplicación práctica al Pirineo aragonés*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- PALOMO, M., F. ESPEJO y J. FERRAZ (2008). Análisis nivológico y climatológico del refugio de Góriz. Valle de Ordesa. Pirineo central. Huesca. 1982-2007. *Tercera Jornada Técnica sobre Nieve y Aludes. Betrán (Arán)*. 4 pp.
- PALOMO, M. (2010). Análisis espacial de las áreas favorables al desencadenamiento de aludes en el circo de Piedrafita (Huesca). *Lucas Mallada*, 13: 215-235.
- PICCIN, C. (2012). *Dalle Alpi ai Pirenei: analisi comparata della responsabilità civile per attività turistico-ricreative legate alla montagna nel diritto italiano e spagnolo*. The Trento Law and Technology Research Group. Università degli Studi di Trento (Student Paper, 11). Trento. 328 pp.

- RIVERO, F., J. M. MARTÍNEZ-MONTIEL, J. A. VADA, J. L. VILLARROEL, J. A. CUCHÍ y J. I. SANAMBROSIO (2013). Nota sobre varias avalanchas en el pico Labata (Ansó, Huesca). *Lucas Mallada*, 15: 215-224.
- RODÉS, P. (1999). *Análisis de los accidentes por aludes de nieve en España. Una aproximación a la revisión histórica*. Ergón. Madrid. 73 pp.
- RODÉS, P., y M. C. MIRANDA (2011). Breve aproximación histórica a la nieve y los aludes de nieve en España. Asamblea de la Asociación Conocimiento Nieve y Aludes (ACNA) (Camprodón). (http://acna.cat/noticies/111112_Asamblea_General/PRodes_EVOLUCIO_ALLAUS.pdf)
- SÁEZ-ALAGÓN, M. T. (1993). Memoria de la cartografía 1 : 25 000 de localización de zonas probables de aludes en el cuadrante II de la hoja 144, de Ansó. ITGE. Madrid.
- SÁEZ-ALAGÓN, M. T. (1994). *Estudio del medio físico y de sus riesgos naturales en un sector del Pirineo central. Tomo 7. Peligrosidad de aludes*. [ITME. Madrid / Gobierno de Aragón. Zaragoza]. 93 pp. + 6 mapas.
- SANZ, G., J. RODRÍGUEZ y S. BUISÁN (2013). Snow avalanches in Spain: The role of Spanish state meteorological agency. En C. García-Legaz y F. Valero (eds.), *Adverse weather in Spain*: 235-250. Antonio Madrid Vicente ediciones. Madrid.
- TOMICO, A. (s. f.). *Índice y evaluación del riesgo de aludes y zonas de influencias en las rutas y actividades montaÑeras en el Pirineo aragonés*. Inédito. 25 pp.

Internet: “Aludes en el valle de Pineta” [consulta: enero/2018]:

<https://www.youtube.com/watch?v=crSpOnCVPNY>

<https://www.youtube.com/watch?v=bQ-RoFSfMII>

<https://vimeo.com/86504204>

ANEXO. LISTADO DE VÍCTIMAS POR ALUDES EN EL ALTO ARAGÓN

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
1/1/1789	Hospital de Benasque	Fecha incierta. Es válido el año. "El tan conocido pirmeista Ramond, en uno de sus múltiples viajes a nuestros parajes, se encuentra en 1789 el hospital derruido por un alud, habiéndose construido otro nuevo en la otra orilla del río y algo más abajo".	0	0	0	
5/1/1826	Hospital de Benasque, Salvaguardia	"Poco más tarde también fue asolado el nuevo [Hospital de Benasque] por otro gigantesco alud, el día de Reyes (se ignora el año); este acontecimiento tuvo resultados más dramáticos que el anterior, ya que murieron sepultados tres niños y cinco mujeres; el hospitalero se salvó de la muerte por no estar allí en aquel día, pero al regresar desde Benasque, se encontró con el espeluznante espectáculo que nos cabe imaginar; que era el padre y esposo de los fallecidos". "La noche de Reyes de 1826 un alud o desliz de nieve derribó el hospital, causando la muerte de sus cinco ocupantes: Josefa Marín, esposa del hospitalero Antonio Mur; de sus hijas, María, Martina y Josefa, y de la criada Josefa Perruc. El 11 de marzo, se recuperaron sus cadáveres, recibiendo sepultura encima del derruido hospital, en tierra que está bendita, según anotó don Antonio Labad, vicario de Santa María de Benasque, en el libro de difuntos de la parroquia".	5	0	0	
1/1/1882	Hospital de Benasque	Fecha incierta. "Antes del año 1882 (poco antes) el hospital estaba recientemente rehecho debido a los deterioros causados por diferentes aludes. El nuevo fue edificado tras el cerro, que ofrecía más seguridad".	0	0	0	
1/3/1883	Peña Oroel	Fecha incierta. Antes del 25 de marzo de 1883, cerca de Barós (junto a Jaca). Una noche cayó una inmensa avalancha de nieve desprendida de Peña Oroel. No pasó del susto, no afectando a nadie ni a nada. "Una de las noches pasadas sobrecogió a los vecinos del inmediato pueblo de Barós un gran pánico debido al ruido que producía una inmensa avalancha de nieve que se desprendía de la Peña Oroel. La distancia del pueblo a la Peña y la hora del desprendimiento alejaban todo peligro, no pasando del susto consiguiente".	0	0	0	
1/2/1890	Puerto de Ansó	Fecha incierta. Por una carta recibida de la villa de Ansó se tiene noticia de que hacía pocos días se dirigían a Francia ocho hombres y al atravesar el puerto quedaron cinco de ellos sepultados bajo un lurte horrible, del cual no podrán ser extraídos hasta el verano.	5	0	0	
1/12/1890	Puerto de Ansó	Fecha incierta. "Hace pocos días se desprendió en uno de los puertos de Ansó un gran lurte de nieve que al caer cogió a dos infelices carabineros que se hallaban prestando servicio en las inmediaciones de la frontera. Uno de ellos quedó sepultado entre la nieve y el otro gravemente quebrantado".	1	1	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
1/2/1913	Pared norte de Telera	“Sabemos que días pasados ocurrió en el pueblo de Tramacastilla un suceso digno de publicidad. Tres vecinos aficionados a la caza salieron por aquellas montañas en persecución de liebres, con tan mala fortuna que uno de ellos, hombre de 50 años, conocido por Mingarro, quedó sepultado bajo un enorme alud de nieve desprendido de lo alto de la montaña. Allí permaneció el desgraciado 5 o 6 horas, hasta que tras inauditos esfuerzos, se logró rescatar su cuerpo atenido, pero afortunadamente ileso”.	0	0	1	
24/1/1915	Rinconada de Arañones	“Durante la madrugada se desprendió un alud en el lugar denominado Rinconada de Arañones, el cual fue a chocar contra la casa del vecino de Canfranc D. Pedro Coduras y las dos que para alojamiento de personal técnico y auxiliar se habían construido por la comisión de los ferrocarriles transpirenaicos, las cuales resultaron seriamente dañadas, así como herido de consideración el ayudante de la citada comisión, Sr. Arana. El alud que cayó junto a la boca del túnel de Canfranc, sepulsió algunas casas habitadas por jornaleros y empleados, salvándose milagrosamente los moradores”.	0	1	0	
23/2/1915	Argualas	Salida del collado de Pondiello hacia la ladera de las Argualas, derribó la casa de la Pradera, la casa de la Laguna y parte del casino, que se llenó de nieve hasta el techo, e hizo destrozos en los hoteles Continental y Embajadores. “Desde el rico y afamado Balneario de Panticosa han comunicado la sociedad propietaria de aquellas aguas que días pasados se desprendió sobre la llanura del establecimiento un formidable alud, dejando una capa de 9 metros de nieve, y sepultando y destruyendo casi los hermosos edificios del matadero y gran casa de la Pradera, además de causar graves desperfectos en una de las esquinas del gran casino, que recibió también el peso de la enorme avalancha y los efectos de esta”.	0	0	0	
2/3/1916	Del Ruso	Ladera orientada al este, en la margen derecha del río Aragón, sobre la localidad de Los Arañones. Durante un terrible temporal de nieve “un enorme alud destruyó el pasado domingo algunos edificios del llano de Los Arañones, y la casilla de camineros llamada del Ruso, pudiendo salvarse los que la habitaban”, gracias a las operaciones de rescate de los camineros que allí se encontraban. Alud de nieve fresca.	0	0	0	
15/11/1916	Llano de Los Arañones	Fecha incierta. “Un enorme alud destruyó el pasado domingo algunos edificios del llano de Los Arañones y la casilla de camineros llamada del Ruso, pudiendo salvar su vida los que habitaban gracias a los auxilios que les prestaron el arrojado joven ingeniero del túnel señor Valatelli y fuerzas de aquella sección de carabineros al mando del oficial D. Felipe Allué, los cuales venciendo grandes dificultades, pudieron llegar a tiempo para socorrerlos”.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Lesos	Procedencia
7/3/1917	Brazato	Destrucción de la tercera planta de la casa balneario, edificio situado en la zona de llegada, que mantiene en la actualidad tan solo las dos plantas restantes. "Los últimos temporales han ocasionado grandes desperfectos en el cercano Balneario de Panticosa, pues se dice que un alud de nieve cayó sobre uno de los suntuosos edificios del establecimiento".	0	0	0	
1/2/1935	Ferrocarril de Camfranc	Fecha incierta. Semana del 23 de enero al 1 de febrero de 1935. "Enorme avalancha de nieve entre Castiello y Villanúa que detuvo durante varias horas el ferrocarril".	0	0	0	
1/10/1935	Portillón de Benasque	Fecha incierta. Octubre o noviembre. Dos fallecidos por una avalancha cuando iban a comprar mulas a Francia. Los encontraron en 1936.	2	0	0	
5/2/1947	Rioseta	El alud tuvo lugar en el campamento militar de Rioseta, en las cercanías de Candanchú, cuando un teniente coronel, un comandante y un capitán paseaban por la carretera. En las alturas había gran cantidad de nieve y se desprendió un enorme alud que los arrolló, arrojándolos al río Aragón. Dos fueron rescatados vivos por otros compañeros del acuartelamiento, pero el comandante falleció ahogado. Posiblemente formación de cornisas o de placa de viento. Alud de nieve polvo.	1	2	0	Militares
1/1/1950	Central	Fecha imprecisa. "En 1950 o 1953, otra gran avalancha bajó hasta la central misma, desde el lago de Bachimaña según un testigo que trabajó en la construcción de la central (Daniel Guillén, nacido en 1912)".	0	0	0	
2/17/1953	Monte Perdido	Dos cordadas de militares de la Escuela Militar de Montaña son arrastrados por la caída de un sérac. Fallecen dos capitanes y resultan heridos dos tenientes.	2	2	0	Escuela Militar de Montaña de Jaca
1/12/1962	Estiviellas	Fecha incierta. "Máximo exponente de alud de nieve húmeda que puede darse en el Pirineo aragonés".	0	0	0	
2/12/1963	N-330a, Puente del Ruso	Alud en el paraje del Ruso que se llevó por delante el refugio allí existente. Cuatro metros de nieve en la carretera.	0	0	0	
2/12/1963	N-330a, Rioseta	La nieve alcanza los 4 metros.	0	0	0	
10/7/1963	Monte Perdido	En el descenso de Monte Perdido, al cruzar un glaciar, se desprendió un gigantesco alud de hielo que alcanzó a un religioso escolapto, causándole la muerte. Iba acompañado de otro montañero que no fue alcanzado.	1	0	0	Barcelona
2/2/1964	Falso Anayet	Un alud sorprende a dos escaladores enterrando a uno de ellos, estudiante de Medicina. Encontrado el 9 de mayo de 1964.	1	0	1	Navarra
2/2/1964	Anayet	Sobre las 15:00 horas un alud de 250 metros de longitud y 100 metros de ancho atrapa a dos esquiadores de 23 y 22 años. El mayor de ellos logró salvarse y solicitar auxilio. El menor falleció. Numerosos aludes cayeron durante la búsqueda del desaparecido sin producir heridos. Uno de ellos afectó al compañero y otro a varios militares de la Escuela Militar de Montaña. Rescatado el cuerpo el 9 de mayo de 1964.	1	0	1	Navarra

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
5/2/1964	Pico Anayet	Un varón, en las tareas de búsqueda del alud del día 2 de febrero de 1964, es sepultado por un alud.	0	0	1	
1/4/1971	A-2606 (galería)	Alud de nieve primavera sobre un grupo de tres obreros que trataban de abrir la carretera con una máquina quitanieves. Dos muertos. El conductor de la máquina permaneció en su interior durante 6 horas hasta que fue rescatado.	2	0	0	
28/1/1972	La Sarra	Daños en el parque de superficie de la central de La Sarra.	0	0	0	
20/1/1978	Astún	"Sepulta parte del aparcamiento".	0	0	0	
25/1/1978	Barranco de los Carnuzos	A las 3:30 horas, a consecuencia de las grandes nevadas, se produjo un alud en el barranco de los Carnuzos del monte de Rapián que arrastró 20 metros de obra de la conducción del canal de abastecimiento a Jaca. Reanudado el servicio a las 19 horas.	0	0	0	
9/2/1978	Astún	"Afección al aparcamiento".	0	0	0	
16/4/1978	Glaciar del Aneto	"Camino al refugio de la Renclusa en el macizo del Aneto: cuatro miembros del Peloton d'Haute Montagne (PGHM) de Angelès, van en busca de una súbdita francesa que ha caído en una grieta del glaciar del Aneto. Avanzan con esquís de montaña. Cortan una placa de nieve que les entierra. Tres de ellos salen por su propio esfuerzo, mientras que Joseph Abadies de 42 años queda bajo 4 metros de nieve, de donde es rescatado por sus compañeros y algunos miembros del grupo de socorro en montaña de la Federación Catalana de Montañismo".	0	1	3	Francia
10/2/1980	Pico Aspe	A las 12:00 horas una avalancha arrastró unos 400 metros a los dos montañeros en la vía edil cuando se encontraban a unos 100 metros de la cumbre. Alud de placa provocado por sobrecarga. En las operaciones de rescate participaron miembros de la Guardia Civil (GC), Escuela Militar de Montaña y Operaciones Especiales (EMMOE), Escuela Española de Esquí (EEE) y personal de la estación de Candanchú.	1	1	0	San Sebastián
16/5/1980	Monte Perdido	"Resultaron muertos tres alpinistas franceses de un grupo de cuatro, que realizaban una ascensión hacia el Monte Perdido, desde el valle de Pineta. El cuarto montañero resultó con heridas leves y fue quien dio el aviso del accidente. Uno de los afectados era guía de montaña. El tiempo se encontraba en calma y en el rescate participaron miembros de la Guardia Civil y de la Policía Nacional, así como helicópteros de la Gendarmería francesa".	3	1	0	Francia
20/5/1984	Glaciar del Aneto	"Un grupo de ocho personas están sobre el glaciar del Aneto cerca del Portillón, cuando desciende un alud que arrastra a Arseni Santallucia de 30 años, oriundo de Alfarrás (Lleida), pero residente en el Baix Llobregat. El cadáver fue localizado a las 15:00 horas del día 22 gracias a la intervención de perros de alud, a 300 metros del lugar donde el alud sorprendió a la víctima y a los otros siete montañeros que resultaron ilesos. En el rescate intervinieron miembros de la Guardia Civil, gendarmes franceses, bomberos de la Generalitat de Catalunya y de la Diputación General de Aragón".	1	0	7	Alfarrás (Lérida)

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
3/6/1984	Pico Bisaurín	Sobre las 12:15 horas, en el descenso del Bisaurín, se rompió una cornisa cayendo y siendo sepultado por un alud un montañero.	1	0	0	País Vasco
19/1/1985	Candanchú	En la zona de la rinconada, próxima a la estación de Candanchú, doce jóvenes vasco-navarros que practicaban el esquí con un instructor fueron arrollados por un alud desencadenado a las 10:30 horas. Al parecer cortaron una capa de nieve virgen que cayó arrollándolos, pereciendo cinco jóvenes y el monitor y quedando dos heridos graves y dos leves. Se utilizaron perros y sondas. El equipo de rescate estuvo constituido por personal de la Guardia Civil, la Escuela Militar de Montaña, trabajadores de Candanchú y de la escolta personal del Rey, presente ese fin de semana en las instalaciones. Mediante rastreo superficial rescataron a siete supervivientes y al instructor muerto.	6	3	4	País Vasco
19/1/1985	Formigal	Un varón "de 36 años, sobre las 13:30 horas, estaba practicando esquí fuera de pista cuando es sorprendido por un alud que lo sepulta: un esquiador, que subía en el telesilla, al observar el accidente da la voz de alarma y se rescata viva a la víctima 30 minutos más tarde".	0	0	1	
20/1/1985	Candanchú	En la zona de la rinconada, al final del telesquí, próxima a la estación de Candanchú, cuatro personas que practicaban el esquí fueron arrollados por un alud al cortar una placa de nieve que cayó arrollándolos. Tres de ellos quedaron en superficie y el cuarto enterrado a 1 metro de profundidad. En las labores de búsqueda participaron Guardia Civil, EMMOE, EEE, empleados de Candanchú y esquiadores voluntarios.	1	0	3	Navarra
9/3/1985	Cregúeña	Sobre las 14:00 horas, cuando se dirigían al pico Quillón, se rompió una placa y se produjo un alud que arrastró a un montañero, quien se golpeó con un árbol.	0	1	2	Cataluña
22/3/1985	Astún	Sobre las 14:10 horas un empleado de la estación de esquí de Astún fue arrollado por un alud de nieve que lo sepultó al final del telesquí Águila. En las labores de búsqueda participaron personal de Astún, EEE, EMMOE y Guardia Civil.	1	0	0	Atarés
8/4/1985	Barranco Tornosa (cueva)	Un alud de nieve sepultó a la montañera, que fue rescatada por sus compañeros de grupo.	0	0	1	
1/1/1986	Argualas	Invierno de 1986, sin fecha conocida. Un daño en diques y arrastre de numerosos árboles. Depósito de nieve afectó a gran parte de la pradera, llegando a las proximidades de la casa.	0	0	0	
1/1/1986	Embotelladora	Sin fecha conocida. "... Con la nevada de 1986 que dejó el balneario incomunicado durante una semana".	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
2/2/1986	Estiviellas	Alud de nieve polvo de grandes dimensiones. Daños graves en la iglesia de Canfranc Estación construida en la década de los sesenta por Miguel Fisac, que queda parcialmente destruida. Destrozó parte de la techumbre, agrietó uno de los muros y arrasó tres puertas y un gran ventanal, por el que entró la nieve en el interior. Desplazamiento de parte de la masa arbórea hasta el fondo del valle, sobre el río y puente de acceso a la estación de ferrocarril. La amplia zona de acumulación de nieve que presenta en la zona de salida, junto con la extrema pendiente y el largo recorrido de su zona de trayecto, favorecen el desencadenamiento de importantes y voluminosos aludes de nieve polvo con desarrollo de aerosol. El alud se produjo a las 17:45 horas. Fueron arrastrados numerosos pinos y uno de los muros de contención dispuestos en el monte. En previsión de nuevas avalanchas se evacuó una franja de 150 metros, que afectó al primer edificio de viviendas, un hotel, el ayuntamiento y la iglesia.	0	0	0	
2/2/1986	Acceso a Oza	Aislamiento de una compañía de soldados en la Mina.	0	0	0	
10/2/1986	Astún	*"Alud afecta a los edificios de Astún".	0	0	0	
19/4/1987	Barranco de Grías	Sobre las 8:15 horas, realizando una travesía desde el refugio de Estós hasta el puerto de Oô, cinco montañeros fueron sorprendidos por un alud de 300 metros de frente, 400 metros de longitud y entre 5 y 10 metros de profundidad. Rescatado el cuerpo el 6 de junio. En las labores de rescate participaron Guardia Civil, Gendarmería, Cruz Roja, montañeros y bomberos de Viella.	1	0	4	País Vasco
1/4/1988	Posets	Alud de placa que arrastra por el glaciar unos 60 metros a cuatro montañeros en el ascenso al Posets por su cara este.	0	2	2	Cataluña
13/4/1988	Pico Monte Perdido	Sobre las 11:00 horas un alud de 100 metros de longitud, 40 metros de ancho y entre 2 y 3 metros de profundidad arrastró a dos montañeros en el camino que va desde el refugio de Góriz a Monte Perdido.	2	0	0	Palencia
5/6/1988	Lago de Marboré	Un alud alcanza a un montañero y le origina una fractura de cadera.	0	1	0	Lérida
22/1/1989	Pico Escarra	"Corredor del pico Escarra, en el término municipal de Escarilla en el valle de Tena (Huesca), dos montañeros de Bilbao están ascendiendo por el mencionado corredor cuando son sorprendidos por un alud. Uno de ellos queda herido de gravedad (traumatismo craneoencefálico y diversas contusiones) y debe ser rescatado por los GREIM de la Guardia Civil".	0	1	1	País Vasco (Bilbao)

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
29/1/1990	Llana del Bozo	Sobre las 14:00 horas, descendiendo de la zona Llana del Bozo, una avalancha arrastró a tres montañeros.	1	0	2	Pamplona
30/1/1990	Sierra Custodia	Avalancha de 1000 metros de anchura en su origen y con dos lenguas de 100 metros de longitud, 30 metros de anchura y más de 6 metros de profundidad en su final, que atrapa sobre las 14:15 horas a dos montañeros que se dirigían al refugio de Góriz para ascender a Monte Perdido. Rescate, 21 de febrero.	1	0	1	Francia
3/2/1990	Barranco del Cardal	Sobre las 9:00 horas un alud arrastró unos 200 metros a dos montañeros, quedando uno de ellos sepultado con alrededor de 2,5 metros de nieve.	1	0	1	Cataluña (Valls)
8/4/1990	Maladeta	Sobre las 12:00 horas, cuando ascendía en solitario al pico de Alba practicando esquí de travesía, se desprendió una placa de nieve por sobrecarga causada por el montañero, lo que provocó un alud.	0	1	0	Aragón (Binaiced, Huesca)
5/5/1990	Peña Telera	Corredor María Luisa. Un alud sorprende a tres montañeros que caen alrededor de 300 metros. Un fallecido y dos heridos.	1	2	0	País Vasco
12/12/1990	Astún	"Alud sobre el aparcamiento".	0	0	0	
1/1/1991	Estación de esquí de Panticosa	Sin fecha exacta. Alud de placa de viento que destruyó la caseta del telesquí Fobas.	0	0	0	
1/2/1991	Loma Verde	Fecha incierta (finales de febrero). Un grupo de siete militares es alcanzado por un alud sin consecuencias en la zona de Loma Verde.	0	0	7	Militares
10/2/1991	Astún	Un grupo compuesto por un matrimonio, otra pareja y dos acompañantes más, todos ellos de nacionalidad francesa, se vieron sorprendidos por un alud mientras practicaban esquí de travesía, fuera de pistas, en dirección a Francia desde la estación de Astún. Cuatro de los componentes, dos hombres y dos mujeres, han muerto bajo la avalancha mientras que los dos acompañantes pudieron salvarse al escapar del alud protegidos tras una roca. El desencadenamiento se produjo a las 9:30 horas de la mañana del domingo, en la zona denominada Llanos del Sol, al sur del ibón de Escalar y muy próxima al ibón de las Ranas, a unos 1800 o 1900 metros de altitud. El rescate fue llevado a cabo por un grupo de unas 150 personas compuesto por personal de Astún, Guardia Civil y Gendarmería francesa, provistos de sondas y perros de avalancha. Se hallaban sepultados bajo 2 metros de nieve y fueron descubiertos gracias a las sondas (varillas metálicas de unos 4 metros de longitud). Varias horas después del desencadenamiento encontraron el primer cadáver, 3 horas después otros dos, y a las 15:30 horas, el último de los cuerpos. Se había estimado alto riesgo de aludes, por lo que se habían cerrado las pistas Truchas y Canal Roya, situadas ambas en esta zona.	4	1	1	Francia

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
7/3/1991	A-139	“La expedición Pirena se ve afectada por aludes en Benasque”.	0	0	0	
9/3/1991	Formigal	Un monitor de esquí de Formigal fue alcanzado por un alud en una zona cerrada al público por el gran riesgo de avalanchas, cuando entró para comprobar el estado de la nieve. Ocurrió a las 10 de la mañana cuando junto a tres monitores más, dos responsables de un club vasco y una máquina quitanieves estaban en la pista denominada <i>La Gitega</i> . No se sabe si sus propias pisadas o las de la máquina quitanieves desencadenaron el alud, que arrastró al monitor y al maquinista en un frente de alud de unos 100 metros. Los otros cinco acompañantes pudieron escapar y el maquinista salió por su propio pie. Un equipo formado por 100 personas de la estación de Formigal y de la Guardia Civil, junto con dos perros, que fueron quienes lo encontraron a las 13:30 horas a gran profundidad (2 metros).	1	0	1	Sallent de Gállego
11/3/1991	Tucas de Paderna	Sobre las 10:30 horas, en la zona norte de las Tucas de Paderna, un alud sorprendió a una unidad de la Brigada de Cazadores de Alta Montaña XLII. Las labores de rescate finalizaron el 22 de marzo. Participaron Guardia Civil, Ejército, bomberos de Viella y gendarmes, y se transportó una <i>Ratrac</i> con un helicóptero Chinook.	9	1	0	Huesca (militares)
15/12/1991	Pico de Ip	Cuando se disponían a ascender la pala de Ip, un alud los arrastró 200 metros, resultando uno de ellos herido.	0	1	2	País Vasco
22/12/1991	Lago de Xuans	Alud de placa por sobrepeso de los montañeros. Los cuerpos fueron encontrados el 28 de diciembre en una zona próxima a los picos de Serrato y de Xuans, a 2 metros de profundidad, en una avalancha de 50 metros de longitud y 70 metros de anchura. Participaron en las labores de rescate Guardia Civil y montañeros.	2	0	0	País Vasco
25/4/1993	Pico Posets		2	0	0	Barbastro (Huesca)
7/12/1993	Pico Tendeñera	En la ascensión al pico Tendeñera, un alud arrastró a siete montañeros, quedando uno de ellos herido.	0	1	6	País Vasco
25/12/1993	Astún	Desencadenamiento masivo de avalanchas en la zona. Daños graves en los edificios Europa y Sarríos de la estación de esquí de Astún. Aisladas 90 personas, que son trasladadas a otros edificios. El depósito alcanzó los 4 metros de espesor. Bajo la zona de los rastrillos, tras los edificios, se formó una gran placa de nieve que, al desencadenarse, alcanzó a varios edificios, a los que atravesó en parte para depositarse, finalmente, en la zona de estacionamiento de la estación.	0	0	0	
25/12/1993	Accesos a Astún	Corte de carretera con más de 2 metros de espesor en la carretera, dejando incomunicada la estación hasta el día siguiente. Arrasados pinos en la zona del trayecto. Aisladas 90 personas en Astún.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
25/12/1993	Estivellas	Semana del 25 de diciembre de 1993. Alud de nieve en polvo con aerosol. Gran estampido, que aterrizó al coro que ensayaba en el interior de la iglesia. Se detuvo antes de alcanzar la población.	0	0	0	
6/1/1994	A-138, punto kilométrico 90	A las 12:40 horas, un alud en el punto kilométrico 90 de la A-138 corta la carretera hasta las 8:45 horas del 8 de enero de 1994.	0	0	0	
15/1/1994	Bisaurín	Un grupo de montañeros partieron el día 15 de enero hacia la zona de Lizara para culminar el pico Bisaurín. En el descenso, sobre las 16:30 horas, se quebró una frágil visera o cornisa de nieve por la que caminaban y cayó el excursionista desde la cresta del pico Bisaurín, por su cara norte. Al igual que en otras ocasiones, el fuerte viento impidió el uso del helicóptero de la Guardia Civil, por lo que el rescate tuvo que ser realizado a pie, no siendo encontrado el cadáver hasta el día 20 de enero de 1994.	1	0	0	Vitoria
16/1/1994	A-138	Corte de carretera durante 48 horas.	0	0	0	
4/2/1994	Astún	Aisladas 105 personas (65 niños de Mataró y 40 personas mayores, de Madrid). Gran temporal con ventiscas provocó la caída de grandes aludes en la carretera de acceso a la estación de Astún, cortando esta y dejando aislada la estación, que solo pudo ser abierta a la mañana siguiente, día 5 (a las 23:00 horas del día 4 según la Guardia Civil), tras trabajar toda la noche dos máquinas quitanieves. Obras Públicas cortó el paso de Somport ante el riesgo de aludes y se provocaron avalanchas controladas (Gazex).	0	0	0	
4/2/1994	La Raca	Corte de la N-330.	0	0	0	
11/4/1994	N-330	Alud provocado entre los puntos kilométricos 667 y 676 por disparo Gazex desde las 10:00 hasta las 11:30 horas.	0	0	0	
6/1/1995	Llano Cheto	Descendían del refugio de Respomuso. Seis montañeros vascos, con edades comprendidas entre los 17 y los 23 años, partieron el día 3 de diciembre de sus localidades con destino al refugio de Respomuso. Su objetivo era alcanzar la cima del pico Balaitús y regresar el día 6 de enero. Una vez alcanzada la cima, partieron el día 6 de regreso hacia el embalse de la Sarra para recoger el coche y volver a sus casas. Fue entonces cuando les sorprendió un alud originado en el pico Frondellas, en el cruce del camino de los Arreles. Una vez desencadenada la alerta la Guardia Civil, apoyada por la UHEL 41, comenzó las labores de búsqueda y rescate, dificultadas por las bajas temperaturas (-7 a -10 °C) y los fuertes vientos (> de 100 km/h), unidos al riesgo permanente de aludes. El día 11 de diciembre, se localizaron cuatro cuerpos bajo 4 metros de espesor de nieve en la misma zona donde el día 9 se habían encontrado unos guantes, una mochila y un carné de identidad, a 1700 metros de altitud. Los dos primeros se encontraron mediante sondas, y los otros dos, con un perro de avalanchas. El mal tiempo impidió localizar al quinto excursionista hasta el día 13 de marzo, a unos 2 kilómetros aguas abajo de donde había sido arrastrado por las aguas. El 22 de mayo, se encontró al último de los desaparecidos.	6	0	0	País Vasco

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
1/11/1996	Central	Fecha imprecisa. "Un alud muy grande bajó detrás de la central eléctrica arrancando los árboles e incluso un trozo de canalización; se paró en el ángulo de la construcción dañando la alambrada que rodea el edificio. El depósito llenaba toda la vaguada a tal punto que era posible cruzar horizontalmente de una ribera a otra. Había arrancado ya algunos rastrillos".	0	0	0	
21/11/1996	Carriata	Sobre las 15 horas un alud arrastró a una montañera que descendía en unión de tres amigos hacia la carretera del parque, en la zona de las clavijas de Carriata, lesionándola en cabeza y piernas.	0	1	0	Navarra
23/11/1996	Accesos a Bujaruelo	A las 14:45 horas, corte de la pista forestal de acceso a Bujaruelo por alud de 30 metros de largo por 10 de alto. Acceso abierto el 25 de marzo de 1996 a las 13:00 horas.	0	0	0	
23/11/1996	Estación de esquí de Panticosa	A las 18:00 horas, rotura de la piona del telesquí Fobas II y de cuatro cañones de nieve. Cubierta una piona del telesquí Fobas II y otras dos del telesquí Mandliar. A las 11:00 horas del día 24 se procede a la voladura del resto de la avalancha.	0	0	0	
7/2/1996	A-2606	Alud en el punto kilométrico 7. Aislados 56 colegiales, 4 monitores, 1 conductor del colegio Epla de Godella (Valencia) y 20 empleados en el balneario de Panticosa. Emprenden el viaje de regreso el 9 de febrero de 1996 a las 13:20 horas con carretera abierta al tráfico.	0	0	0	
8/2/1996	Astún	Daños materiales en las plantas 5. ^a y 6. ^a del edificio Sarríos de la estación de esquí. Los afectados se alojan en la cafetería del Hotel Europa. Accesos abiertos el 8 de febrero de 1996 a las 19:00 horas.	0	0	0	
8/2/1996	Respomuso	Sobre las 6:30 horas, daños graves en el refugio de Respomuso. Afectados dos tabiques y una ventana. Evacuadas cinco personas el 9 de febrero a las 13:00 horas. Finalizadas las tareas de limpieza por el GREIM el 28 de marzo a las 17:15 horas.	0	0	5	Francia (3), Formigal (España) (2)
9/2/1996	A-135. Punto kilométrico 6. Barranco de la Canal	Por la noche. Corte de la carretera de acceso a Ordesa A-135, punto kilométrico 6. Alud de 200 metros de longitud, 40 metros de altura y 150 metros de ancho. Arrasó a su paso una superficie repoblada de pinos de unos 800 metros de longitud y 300 metros de anchura. El alud cubrió el río Arazas. Aislados una persona y dos guardas en Góriz. Evacuado el montañero en helicóptero el 16 de febrero. La carretera quedó abierta el 9 de marzo a las 10:00 horas.	0	0	0	Sevilla
9/2/1996	A-139	Evacuado un excursionista del Hospital de Benasque debido a los numerosos aludes caídos en la A-139.	0	0	0	
25/5/1996	Pico Garmo Negro	En el ascenso al pico Garmo Negro un alud arrastra a un montañero, produciéndole lesiones en un tobillo.	0	1	0	País Vasco

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ílesos	Procedencia
27/12/1996	Pico Bacías	Sobre las 14:00 horas un alud sorprende a un montañero sobre el ibón de Brazatos, a la altura del pico Bacías. Su compañero, que no resulta afectado por la avalancha, lo desentierra parcialmente y comprueba su fallecimiento, dando parte a la Guardia Civil.	1	0	0	Navarra
3/1/1997	A-139	Corte de carretera. Aisladas 78 personas en el Hospital de Benasque.	0	0	0	
3/1/1997	Acceso a Zuriza	Corte de carretera. Aisladas 26 personas en el albergue de Zuriza. Cuatro aludes diferentes de hasta 3 metros de altura.	0	0	0	
3/1/1997	Acceso a Oza	Acceso a Oza cortado.	0	0	0	
3/2/1997	A-139, punto kilométrico 66,200	A las 17:30 horas un alud de nieve de 4 metros de altura corta la carretera A-139 en el punto kilométrico 66,200. Quedan incomunicadas 18 personas en el Hospital de Benasque. Doce personas abandonan el Hospital a pie el 4 de febrero de 1997, permaneciendo las seis restantes en el establecimiento.	0	0	0	
11/4/1998	Estación de esquí de Cerler	Un grupo de esquiadores fuera de pista provocó la fractura de una placa bajo la comisura en la cresta que asciende al pico Cibollés, que en su caída arrastró a un grupo de esquiadores del Esquí Club Cerler Aneto.	0	1	10	Cataluña
28/3/1999	Peña Telera	Sobre las 14:00 horas una avalancha arrastra unos 100 metros a varios esquiadores en el corredor Y de Peña Telera.	0	1	2	Extremadura
1/1/2000	Vértice del Anayet	Una avalancha atrapa a un montañero en la zona del falso vértice del Anayet.	1	0	0	País Vasco
2/4/2000	Candanchú	Esquí (pista). A las 13:30 horas dos practicantes de <i>snowboard</i> fuera de pistas originan una avalancha que atrapa a una esquiadora que circulaba por debajo.	0	0	1	País Vasco
21/5/2000	Salvaguardia	La rotura de una placa de nieve origina la caída de un montañero.	1	0	0	País Vasco
28/11/2000	Camino de Arrieles	Una avalancha procedente de las laderas altas de los picos de las Frondielas atrapa a dos montañeros en la cuesta del Chorizo cuando estaban realizando la travesía desde Respomuso hasta los lagos de Arrieles.	2	0	0	Teruel, Zaragoza
30/12/2000	Majada Alta de Aguas	Sepultado por un alud cuando ascendía al Garmo Negro. La avalancha se produjo a las 12:15 horas y alcanzó a los tres miembros del grupo. Los otros dos resultaron ílesos.	1	0	2	País Vasco
21/1/2001	Pasolovino	Sobre las 13:00 horas se desprendió una placa de viento por sobrepeso de un esquiador, originándole la caída.	0	1	0	Huesca
2/3/2001	A-2606	Corte de carretera en la zona de la visera y de la emboteilladora. Aisladas 40 personas en el balneario durante 8 horas. Abierto con cargadora Formigal. Rastreo con perros de la Guardia Civil.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
2/3/2001	A-138	Corte de carretera a 200 metros del túnel internacional. Evacuados dos autobuses escolares. Puntos kilométricos 88,9 a 92.	0	0	0	
5/3/2001	A-2606	Corte de carretera en la embotelladora.	0	0	0	
31/3/2001	Garmo Negro	Posiblemente alud de placa por sobrepeso de cuatro montañeros que estaban llegando a la cima. Gran avalancha de 1500 metros de longitud, 80-100 metros de anchura y hasta 4 metros de altura.	0	2	10	País Vasco, Madrid
17/3/2002	Astún	Esquí (pista).	0	0	1	
17/12/2002	A-139, punto kilométrico 65	Carretera A-139 entre Benasque y el Hospital de Benasque. A las 13:52 un alud de 25 metros de anchura y 4 metros de altura invadió la carretera en el punto kilométrico 65,1. Quedan aisladas en el Hospital de Benasque 140 personas. La carretera se limpia a las 13:00 horas del 18 de diciembre de 2002.	0	0	0	
18/12/2002	A-138, punto kilométrico 91	A las 18:00 horas un alud de pequeñas dimensiones cortó la carretera, que quedó abierta al tráfico tras su limpieza a las 21:00 horas.	0	0	0	
18/12/2002	A-139, punto kilométrico 65	A las 15:35 horas, tras finalizar a las 13:00 horas las labores de limpieza de un alud anterior, se produjo una avalancha en el punto kilométrico 65 de la A-139. La carretera quedó limpia la mañana del día 19.	0	0	0	
23/11/2003	Canal Rasa (cara norte del Turbón)	Alud de placa originado por sobrecarga de dos montañeros que ascendían a pie al pico Turbón. Uno de ellos se deslizó 200 metros sin ser enterrado, y el otro, 400 metros, siendo enterrado hasta la rodilla. Los accidentados eran guías de montaña en Benasque.	0	2	0	Barbastro, Ceter
24/11/2003	A-138, punto kilométrico 91,200	A las 06:40 horas se produjo un alud que cortó la carretera A-138 en el punto kilométrico 91,200 hasta las 12:30 horas.	0	0	0	
27/11/2003	A-139, punto kilométrico	Alud que pasa sin cortar la carretera sobre la visera antialudes construida en 2001.	0	0	0	
27/11/2003	A-139, punto kilométrico 67,5 (barranco de Rosec)	De madrugada se produce un alud que corta la carretera. Aisladas 20 personas. El día 3 de febrero de 2003, se evacúa en helicóptero del 112 a 14 personas ilesas, quedando sus vehículos bloqueados en el Hospital de Benasque.	0	0	0	
27/11/2003	A-139, punto kilométrico 66,100	De madrugada se produce un alud que corta la carretera. Aisladas 20 personas. El día 3 de febrero de 2003 se evacúa en helicóptero del 112 a 14 personas ilesas, quedando sus vehículos bloqueados en el Hospital de Benasque.	0	0	0	
2/2/2003	N-330	Alud provocado entre los puntos kilométricos 666 y 667 desde las 00:20 horas hasta las 02:30 horas.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
21/2/2003	Gallinero	Alud de placa de entre 150 y 200 metros de frente en la estación de Cerler, fuera de pistas. Provocado por sobrecarga de un esquiador, que fue alcanzado por la avalancha y salió ileso. Con posterioridad se provocó mediante Gazex la caída de la totalidad de la placa, resultando un frente de alrededor de 500 metros y una longitud de 1000 metros, que invadió las pistas en la zona del Ampriú (cerradas para esta operación).	0	0	1	
26/2/2003	Acceso a Zuriza	Corte de carretera.	0	0	0	
3/3/2003	A-2606, punto kilométrico 9,5	Corte de la carretera A-2606. Evacuación de 41 personas del balneario de Panticosa. Se dirigen andando desde el balneario hasta el punto kilométrico 9,5 de la A-2606 porque ha sido imposible la limpieza a partir de ese punto. Participan en labores de evacuación DGA, vecinos y Guardia Civil. Queda cortada la carretera desde el punto kilométrico 4.	0	0	0	
28/12/2003	Tucarroya	Alud que arrastra a un montañero en el intento de Monte Perdido. Cuerpo arrastrado hasta el lago helado. Rescatado el día 5 de enero, tras varios intentos infructuosos por mal tiempo bajo 3 metros de nieve.	1	0	0	Cercedilla (Madrid)
30/12/2003	Ibón Alto Bachimaña (Panticosa)	Sin mucha información sobre el accidente. Rescatados los cadáveres el 3 de enero de 2003.	2	0	0	Albacete
7/3/2005	N-330a, La Raca	A las 03:00 horas del 7 de marzo de 2005 un alud ocupó la carretera N-330a a la altura del punto kilométrico 674,900. Sin daños ni víctimas. La carretera se abrió al tráfico el 10 de marzo de 2005.	0	0	0	
14/3/2005	N-330a, La Raca	Alud en la N-330a, punto kilométrico 674,900, que invade la calzada en el carril sentido Francia. Sin daños ni afectados. Corte de carretera entre las 19:50 y las 20:05 horas.	0	0	0	
26/3/2005	Corredor sur del pico de Alba	A las 12:40 horas en el corredor sur del pico de Alba, a 2900 metros, en la vertiente noreste, un montañero vasco en solitario originó un alud que alcanzó a diez esquiadores de montaña (seis aragoneses, dos valencianos y dos madrileños). Alud de placa, de 70-80 metros de longitud, 40 centímetros de altura y 100 metros de longitud.	0	0	9	Aragón (6), País Valenciano (2), Madrid (2)
9/4/2005	N-330a, La Raca	Alud en la carretera N-330a en La Raca que corta la carretera, que estuvo cortada hasta el 11 de abril de 2005. Sin daños.	0	0	0	
8/12/2005	Anéou	Alud que sorprende a dos esquiadores de travesía y los deja enterrados, cubiertos por entre 5 y 70 centímetros de nieve. Llevan puestos esquís y mochilas, y los bastones con las dragoneras pasadas. Alud de placa provocado por los esquiadores, de 90 metros de largo por 25 metros de ancho. Ambos llevaban ARVA.	2	0	0	País Vasco (Asteasu y Andoáin)

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
17/12/2005	A-138, punto kilométrico 90,20	Alud en la A-138. Corte de carretera entre las 14:54 y las 15:20 horas. Sin daños.	0	0	0	
30/1/2006	A-138, puntos kilométricos 87 al 91,2	Corte de carretera a las 10:25 horas. Riesgo de aludes.	0	0	0	
30/1/2006	A-139, puntos kilométricos 64 al 71	Corte de carretera a las 10:35 horas por el riesgo de aludes. Aisladas 102 personas: 90 en Llanos del Hospital (50 clientes, 40 trabajadores) y 12 en el Hotel Turpi (8 clientes y 4 trabajadores).	0	0	0	
23/3/2006	Majada Alta de las Argualas	Sepultados parcialmente dos montañeros. Salieron por sus propios medios. Fueron arrastrados 100 metros.	0	2	0	País Vasco (Vitoria-Gasteiz y Deba)
28/4/2006	Puerto de Oó	Alud que sorprende a un esquiador de travesía.	0	0	1	Francia (Biert)
4/1/2008	Garmo la Mina (Formigal)	A las 10:40 horas, tres esquiadores (fuera de pista) en Formigal fallecen al ser atrapados por un alud de 300 metros de longitud. Discrepancias sobre si la pista estaba abierta o cerrada. Nieve recién caída. Riesgo 3 de aludes, que pasó a 4 tras el accidente. Uno de los fallecidos era trabajador de Formigal. Daniel estaba sepultado a 1 metro de profundidad, Íñigo a 1,5 metros y Miguel Ángel a 4 metros. Este último llevaba ARVA. El alud sucedió cuando los cuatro ilesos ya habían bajado. Fueron los primeros en realizar las labores de búsqueda.	3	0	4	País Vasco (2), Aragón (Zaragoza) (1)
24/4/2008	Musales	Fecha incierta. Gran alud con un corte de placa de alrededor de 500 metros de longitud que cae por el barranco en un recorrido de 2 kilómetros hasta las inmediaciones de la Sarra con un espesor de 10 metros de altura. No caía desde 1964.	0	0	0	
7/12/2008	Peña Blanca (cara sur de Salvaguardia)	Sobre las 13:45 horas una senderista que iba acompañada de su marido fue atrapada por un alud de 400 metros de frente y 1000 metros de longitud. Se le rescató a 4,5 metros de profundidad tras dos días de búsqueda. La lengua del alud pasó por encima del hombre y le arrastró sin consecuencias. Alerta amarilla. Durante las labores de búsqueda se produjeron siete aludes que llegaron a sepultar sondas y palas. Participaron en la búsqueda Guardia Civil, Gendarmería y Unidad Militar de Emergencias.	1	0	1	Barcelona
26/1/2009	A-2606, punto kilométrico 4	Cierre de la carretera A-2606, punto kilométrico 4 al final, por la caída de varios aludes. Incomunicadas 62 personas (37 clientes, 25 trabajadores). Importantes precipitaciones de nieve.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
11/2/2009	Góriz	A las 15:45 horas, alud sobre el refugio de Góriz. Afectadas la cocina y la escalera de acceso a los dormitorios de la parte superior. Afección a paneles solares y grupo electrógeno. Sin lesiones de los guardas. Barrido por avalancha el edificio anexo con aseos y sanitarios. Evacuados a Boltana dos guardas en helicóptero de la Guardia Civil al día siguiente (11:30 horas) y de allí por carretera a Broto.	0	0	2	
11/2/2009	A-2606, punto kilométrico 9	Alud en la zona de viseras que corta la carretera. Aisladas 45 personas (9 clientes y 36 trabajadores), que fueron evacuadas el 15 de febrero de 2009.	0	0	0	
12/2/2009	A-139, puntos kilométricos 65 y 66 (Senarta)	Ciento veinticinco personas aisladas en el Hospital de Benasque por aludes. Al menos dos avalanchas en la carretera en Senarta. Alud de 30 metros de ancho por 8 de alto (alrededor de 3500 m ³ en Senarta y 1200 m ³ 1 kilómetro más arriba). Abierta la carretera para evacuación de 93 clientes el 14 de febrero de 2009.	0	0	0	
12/2/2009	A-2606	Aisladas 47 personas en el balneario (9 clientes, 38 trabajadores) por la caída de al menos dos aludes en la carretera. Evacuadas 42 personas por la Guardia Civil, y las carreteras el 15 de febrero de 2009, a las 14:00 horas.	0	0	0	
5/3/2009	A-2606	A las 21:00 horas, alud en la A-2606 (barranco de Gabarda) que afecta a un vehículo Rover Discovery con 4 personas que resultan ilesas. Carretera cortada en el punto kilométrico 5. Aisladas en el balneario 47 personas (21 clientes y 23 trabajadores en hoteles, y 2 clientes y 1 guarda en Casa de Piedra).	0	0	4	
6/3/2009	Astún	Sobre las 06:30 horas, alud que alcanza el aparcamiento y afecta a varios autobuses.	0	0	0	
8/11/2009	Respomuso	Sobre las 12:30 horas un alud atrapa a cinco montañeros de un grupo de seis en las inmediaciones del refugio de Respomuso. Salieron por sus propios medios. Se dirigen desde el refugio a la Sarra. Fueron rescatados al día siguiente por la Guardia Civil en el paso de Onso. Hicieron noche en la cuesta del Chorizo. Nieve acumulada hasta 2 metros en alguna parte del camino. Riesgo muy elevado de aludes el día de la marcha.	0	0	5	
23/12/2009	A-139, punto kilométrico 67 (Senarta)	Sobre las 17:00 horas se produce un alud en Senarta que afecta a la A-139, punto kilométrico 67. Tiene 5-6 metros de altura, 40 metros de ancho. Aisladas 53 personas en Llanos del Hospital (26 clientes y 27 trabajadores). Abierto el paso y evacuados los clientes y trabajadores, salvo los residentes en Llanos del Hospital, el día 24 de diciembre de 2009 a las 16:00 horas. La carretera fue abierta al tráfico el 27 de diciembre de 2009 a las 14:15 horas.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
9/11/2010	Collarada (Cubilar de los Bueyes)	Alud de placa de 100 metros de ancho en la salida, en Collarada (Cubilar de los Bueyes), que alcanza a tres montañeros que realizaban esquí de montaña. Los tres resultaron fallecidos. Se les encontró al día siguiente. Uno de ellos en superficie con lesiones incompatibles con la vida y los otros dos muy superficiales (a 1 metro de profundidad). Llevaban ARVA.	3	0	0	Navarra
14/11/2010	A-139, punto kilométrico 65. Senarta	A última hora de la tarde cayó un alud sobre la A-139 en Senarta. La carretera estaba cerrada por riesgo de aludes desde el mediodía. Quedaron aisladas 81 personas en Llanos del Hospital (30 clientes, 15 trabajadores) y el Hotel Turpí (16 alojados, 20 trabajadores). Riesgo muy fuerte. Se evacuaron antes de la noche 32 personas del Hotel Turpí a Benasque.	0	0	0	
16/11/2010	Astún, pista Canal Roya	Sobre las 12:15 horas se produce una avalancha en la ladera de Canal Roya que invade la pista de esquí Canal Roya y atrapa a un esquiador. Es rescatado ileso. Se cierra la pista.	0	0	1	País Vasco
30/11/2010	Candanchú. Proximidades de la pista Tortiellas	Sobre las 10:25 horas un alud en las proximidades de la pista Tortiellas, fuera de pista, atrapa a una mujer que queda sepultada por 1,5 metros de nieve. Es rescatada inconsciente por sus dos acompañantes, que no habían sido afectados, personal de la EEE y <i>pistiers</i> entre 8 y 12 minutos tras el alud. Presenta hipotermia. Alud de placa producido por sobrecarga de los esquiadores.	0	1	0	Navarra
2/2/2010	Formigal. Zona de Espelunciecha	Sobre las 12:30 horas un alud atrapa a una persona que practicaba <i>snowboard</i> en la zona de Espelunciecha, fuera de pistas, en un barranco entre las pistas de Cubilaret y Bocalé. Es rescatada por personal de la estación de esquí de Formigal. Presenta hipotermia leve. Alud de pequeñas dimensiones al parecer originado por otro grupo de esquiadores que cortó la nieve durante el descenso.	0	1	0	Cataluña
2/2/2010	Pico Canal Roya	Sobre las 14:20 un alud "enorme ha caído media ladera" afecta a tres montañeros que hacían esquí de travesía en la zona del pico Canal Roya (Malacara). Uno queda sepultado y fallece, otro semienterrado y sale por sus propios medios y al tercero no le arrastra. En el rescate participan Guardia Civil, Gendarmería y 061 Aragón. Localizado por perro y sonda a 2 metros de profundidad.	1	0	0	Aragón (Sabiñánigo)
13/2/2010	Ibón de Coronas	Un alud en la zona del ibón de Coronas atrapa a dos montañeros que sufren contusiones en brazos y piernas y esguinces en tobillos. Salieron por sus medios. Evacuados por la Guardia Civil al día siguiente desde el refugio de Vallibierna.	0	2	0	Castilla – La Mancha (Alcázar de San Juan, Ciudad Real)
18/2/2010	A-139, punto kilométrico 68 (Rossec)	Alud que afecta a la A-139, punto kilométrico 68, en el barranco de Rossec. Aisladas 155 personas. Carreteras limpia el alud el día 19 de febrero de 2010 para dar paso a 84 personas y 30 vehículos de Llanos del Hospital ayudados por bomberos y Guardia Civil. Quedaron 65 personas en Llanos del Hospital. 18 en el Hotel Turpí y 2 guardas en la Renclusa.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
18/2/2010	Cerler (fuera de la pista de la pista Águilas)	Un grupo de 8-10 esquiadores fuera de pista en la zona derecha de la pista Águilas originó un alud que afectó a un esquiador. Sin ARVA. Peligro 4. Ayudado por sus compañeros.	0	0	1	
18/2/2010	A-139, punto kilométrico 68 (Rosec)	A las 12:00 horas se produce un alud que afecta a la A-139 en Rosec, de 10 metros de altura y 50 metros de anchura. A las 17:00 horas se evacúan 36 personas de Llanos del Hospital. Quedan aisladas 156 personas (124 clientes y 25 trabajadores en Llanos del Hospital y 7 personas en el Hotel Turpi).	0	0	0	
25/2/2010	A-138, punto kilométrico 90,8, barranco Salcorz	Alud de 100 metros de anchura que corta la A-138, producido a las 16:04 horas.	0	0	0	
25/2/2010	A-2606, barranco del Escalar	Por la tarde, alud grande en el barranco del Escalar. Índice de peligro 5.	0	0	0	
25/2/2010	A-2606, viseras	Por la mañana, dos aludes pequeños. En previsión de aludes mayores que puedan cortar la carretera se trasladan 45 personas desde el balneario al Hotel Las Margas (Sabiñánigo). Índice de peligro 5.	0	0	0	
25/2/2010	A-138, Salcorz	Sobre las 20:00 horas se produce un alud de una anchura de 100 metros en el barranco de Salcorz. Se rastreó la zona con perros. Sin daños.	0	0	0	
26/2/2010	Tucas de Ixeia	Gran alud con origen en las Tucas de Ixeia que invade el barranco de Sacs y llega hasta el fondo del valle. Corta un camino.	0	0	0	
28/2/2010	A-138, punto kilométrico 89,8	Alud. Corte de carretera a las 00:41 horas.	0	0	0	
4/3/2010	A-139, puntos kilométricos 66 y 71	Alud. Corte de carretera a las 11:46 horas.	0	0	0	
19/3/2010	Corredor pico del Águila	Alud en corredor del pico del Águila que alcanza a tres alpinistas (dos hombres y una mujer). Un fallecido por el impacto del alud y dos heridos graves. La mujer estaba parcialmente sepultada y presentaba hipotermia y politraumatismos. Fue rescatada por la Guardia Civil. El otro alpinista presentaba fractura de fémur. Alud registrado sobre las 11:50 horas, originado por la caída de una comisa.	1	2	0	Madrid
27/3/2010	Ibones Azules	A primera hora de la tarde un alud atrapó a cuatro esquiadores de travesía en la zona de los Ibones Azules. Enterró a dos de ellos. Uno salió por sus propios medios. El otro fue rescatado tras 20 minutos al ser localizado mediante el ARVA a una profundidad de 1,5 metros, con síntomas de hipotermia y gran estrés. Posteriormente fue evacuado al hospital de Jaca.	0	1	3	La Rioja

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
1/12/2010	Cerler. Canal Amplia	A las 11:00 horas un esquiador corta una placa y provoca una avalancha que no llega a enterrarle. Fuera de pistas.	0	0	1	Andalucía (El Puerto de Santa María)
5/12/2010	Cerler. Collado Basibé	Rotura de cornisa en el collado Basibé por sobrepeso.	0	0	1	Madrid (Boadilla del Camino)
21/1/2011	Corredor Peña Sabocos	A las 12:50 horas, en el descenso por la cara sur de la Peña Sabocos, la rotura de una placa originó un alud que atrapó a dos escaladores. El alud era de 900 metros de longitud y 90 metros de anchura en 200 metros de desnivel. Rescatado el día 23 de enero de 2011 por perro de la Guardia Civil a 2 metros de profundidad.	1	0	1	Navarra (Los Arcos) (fallecido); La Rioja
27/2/2012	Pico Petrechema, ladera sur	Alud de 300 metros de largo, más de 175 metros de ancho y 1 metro de profundidad que atrapó a un montañero.	1	0	0	Navarra (Isaba)
8/4/2012	Cerler	Sobre las 15:00 horas, alud fuera de pistas de la zona de Canal Amplia que atrapa a un <i>snowboarder</i> .	0	1	0	
1/12/2012	Garmo Negro	Sobre las 13:45 horas un alud en Garmo Negro afecta a tres montañeros. Uno fue sepultado por completo, otro quedó con la cabeza fuera y el tercero no fue atrapado.	0	2	1	Valencia
16/1/2013	A-2606, viseras	Alud que corta la carretera. Evacuación de 39 personas (29 clientes y 5 trabajadores) el día 17 de enero de 2013 por vía aérea con activación de la Unidad Militar de Emergencias.	0	0	0	
20/1/2013	A-139, punto kilométrico 67 (Rosec)	A primera hora (posiblemente de madrugada), un alud de grandes proporciones (5 metros de altura en la carretera) cayó en la zona de Rosec afectando a la carretera A-139. Aisladas 10 personas en Llanos del Hospital.	0	0	0	
2/2/2013	Astún	Por la noche un alud alcanza una torre del tendido eléctrico de Astún. Se suministra electricidad a la urbanización con grupos electrogénos. Afectado el suministro a la estación de esquí. Riesgo 4 de aludes.	0	0	0	
3/2/2013	A-2606	Alud en la madrugada que afectó a la carretera, que permaneció cerrada.	0	0	0	
6/2/2013	A-2606, punto kilométrico 7,5	A las 19:00 horas un alud afecta a un vehículo que se dirigía al balneario, que queda semienterrado en el punto kilométrico 7,5 de la carretera A-2606. Riesgo extremo. Una persona se resguarda en visera con indicios de hipotermia. Rescatada por la Guardia Civil. Es el médico del balneario.	0	1	0	Navarra
7/2/2013	Astún	De madrugada, alud que afecta al aparcamiento de la estación de esquí y al tren que transporta a los esquiadores. Uno de los vagones sufre daños. Varios metros de nieve de altura. Índice de peligro 4. Precipitaciones recientes.	0	0	0	
12/3/2013	A-2606, punto kilométrico 9, viseras	Sobre las 12:00 horas, colada en la tercera visera, seguramente originada por la lluvia. La carretera se limpia de inmediato, sin repercusiones al tráfico.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
13/3/2013	A-2606, punto kilométrico 9, viseras	Durante la noche un alud corta la carretera A-2606 en la zona de viseras, punto kilométrico 9.	0	0	0	
14/3/2013	A-2606, punto kilométrico 9, viseras	A las 2 de la tarde caen dos aludes, uno de ellos de grandes dimensiones, que desborda las viseras. La nieve supera los 4 metros en algunos puntos.	0	0	0	
25/3/2013	Formigal	Alud de pequeñas dimensiones a las 13:45 horas en la estación, que afecta a la pista azul, de pico Royo, de enlace entre Anayet y Sarríos. Sepulta por completo a tres menores y afecta a otros dos (uno semienterrado y uno ileso). Otro niño ileso en las proximidades. Una fallecida, tres heridos leves y uno ileso.	1	3	2	Madrid
26/3/2013	A-2606, punto kilométrico 9, viseras	Sobre las 13:20 horas, alud que afecta a la A-2606 en el punto kilométrico 9, dañando a un vehículo que queda semienterrado. Estaba ocupado por dos personas que resultan heridas leves. Una con heridas de cristales, otra con golpe en la pelvis. Posteriormente se siguen produciendo aludes pequeños. Nieve húmeda. Nieve durante la noche anterior.	0	2	0	
28/3/2013	A-2606, punto kilométrico	Cuatro aludes afectan a la A-2606 (09:00, 10:30, 11:30 y 12:00 horas). Nieve muy húmeda.	0	0	0	
29/3/2013	A-2606	Sobre las 19:00 horas un alud afecta a la A-2606, que ya se encontraba cerrada por riesgo de aludes.	0	0	0	
30/3/2013	A-2606, punto kilométrico 4,5, primera visera	Sobre las 14:00 horas un alud afecta a la carretera A-2606 en el punto kilométrico 9,1. Aisladas alrededor de 200 personas. Alud de grandes dimensiones que corta la entrada en el primer paraavalanchas. Cae otro alud sin llegar a la carretera, mientras la Guardia Civil está pasando los perros por el primero para comprobar que no hay nadie atrapado.	0	0	0	
31/3/2013	Corredor del Ejecutivo (Portalet)	Cinco montañeros fueron sorprendidos por un pequeño alud. Salieron por sus propios medios. Ilesos.	0	0	5	
2/6/2013	Posets	A las 11:30 horas se produce un alud de 160 metros en la cara suroeste del Posets, con salida bajo la cresta de la cima, que sepulta a una persona de un grupo de cinco. Rescatada muerta por sus compañeros a 2 metros de profundidad. Fuerte viento y densa niebla. Iban con raquetas. Sobre 2900 metros de altura. Otros dos montañeros fueron semienterrados y salieron por sus medios. Otros dos montañeros fueron expulsados a los lados por el alud. Llevaban ARVA.	1	0	4	Cataluña (Sant Cugat del Vallès)
17/1/2014	Sabocos	Antecima del pico Sabocos, vía de escalada "Panticosa Ice", avalancha de 30 metros de anchura y 400 metros de longitud originada por sobrepeso de los escaladores.	0	0	2	País Vasco

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilisos	Procedencia
20/1/2014	Cerler, Gallinero	Alud de placa de 40 metros de ancho y 400 metros de longitud, fuera de pistas, originado por un esquiador en la zona de Gallinero. Fractura de fémur al golpearse con una roca. Los rescatadores de la Guardia Civil originan otro alud de placa cuando van al rescate, aunque no les llega a arrastrar. El alud enterró el cuerpo del montañero, dejando la cabeza fuera.	0	1	0	País Vasco (Victoria-Gasteiz)
24/1/2014	A-139, punto kilométrico 66,3. Senarta 1	Sobre las 21:30 horas, primer alud, que afecta a la carretera. En la madrugada continúa cayendo, llegando a bloquearla por completo. Entre 1 y 2 kilómetros de longitud, 120 metros de anchura y 10 metros de altura en la carretera. Riesgo 4. Aisladas 78 personas (58 clientes y 20 trabajadores) en Llanos del Hospital. Lluvia y aumento de temperatura tras la nevada.	0	0	0	
24/1/2014	Astún	Sobre las 19:20 horas, alud en la ladera de acceso a Astún, próximo a la urbanización, que afecta a dos pilonas de alta tensión. Los dos días anteriores habían caído 75 centímetros de nieve y posteriormente aumentaron las temperaturas y llovió. Afectados 500 suministros de electricidad en la urbanización. Abierta la carretera y repuesto el suministro mediante grupo electrógeno el 25 de enero de 2014.	0	0	0	
25/1/2014	A-139, punto kilométrico 66,6. Senarta 2	De madrugada. Afectó a la carretera, que ya estaba cortada por la caída el día anterior de Senarta 1. Aisladas personas en Llanos del Hospital. Véase Senarta 1 del día anterior.	0	0	0	
25/1/2014	A-139, punto kilométrico 67,5. Rosec	Sobre las 10:30 horas, alud que afecta a la carretera A-139 en 60 metros. Nevadas importantes días anteriores y posterior subida de temperatura y lluvia. Véanse aludes Senarta 1 y 2 en la misma fecha.	0	0	0	
25/1/2014	A-2606, punto kilométrico 9	Riesgo 4. Aisladas 78 personas (58 clientes y 20 trabajadores) en Llanos del Hospital. Alud que corta parte de la carretera por la tarde-noche. La carretera estaba cerrada por riesgo de aludes. Fuertes nevadas los días anteriores y subida de temperaturas y lluvia posterior. Episodio en todo el Pirineo.	0	0	0	
4/2/2014	Candanchú	Alud que atrapa a una máquina pisapistas durante los trabajos de acondicionamiento de pistas por la noche.	0	0	1	
10/2/2014	A-2606, punto kilométrico 9	Sobre las 23:30 horas, alud que corta la carretera A-2606 en el punto kilométrico 9 a la altura de la primera visera. Aisladas 42 personas (22 clientes y 20 trabajadores). Rastreo con perro por la Guardia Civil.	0	0	0	
10/2/2014	A-2606, punto kilométrico 9,1	Alud que cae a última hora del día (medianoche).	0	0	0	
11/2/2014	N-330a, punto kilométrico 673,3	Sobre las 07:30 horas alud que afecta a la carretera. Desvió por la N-330b.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
11/2/2014	A-2606, punto kilométrico 9,1	Por la mañana. La noche anterior había caído otro en la misma zona.	0	0	0	
12/2/2014	Formigal, zona Collado	Dos esquiadores salen de pista en la zona de Collado y una de ellas origina un alud que atrapa y sepulta a la otra. Rescatada por <i>pisters</i> y trasladada a la clínica de la estación en camilla y ambulancia, permanece allí dos horas. Politraumatismos leves y congelaciones de primer grado.	0	0	1	Formigal
1/3/2014	A-2606, punto kilométrico 9,1	Sobre las 22:00 horas.	0	0	0	
2/3/2014	A-2606, punto kilométrico 9	Caió al mediodía. Limpiado de inmediato. Posteriormente, a las 19:00 horas, carretera cortada por prevención. En días posteriores se desencadenaron aludes con <i>Datsy Bell</i> .	0	0	0	
5/3/2014	Astún	Sin datos. Pequeño alud y tiempo muy desapacible.	0	0	0	
4/4/2014	A-139, punto kilométrico 67,50. Rosec	A las 13:45 horas, alud que invade la carretera A-139. Abierta vía de escape a las 16:50 horas por la que se evacúan 27 personas y 13 vehículos. Quedan en Llanos del Hospital 2 clientes y 10 trabajadores. La carretera queda cortada.	0	0	0	
1/1/2015	Astún, pastores	Fuertes nevadas los días precedentes. Alud que afecta a la estación motriz del telesilla, pastores, taquillas y servicios. La nieve impactó contra la caseta del remonte y la desplazó hacia atrás reventando la pared lateral y entrando la nieve en el interior. Señalización y barandillas dobladas y rotas por la nieve. La caseta de las taquillas del parking fue desplazada varios metros fuera de su posición. La nieve rompió las ventanas de los mostradores y entró dentro. Las mesas de pícnic fueron desplazadas varios metros.	0	0	0	
1/1/2015	Yenefrito	Fecha incierta en la temporada 2014-2015. Alud procedente de la ladera sur que destruyó el refugio de Yenefrito. Posiblemente alud de nieve polvo con una onda de presión importante que destruyó la parte del refugio que no estaba tapada por la nieve.	0	0	0	
25/1/2015	Formigal, Tres Hombres	Sobre las 14:15 horas fuera de pistas, en la zona de Tres Hombres (La Tosquera), un alud afecta a dos esquiadores de travesía, sepultando a uno de ellos. Rescatado por su compañero, por una esquiadora de travesía y cuatro <i>pisters</i> . Procedencia dudosa del alud. Según la Guardia Civil, originado por acumulación de nieve y sobrepeso en una comisa por encima de los esquiadores, que vieron cómo caían los bloques de nieve. Según Aramón, placa de viento cortada por los esquiadores. 100 metros de longitud, 15 metros de ancho y entre 0,90 metros y 1,40 metros de altura.	0	1	1	Aragón (Zaragoza)
25/1/2015	Tubos de Paderna	Sobre las 13:00 horas, alud que entierra parcialmente a dos personas en el segundo Tubo de Paderna debido al corte de una placa de viento. En la actividad participaban 18 personas del Club de Montaña Pirineos de Zaragoza.	0	1	1	Italia

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
25/1/2015	Acherito, Folla del Ingeniero	Sobre las 12:00 horas un alud originado por la rotura de una placa de viento por sobrepeso del esquiador atrapa a una persona.	0	1	0	Navarra (Huarte)
31/1/2015	Candanchú, rinconada	Sobre las 15:00 horas un alud sorprende a dos esquiadores en la zona de la Rinconada, en la estación de esquí de Candanchú. Uno es rescatado con síntomas de hipotermia por personal de la estación. El otro es recuperado al día siguiente a 3 metros de profundidad.	1	1	0	País Vasco (Vizcaya)
1/2/2015	Astún, Truchas	Alud en zona de las Truchas, que accedió a la zona de toboganes y se llevó por delante un cañón de nieve artificial.	0	0	0	
1/2/2015	Hospital de Benasque, Salvaguardia	Fecha incierta. Episodio importante con caída de aludes de gran periodo de retorno: Salvaguardia, Fites del Mall Pntrat (al final de la A-139), Fuenroya, Peña Blanca (afecta a la pista de la Besurta y al Ésera) y Plan d'Están.	0	0	0	
4/2/2015	Respomuso	A las 10:50 horas, alud que cae sobre el refugio de Respomuso. Sepulta a un guarda que se libera por sus propios medios y la ayuda de un compañero. Grandes desperfectos en refugio, nieve en el interior. Evacuados en helicóptero de la Guardia Civil.	0	0	2	
21/2/2015	Astún, La Raca	Sobre las 14:30 horas dos esquiadores de travesía son alcanzados por un alud sin consecuencias. Debieron vivaquear en condiciones precarias con bajas temperaturas y ventisca. Rescatados al día siguiente con fuerte hipotermia.	0	2	0	Madrid
21/2/2015	A-2606, punto kilométrico 9	Por la noche, pequeño alud que afecta a la mitad de la calzada.	0	0	0	
22/2/2015	A-139, punto kilométrico 70,9	Alud que afecta a la salida de Llanos del Hospital. Quedan aislados 129 clientes y 20 empleados. Evacuados el 23 de febrero de 2015 a las 10:20 horas en convoy de 54 vehículos, con 130 clientes y 10 trabajadores. A las 11:45 horas, evacuado el personal que estaba en el refugio de la Rencusa, formado por 7 vehículos, 9 clientes y 10 trabajadores del hotel. Quedan en Llanos del Hospital 8 personas de mantenimiento. Total de la evacuación: 61 vehículos y 159 personas.	0	0	0	
22/2/2015	N-330a, La Raca	Alud en la carretera, en el tramo Candanchú – frontera francesa, que obliga a desviar el tráfico por la N-330b.	0	0	0	
26/2/2015	Góriz	A las 14:30 horas, alud que afecta a los almacenes del refugio de Góriz y que provoca daños materiales. No afectó al refugio. Evacuados dos guardas en helicóptero de la Guardia Civil.	0	0	2	
26/2/2015	A-2606	Dos aludes sobre la carretera.	0	0	0	
26/2/2015	A-139, punto kilométrico 66, Senarta 1	Alud que corta la carretera, que estaba cerrada al tráfico por riesgo de aludes.	0	0	0	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
26/2/2015	N-330a, Rioseña	Alud que afecta a la carretera.	0	0	0	
26/2/2015	A-139, Canales Royas	Alud que afecta a la carretera.	0	0	0	
26/2/2015	A-139, punto kilométrico 66. Senarta 2		0	0	0	
26/2/2015	Astón, edificio Atalaya		0	0	0	
26/2/2015	Accesos a Astón		0	0	0	
26/2/2015	Lizara		0	0	0	
26/2/2015	Tucas de Ixeia		0	0	0	
26/2/2015	N-330a, La Raça		0	0	0	
26/2/2015	N-330a, Ruso		0	0	0	
19/3/2015	A-139, punto kilométrico 66,5. Senarta 1	Alud que cae sobre la galería.	0	0	0	
28/3/2015	Cerler, Canal Amplia	Sobre las 11:20 horas, tres esquiadores fuera de pista en la zona de la Canal Amplia cortan una placa y originan un alud que arrastra a uno de ellos sin llegar a enterrarlo por completo. El alud es de 30 metros de largo, 20 de ancho y un espesor de más de 1 metro, y entra parcialmente en la pista de acceso a la Canal Amplia.	0	0	1	Madrid
9/11/2016	Maladeta oriental	Sobre las 12:00 horas un alud de placa de unos 30 metros de ancho, en el corredor de la Rimaya que da acceso a la Maladeta oriental, arrastró a 10 montañeros. Algunos quedaron parcialmente enterrados. Sin daños.	0	0	10	Cataluña
16/1/2016	Candanchú, La Tuca	Sobre las 12:30 horas fuera de pistas en la zona de La Tuca (Quebrantahuesos) un alud originado por el derrumbe de una cornisa atrapó a dos esquiadores. Uno salió por su pie y el otro fue rescatado por los <i>pisters</i> y esquiadores a 2 metros de profundidad tras 15 minutos de búsqueda. Hipotermia leve. No llevaba ARVA. Mucha acumulación de nieve y riesgo 5.	0	1	1	
16/1/2016	Astón	Sobre las 08:30 horas en Astón, en una pista cerrada, tres esquiadores provocan un alud de placa que atrapa a uno de ellos. Salió por sus propios medios. Posteriormente sus compañeros originan otro alud que atrapa a la misma persona y vuelve a salir por sus propios medios. Contusión lumbar e hipotermia.	0	1	2	

Fecha	Denominación	Descripción	Muertos	Heridos	Ilesos	Procedencia
16/1/2016	Sierra de Chía	Sobre las 12:45 horas un alud de placa en la sierra de Chía, a 2350 metros, desencadenado por sobrecarga de los montañeros, arrastra a cuatro personas que iban con un guía y los enterró parcialmente, originando lesiones en la espalda a uno de ellos.	0	1	3	País Vasco (Vitoria-Gasteiz)
6/3/2016	Astún, La Raca	Sobre las 13:15 horas en la cara oeste del pico La Raca, fuera de pistas, un alud atrapa a un esquiador y le produce lesiones por torsiones en las rodillas. Iba acompañado por otros siete esquiadores.	0	1	0	Navarra (Mutilva)
21/3/2016	Telera, Gran Diagonal	Sobre las 14:55 horas dos escaladores originan un alud en la Gran Diagonal de Peña Telera mientras realizaban un rapel. Sepulta a uno de ellos, que sale por sus propios medios con contusiones generalizadas y una fractura en un dedo de la mano.	0	1	1	Madrid
27/3/2016	Balcón de Pineta	Sobre las 16:00 horas un alud sorprende a dos personas, que quedan semiatrapadas. Una presenta heridas leves y la otra fallece durante el traslado al hospital. El alud de nieve húmeda tenía 150 metros de longitud por 40 de anchura. Riesgo 2. Estaban haciendo senderismo cuando les sorprendió el alud. El fallecido fue rescatado con vida por las personas que se encontraban en la zona.	1	1	0	País Vasco
5/4/2016	Pico Pacino	Sobre las 13:50 horas, alud que sorprende a tres montañeros en la subida al Monte Pacino. Lluvia.	0	0	3	Madrid, Aragón (Zaragoza, Teruel)
9/4/2016	Rincón de Alano	Sobre las 12:55 horas, alud desencadenado como consecuencia de la caída de dos montañeros. Uno de ellos queda sepultado y sale por sus propios medios. Rescatados por la Guardia Civil.	0	2	0	
9/4/2016	Tuca de Culebras	A las 19:07 horas, alud de placa de 150 metros de longitud por 25 metros de anchura, que implica a dos esquiadores de travesía. Uno de ellos queda semienterrado y el otro consigue salir completamente del alud. Sin daños.	0	0	2	
4/2/2017	A-138, punto kilométrico 86	Sobre las 20:00 horas, alud que corta la carretera y llega al fondo del valle.	0	0	0	
5/2/2017	HU-V-6402, Espierba	Gran alud de nieve polvo. Sin daños.	0	0	0	
6/2/2017	A-139, Senarta 1	Alud que corta la carretera. 10 metros de anchura y 5 metros de altura. Aisladas 63 personas (22 empleados y 41 clientes) en el Hospital de Benasque.	0	0	0	
6/2/2017	A-139, Senarta 2	Alud de 60 metros de anchura y 8 metros de altura en la carretera.	0	0	0	
6/2/2017	A-138	Sin lugar exacto. Cuatro coladas en la carretera.	0	0	0	
7/2/2017	A-139, Rosec	De madrugada, alud que corta la carretera. Ya estaba cortada por la caída de Senarta 1 y 2.	0	0	0	
12/2/2017	Acceso a Llanos del Hospital	Alud en la carretera de acceso a Llanos del Hospital, en sus inmediaciones, que corta la carretera.	0	0	0	

Siglas utilizadas en la tabla:

EEE: Escuela Española de Esquí.

EMMOE: Escuela Militar de Montaña y Operaciones Especiales.

GREIM: Grupos de Rescate Especial de Intervención en Montaña de la Guardia Civil.

UHEL: Unidad de Helicópteros de la Guardia Civil.

DGA: Diputación General de Aragón.

ARVA: Aparato de Rescate Víctimas de Avalanchas (en español DVA, Detector de Víctimas de Avalancha).

Aramón: Grupo de estaciones de esquí aragonesas.

Siglas utilizadas en el texto:

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.

DGA: Diputación General de Aragón.

ONF/RTM: Office national des forêts / Restauration des Terrains en Montagne (Francia).

ARVA: Aparato Rescate víctimas de Avalanchas (en español DVA, Detector Víctimas de Avalancha).

ABS: Airbag para avalanchas.

ACNA: Associació per al Coneixement de la Neu i les Allaus.

A Lurte: Centro pirenaico de referencia para la gestión de riesgos de montaña.

LA RESISTENCIA DE UNA COMUNIDAD VECINAL CONTRA LA DESAMORTIZACIÓN: EL CASO DE BIEL (ZARAGOZA)

Ignacio PÉREZ-SOBA¹

RESUMEN.— Frente a la privatización forzosa de los montes públicos impulsada en España por la Ley de Desamortización General de 1855 (Ley Madoz), muchas comunidades vecinales desarrollaron distintas estrategias para evitar la venta de los montes municipales o al menos conservar su uso comunal. El caso del pequeño pueblo de Biel (Zaragoza) es singular por haber desarrollado esas estrategias durante muchos años y con formas muy diversas. La más llamativa fue la Junta Administradora de los Montes Val de Biel y Arcanalo, sistema de organización vecinal que compró a particulares dos montes privatizados en la Desamortización, los gestionó durante cuarenta años agrupando a todos los vecinos (y no solo a los que legalmente habían sido los compradores), reinvertiendo todos sus beneficios en obras de interés general y adoptando ordenanzas para prohibir las talas y las roturaciones, y que, una vez derogadas las leyes desamortizadoras, los entregó al Ayuntamiento junto con el superávit de su gestión. Pero también se readquirieron otros montes que habían sido vendidos, mediante la reivindicación de las partes exceptuadas de la venta en las subastas, y se explotaron de manera diligente y eficaz todas las vías legales, hasta el Consejo de Ministros o el Tribunal Supremo, para evitar las ventas de los montes.

ABSTRACT.— Faced with the forced privatization of public woodlands promoted in Spain by the Law of General Disamortization of 1855 (Madoz

Recepción del original: 13-2-2018

¹ Servicio Provincial de Desarrollo Rural y Sostenibilidad de Zaragoza. Gobierno de Aragón. Paseo de María Agustín, 36. E-50071 ZARAGOZA. iperezs@aragon.es

Law), many rural communities developed different strategies to avoid the sale of municipal woodlands or at least preserve their communal use. The case of the small town of Biel (Zaragoza) is remarkable for having developed these strategies for many years and in very different ways. The most notable of these strategies was the Management Board of the Val de Biel and Arcanalo woodlands, a neighbours' organization that bought two woodlands that had been privatized in the Disamortization and managed them for forty years, grouping all the neighbours (and not only those who were the legal buyers), reinvesting all their profits in works of general interest, adopting ordinances to prohibit the felling and the agricultural use and delivering the woodlands to the town Council (together with the surplus of its management) when laws of Disamortization were abolished. But they also recovered other privatized woodlands, by claiming the parts that were excluded from the in the auctions, and exploited all legal ways diligently and efficiently, reaching the Council of Ministers or the Supreme Court, to avoid sales of the woodlands.

KEY WORDS.— Public woodlands, forest property, commons, Disamortization, rural communities, Biel (Zaragoza, Spain).

INTRODUCCIÓN

La desamortización forestal, especialmente la civil que se desarrolló en España tras la Ley de 1 de mayo de 1855 (“Ley Madoz”), hasta 1921, vendió a particulares de manera forzosa muchos montes públicos, por lo que tuvo profundas repercusiones sobre las economías rurales, excluyendo a los vecinos (especialmente a los más pobres) del acceso a los aprovechamientos forestales (como la leña, los pastos o los cultivos agrícolas de secano) en los montes privatizados, en una época en la que la economía agropecuaria campesina era en no pocas ocasiones de mera subsistencia (MARTÍ, 2003: 167 y ss.; COBO y cols., 1992: 159 y ss.). En el mejor de los casos, los vecinos veían degradada su condición, puesto que de aprovechar las tierras por su título personal de vecindad, pasaban a ser arrendatarios sometidos a contratos privados impuestos por los nuevos dueños desde una situación de superioridad (SANZ, 1987: 41). Por ese y por otros motivos, no extraña que Joaquín Costa calificara la Desamortización como “la guerra loca de la Nación contra sus municipios” (COSTA, 1915: 334).

Como señala MARÍN (2015: 351), los “pueblos”, en su acepción más amplia y tradicional, es decir, como el conjunto que forman el Ayuntamiento

y la comunidad vecinal a la que debiera representar, no podían ser meros espectadores de semejante expolio, y desarrollaron acciones de resistencia frente a la Desamortización. De hecho, resulta llamativo que esta resistencia se adoptara de manera generalizada en todo el territorio nacional, sin necesidad de coordinación alguna entre pueblos, y promovida solo por el instinto de autodefensa y el sentido común de las comunidades campesinas. Es cierto que también las divisiones internas de estas comunidades se manifestaron con frecuencia; a veces, hasta el punto de hacer fracasar esos intentos de resistencia, o aún peor, de instrumentalizarlos para servir a intereses particulares de algunos vecinos.

Esas acciones fueron muy variadas. En un extremo encontraríamos las que SCOTT (1997) llama “formas cotidianas de rebelión campesina”, actuaciones en general individuales y no coordinadas, y que con frecuencia entran en el terreno de la ilegalidad, cuando no de la delincuencia: furtivismo, ratería, calumnia, incendios, roturaciones ilegales, etcétera. Aunque hay autores que reivindicaban estas acciones ilegales incluso como “ecologistas” (MARTÍNEZ, 1990), creemos que su análisis debe ser siempre crítico, porque causaban graves daños a los montes, y además ocultaban no pocas veces la simple codicia de algunos vecinos (ARTIAGA y BALBOA, 1992: 112 y ss.).

En el otro extremo, se hallaría la acción de resistencia más legalista, que en el caso de la desamortización civil española sería la tramitación ante el Ministerio de Hacienda de un expediente de declaración de los montes como de aprovechamiento común o dehesa boyal, lo que les excluía de la venta en aplicación del artículo 2.9 de la Ley Madoz. No obstante, estos expedientes tenían el serio inconveniente de que con frecuencia Hacienda no contestaba a las solicitudes de excepción, o las conducía a laberintos administrativos, y mientras tanto vendía los montes, cuya existencia conocía, precisamente, gracias a esas solicitudes (ARTIAGA, 1990: 179-181; PÉREZ-SOBA y SOLÁ, 2004: 11-14). También cabía aplicar la otra excepción de la venta prevista en la Ley Madoz, en este caso en el artículo 2.6, logrando que los montes municipales ingresaran en alguno de los Catálogos de montes exceptuados de la desamortización que hizo el Cuerpo de Ingenieros de Montes para salvar de la venta los montes públicos de valor ecológico y forestal: bien la efímera *Clasificación general de los montes públicos* de 1859;

bien el mucho más duradero *Catálogo de montes públicos exceptuados de la desamortización* de 1862; o bien el definitivo *Catálogo de montes de utilidad pública*, formado en 1897 y publicado en 1901 (PÉREZ-SOBA, 2013).

Entre ambos extremos, podemos hallar una variadísima casuística de acciones más o menos colectivas y coordinadas, en las que a menudo la comunidad vecinal usaba las instituciones que le eran más cercanas (en general el Ayuntamiento, pero también otras, como una asociación de ganaderos) para tomar iniciativas que permitieran mantener la propiedad pública de los montes, o si ello no era posible, al menos conservar su uso vecinal. Esas acciones podían ser tan sencillas como la ocultación de fincas a las inspecciones de la Administración estatal (los llamados *montes ocultos*), o más complejas: la compra del monte por la totalidad o gran parte de los vecinos, lo que generaba un tipo de propiedad indivisa que hoy se conoce como *monte de socios* (MEDRANO y cols., 2013), la intervención de testafierros en las subastas (PÉREZ-SOBA, 2009), la influencia en la tasación de las fincas, las acciones para forzar la renuncia al predio por parte del adjudicatario, etcétera (MARÍN, 2015: 350-391; SABIO, 2002a: 203-207; SABIO, 1991).

En 2015, y con el fin de redactar la Memoria precisa para la declaración de utilidad pública de varios montes que se entendían propiedad del Ayuntamiento de Biel (Zaragoza), pudimos investigar con detenimiento la historia de los montes de dicho municipio, mediante una revisión bibliográfica y una búsqueda documental, en la cual fueron fuentes fundamentales el Archivo Municipal de Biel (AMB) y el Archivo del Servicio Provincial de Desarrollo Rural y Sostenibilidad de Zaragoza (ASPDRSZ) del Gobierno de Aragón, y fuente secundaria el Archivo Histórico Provincial de Zaragoza (AHPZ). Dicha investigación se completó con dos visitas a los montes públicos del término municipal, junto con la guardería forestal y prácticos conocedores del terreno, a partir de la cual elaboramos una cartografía de dichos montes.

La investigación reveló un caso bien documentado de resistencia de una comunidad vecinal a la desamortización civil, que destacaba por la variedad, el ingenio y la persistencia de los mecanismos adoptados, y que consideramos de interés suficiente como para presentarlo como comunicación en el VII Congreso Forestal Español, convocado por la Sociedad Española de Ciencias Forestales y celebrado en Plasencia (Cáceres), del 26 al 30 de

junio de 2017 (PÉREZ-SOBA, 2017). Las limitaciones propias de las comunicaciones a congresos nos obligaron a dejar fuera del texto finalmente presentado una gran cantidad de datos y consideraciones que creemos de interés para el mejor conocimiento de los impactos reales de la Desamortización en las economías rurales, y de las formas de autoorganización de las comunidades vecinales de montaña del Prepirineo aragonés. Por eso, en este artículo exponemos, con mucha mayor amplitud y detalle, el estudio de caso presentado en el VII Congreso Forestal Español.

EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BIEL Y SUS DOS GRUPOS DE MONTES MUNICIPALES: EL MONTE ALTO Y EL MONTE BAJO

La localidad de Biel se halla en el partido judicial de Ejea de los Caballeros, en la comarca de las Cinco Villas, en el norte de la provincia de Zaragoza. Tuvo un término municipal propio y exclusivo de 9383 hectáreas, que en 1975 pasó a ser de 13 070 hectáreas, al absorber el limítrofe término de Fuencalderas (localidad que desde 1996 es una entidad local menor dentro del término de Biel). A comienzos del siglo XX (1901-1920) la población censada en Biel superaba los 1300 habitantes, cayendo bruscamente a partir de 1950 (INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA y SERVICIO DE ESTUDIOS DE LA CAI, 2005: 76-77), hasta llegar a un censo de solo 165 habitantes a 1 de enero de 2011. El antiguo término municipal de Biel es fundamentalmente forestal, y cuenta con notables valores ambientales: se encuentra en la sierra de Santo Domingo (en el Prepirineo zaragozano); en él se ubican once montes declarados de utilidad pública que suman 3524 hectáreas (un 37,6% de la superficie del antiguo término); y se ve afectado por un Espacio Natural Protegido (el Paisaje Protegido de la sierra de Santo Domingo), dos Lugares de Importancia Comunitaria (LIC n.º ES2410064, “Sierras de Santo Domingo y Caballera” y LIC n.º ES2430066, “Río Arba de Biel”) y una Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA n.º ES0000287, “Sierras de Santo Domingo y Caballera y río Onsella”).

Tradicionalmente, el pueblo de Biel contaba con dos zonas forestales comunales, o dos grandes grupos de montes municipales, denominados Monte Bajo y Monte Alto, que se documentan ya en un *Listado de los montes baldíos, realengos y de dueño no conocido*, fechado el 13 de noviembre de 1837 (AMB, sig. 118-23), y donde figuran del siguiente modo:

- 1.º) El Monte Bajo se describe como condominio de los Ayuntamientos de Biel y de El Frago, poblado de “pocos robles” y aliagas, y tan escabroso que resulta de medición impracticable. El aludido “condominio” del pueblo de El Frago sobre el monte parece referirse en realidad a los derechos de aprovechamiento que históricamente tuvo dicho pueblo en los montes propiedad de Biel (estudiados por ARGUDO y CASABONA, 1993), que se hallan hoy plenamente caducados por falta de uso desde hace más de ciento cincuenta años. Este Monte Bajo estaría dividido en muchos y pequeños trozos repartidos entre las propiedades (se entiende que privadas) sitas “del pueblo [de Biel] a El Frago”, siguiendo una larga franja de más de 10 kilómetros de longitud y unas 2500 hectáreas de superficie que ocupa la zona oeste del término municipal, incluyendo (de norte a sur) los parajes de La Carbonera, Val de Biel, Vedado (o Pinar), Bernano, Fusillos y Casa Andrés. Al Monte Bajo de Biel también se le denomina, sobre todo a partir de mediados del siglo XIX, como *Dehesa Boyal*, nombre genérico con el que se designaba antiguamente a los montes acotados y destinados al aprovechamiento de los animales de labor de los vecinos de una localidad (PÉREZ-SOBA y SOLÁ, 2003: 111-118).
- 2.º) El Monte Alto se describe en 1837 como poblado de pinos, hayas y bojés (aunque el pino se considera dominante, con “alguna devastación”) con una superficie que no se puede establecer “por su escabrosidad”, y apenas roturado por sus elevadas pendientes, y porque la pequeña zona en cultivo agrícola “corrientemente es destrozada por los jabalíes”. En 1849, el perito agrónomo de la Comisaría de Montes de Zaragoza realiza un reconocimiento del Monte Alto, con motivo de una solicitud de corta de maderas y leña presentada por la Sociedad Minera Franco-Aragonesa, y lo describe de la siguiente manera: “[tiene] una extensión de dos leguas cuadradas constando de siete partidas denominadas Paco de Ponz, Paco de Puidibro [*sic*; en realidad, “Puidibrio”], Paco de Peñaluenga, Paco de Puy de Mulo, Nuestra Señora de Orrios, Paniagua y La Fraya. Todas ellas se hallan abundantemente pobladas de pinos y de algunas hayas, cuyo número ascenderá aproximadamente a unos cien mil árboles de la edad de 30 hasta más de cien años, existiendo además un crecido número de los jóvenes y arbustos como enebros y otros semejantes. La circunferencia

de los pinos y hayas es la de 25 a 50 pulgadas y algunos de mayores [...] la espesura del arbolado es tal que en muchos sitios apenas se puede transitar por él”. Procede aclarar que *paco* u *opaco* es un término que significa ‘umbría’ en el Alto Aragón (VÁZQUEZ, 1994: 461-462). Estos siete *pacos* que formaban el Monte Alto constituyen una zona de escarpadas laderas e intrincados valles en plena sierra de Santo Domingo, sita en la parte norte del término municipal, en donde tiene su nacimiento el río Arba de Biel.

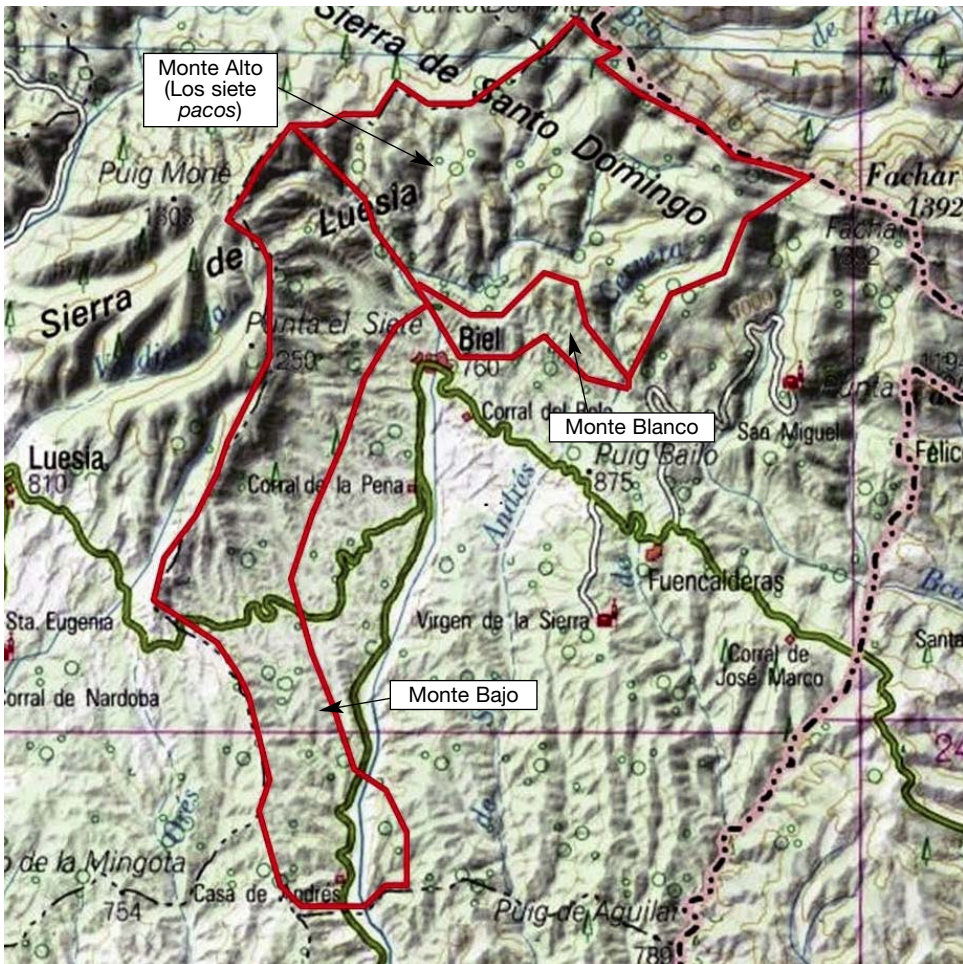


Fig. 1. Ubicación aproximada del Monte Alto, el Monte Bajo y el Monte Blanco de Biel. (Fuente: Elaboración propia sobre cartografía del Instituto Geográfico Nacional: MTN200)

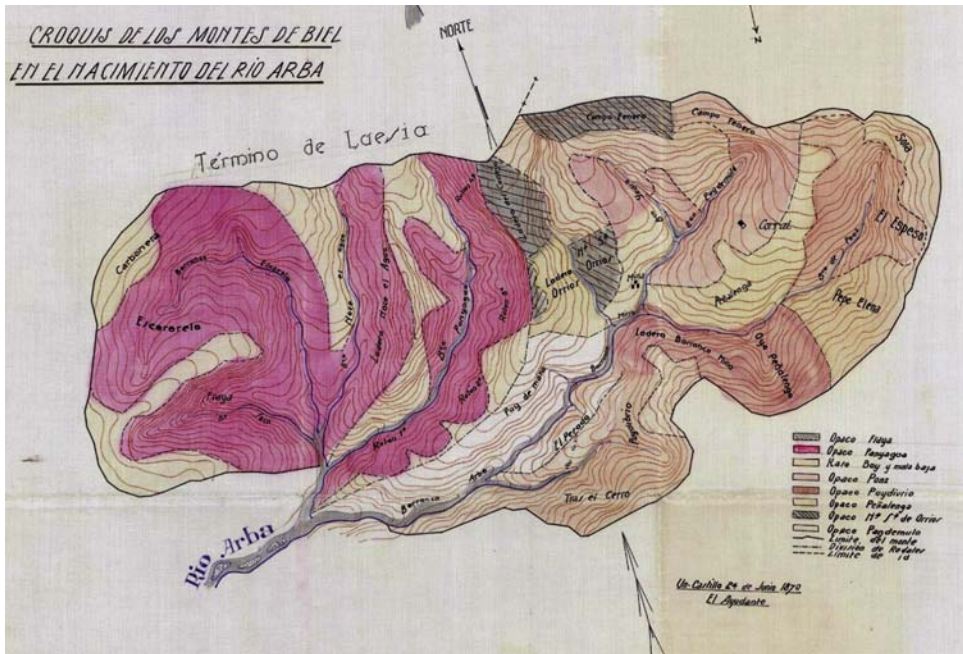


Fig. 2. Croquis de los montes de Biel en el nacimiento del río Arba, dibujado por un ayudante de Montes no identificado y fechado en Uncastillo el 24 de junio de 1870.

Es la primera representación cartográfica (aunque sea aproximada) que se conoce del llamado Monte Alto de Biel. (Fuente: ASPDRSZ, archivo del Catálogo de Montes de Utilidad Pública, sig. pla18201)

En la figura 1 se representa, a grandes rasgos, la ubicación de los montes Alto y Bajo dentro del término municipal de Biel, así como la del Monte Blanco al que nos referiremos enseguida. Se conserva en el ASPDRSZ un croquis del Monte Alto, fechado en 1870, que se presenta en la figura 2.

LA RESISTENCIA JURÍDICA FRENTE A LA DESAMORTIZACIÓN

La tramitación de expedientes de excepción acogiéndose a los artículos 2.6 y 2.9 de la Ley Madoz

Lo primero que cabe decir es que en Biel se dio el caso (que antes hemos calificado de frecuente) de la falta de respuesta de Hacienda a las solicitudes “ordinarias” de excepción de la venta por la vía del artículo 2.9 de la Ley Madoz. Comenzada la desamortización civil ordenada por la Ley Madoz de

1 de mayo de 1855, el Ayuntamiento de Biel solicitó el 12 de diciembre de 1858, que se exceptuara de la aplicación de la Ley, en concepto de dehesa boyal, un monte al que se designaba con el nombre de “Carbonera, el Pinar y Bernano” (correspondiente a las partidas septentrionales del Monte Bajo), sin que se le diera contestación alguna. No obstante, se conserva en el Archivo Histórico Provincial de Zaragoza (sig. A/002472/000017) un informe negativo sobre dicha solicitud, que considera que el monte ha perdido el carácter de aprovechamiento común porque en ocasiones se había subastado su aprovechamiento.

Poco después, en la *Clasificación general de los montes públicos* (1859) formada por el Cuerpo de Ingenieros de Montes para determinar qué montes públicos debían quedar exceptuados de la venta, figuran siete montes propiedad del Ayuntamiento de Biel. Seis de ellos son los *pacos* o umbrías de Biel ya descritos en 1849 como componentes del Monte Alto, y que ya no son siete porque se unen en uno solo los *pacos* de Puidibrio y de Peña-luenga. Todos ellos son clasificados como exceptuados del proceso desamortizador, clasificación que se repite poco después en el *Catálogo de montes públicos exceptuados de la desamortización* (1862), en el cual vuelven a aparecer (con los números 113 a 118) los seis *pacos*, todos ellos con pino silvestre como especie principal. Gracias, por tanto, a los ingenieros de Montes autores de ambos *Catálogos* en la provincia de Zaragoza (el de 1859, obra de Andrés Antón Villacampa; y el de 1862, obra de José Jordana y Morera), todo el Monte Alto quedaba excluido de la venta, por la vía del artículo 2.6 de la Ley Madoz.

Muchos años después, en 1896, el Ayuntamiento inicia ante el Ministerio de Hacienda un segundo expediente de excepción de la Desamortización (después del iniciado, e ignorado, en 1858), pidiendo (para una mayor seguridad) que se declare de aprovechamiento común el Monte Alto y que se declare dehesa boyal el monte “Carbonera, el Pinar y Bernano”, correspondiente, como luego veremos, a las partes no vendidas en la desamortización del Monte Bajo (AMB, sig. 118-14). Tampoco consta que este expediente (que por cierto es muy completo) fuera resuelto de manera expresa, pero quizá sea porque muy pronto los dos montes ingresan en el *Catálogo de montes de utilidad pública*, lo cual los dejaba ya por completo a salvo de la Desamortización. En efecto, el Monte Alto (en forma de las seis partidas o

pacos antes descritos) y las partes no vendidas del Monte Bajo figuraron en la propuesta de *Catálogo de montes de utilidad pública* que el Distrito Forestal de Zaragoza remitió al Ministerio de Fomento en 1896, y como montes de ese carácter fueron clasificados finalmente por la Comisión Mixta de los Ministerios de Hacienda y de Fomento creada por el Real Decreto de 27 de febrero de 1897, y figuraron en el *Catálogo de montes de utilidad pública* de esta provincia publicado en la *Gaceta de Madrid*, n.º 271, de 28 de septiembre de 1901, con los números 181 al 187, quedando por tanto sometidos al régimen conservacionista y protector propio de ese *Catálogo*, en el cual hoy continúan sin alteración, más de un siglo después.

La anulación de la venta del Monte Blanco (1860-1872)

El séptimo monte público de Biel que apareció en la *Clasificación* de 1859, lleva en ella la anodina denominación de *Monte Blanco* (expresión que en Aragón designaba simplemente al monte comunal; PÉREZ-SOBA y SOLÁ, 2005), correspondía a la zona sita entre el pueblo y el Monte Alto, y (a diferencia de los otros seis) se clasifica como enajenable.

Esta pronta clasificación del Monte Blanco como vendible hace que se vea incluido en una ofensiva desamortizadora que fue especialmente aguda en la provincia de Zaragoza: la de otoño de 1860, cuando se venden en masa, en pocas semanas, miles de hectáreas de montes públicos, que afectan en particular a los términos municipales de Pina de Ebro, Ejea de los Caballeros y Tauste (PÉREZ-SOBA, 2018: 49). Así, el 21 de noviembre de 1860 es anunciada en el *Boletín Oficial de Ventas de Bienes Nacionales de la Provincia*, n.º 312, la venta a particulares, en pública subasta anunciada para el 4 de enero de 1861, del Monte Blanco (medido en 642 hectáreas, poblado de mata baja, boj y “pinos carrasquiños”), así como otro denominado en el anuncio como *Foriellos* (en realidad, Fusillos, que era la parte central del Monte Bajo), cuya superficie se cuantificaba en 305,8860 hectáreas y que se describe poblado de mata baja y coscojo. Ambos montes fueron en efecto rematados a favor de la misma persona, Joaquín Marín, un influyente comerciante zaragozano que era uno de los líderes locales del partido liberal (fue alcalde de Zaragoza en 1854-1856) y habitual comprador de montes desamortizados en la provincia.

Pero muy poco después comenzó una enconadísima y larga polémica entre el pueblo y el comprador, debido a que los límites que se hacían constar en la venta del Monte Blanco le hacían llegar por el norte hasta el límite de término, lo cual solo era posible si incluían la totalidad de los *pacos* municipales que conformaban el Monte Alto de Biel, así como las partidas más septentrionales del Monte Bajo (La Carbonera y Bernano o Bernanos). Aprovechando esa circunstancia, el comprador presentó contra los pastores locales un interdicto judicial en 1862, conminándoles a dejar de pastar en todo el Monte Alto, que consideraba de su propiedad.

Ante esa denuncia, el Ayuntamiento reaccionó de manera indignada, dirigiendo al gobernador civil un escrito fechado el 28 de octubre de 1862, en el que exponía sólidos argumentos en contra de la pretensión de Marín: los *pacos* acababan de aparecer como no enajenables en la *Clasificación general de los montes públicos* de 1859 (y poco después aparecerían en el *Catálogo* de 1862), por lo que no podían haber sido vendidos como enajenables, y además había enorme diferencia entre la superficie con que se había vendido el monte (642 hectáreas) y la que resultaría de aceptar los límites que el señor Marín pretendía (más de 2000):

sorprendiendo D. Joaquín Marín a la Autoridad Judicial, ha obtenido un interdicto de recobrar la posesión sin audiencia de la Corporación exponente, y con el título de la enunciada venta se le ha puesto en posesión de terrenos que esta no comprendía. Si la diferencia fuera insignificante, los exponentes tal vez hubieran guardado silencio; pero siendo tan remarcable como es, creerían faltar a sus más sagrados deberes, si con su aquiescencia autorizasen semejante despojo hecho al Pueblo y aun a la Nación misma, y en su virtud no pueden menos de recurrir a la paternal Autoridad de V. E. a fin de que remedie semejantes abusos [...] En ese terreno no vendido, y del que se ha poseionado Marín, se hallan siete Pacos, que contienen grandes pinos, hayas y otros árboles de muchísimo valor, conocidos con nombres especiales que no se pueden confundir y se encuentran además los montes llamados la Carbonera y Bernanos [...] V. E. no puede en manera alguna consentir que con el pretexto de haber comprado uno 1648 cahizadas, 3 fanegas de tierra, se utilice de diez mil, circunstancia que por sí sola bastaría para que se anulara la venta de lo enajenado. Por otra parte sabido es que un comprador de esta clase no tiene derecho a más que al terreno medido y tasado, y no habiéndolo sido, ni los siete Pacos, ni los montes Bernanos y Carbonera, Marín no tiene ningún título a poseerlos. Por tanto a V. E. suplica, que acogiendo benigneamente esta exposición [...] se sirva declarar, primero, que don Joaquín Marín no ha comprado más que 1648 cahíces, 3 fanegas de tierra inculta de

los montes de Biel; segundo, que en dicha venta no se comprendieron ni pudieron comprenderse los siete Pacos y montes llamados Carbonera y Bernanos; y tercero que el mencionado Marín debe dejar a disposición del Pueblo estos montes según así lo espera de la notoria justificación de V. E.

Al día siguiente, 29 de octubre de 1862, el Ayuntamiento escribió de nuevo al gobernador pidiendo que “se sirviese mandar proceder desde luego al deslinde y señalamiento de los terrenos que a D. Joaquín Marín correspondieran por los mismos peritos que los tasaron, o al menos con su asistencia”. Para ganar una mayor seguridad, además de pedir el deslinde de los *pacos*, el Ayuntamiento había iniciado el 28 de abril de 1862 un expediente de información posesoria a su favor en el Juzgado de Primera Instancia de Sos del Rey Católico, para probar su posesión pacífica y a título de dueño sobre un Monte Alto que abarcaba no solo los *pacos*, sino también todo el Monte Bajo, obteniendo su aprobación por auto del día siguiente (29 de abril de 1862), sin que se hiciera protocolización notarial por el motivo de que aún (aunque por pocos días) no existían los notarios en España (la primera Ley del Notariado es de 28 de mayo de 1862), anotándose en cambio en el protocolo del escribano de Sos Mariano Campos. Según una nota manuscrita del AMB, se hizo una protocolización notarial muy posterior, el 11 de junio de 1889, ante el notario de Sos Silvestre Iso y Morea.

Mientras, Marín se había opuesto a cualquier intervención administrativa en este asunto, y su petición de que se abstuvieran de actuar el Distrito Forestal y el Gobierno Civil fue desestimada por el Consejo Provincial en su sesión de 26 de junio de 1863, suscitándose de este modo un conflicto entre el juez de primera instancia de Sos y el Gobierno Civil, que, finalmente, llegó incluso al Consejo de Ministros, el cual resolvió a favor del juez, casi tres años después, mediante el Real Decreto de 12 de julio de 1865 (*Gaceta de Madrid*, n.º 214, de 2 de agosto).

Era un triunfo del señor Marín, pero fue pírrico, puesto que las cosas mientras habían ido evolucionando en su contra. Así, el 5 de junio de 1863, se personó en Biel el perito agrónomo del Distrito Forestal para cumplir la misión de identificar los dos montes comprados por Marín, concluyendo: “me vi en la precisión de suspenderla, porque con los datos suministrados no es posible llevarla a cabo sin lastimar intereses dignos del mayor respeto”.

En efecto: las contradicciones entre las cabidas, linderos y descripciones de vegetación que figuraban en la subasta, y los que resultaban de la realidad, eran insalvables. Se concluía por tanto que, dado que lo que nadie discutía era que los *pacos* no estaban vendidos (puesto que, como se ha dicho, estaban comprendido de modo expreso en el *Catálogo de montes exceptuados* de 1862), debía procederse a deslindar los *pacos*, no los montes adquiridos por el señor Marín: “soy de parecer [...] que por el Ilmo. Sr. Gobernador se acuerde el deslinde de los siete *pacos* exceptuados de la desamortización en el pueblo de Biel, y hecho esto, y cuando los límites sean bien conocidos, dar a D. Joaquín Marín la cabida que compró”. El 20 de junio siguiente, el insigne ingeniero de Montes José Jordana y Morera, a la sazón jefe del Distrito Forestal de Zaragoza, hacía suya esa propuesta y la elevaba al gobernador: “es de dictamen que se aplace la resolución del asunto hasta conocer el resultado que dé el deslinde de los pinares o *pacos* cuestionados, a cuyo efecto se ha presentado ya por la Municipalidad de Biel la correspondiente solicitud”.

Acordado finalmente el deslinde perimetral de los siete *pacos* de Biel por el gobernador, fue practicado ese mismo año con notable diligencia por Jordana, quien acabó las operaciones el 23 de septiembre de 1863, concluyendo que el anuncio de venta contenía errores y contradicciones insalvables en cuanto a linderos y cabidas, y que dentro de los límites literales con los que se había subastado el Monte Blanco se hallaban los siete *pacos* deslindados, que estaban legalmente excluidos de la venta y, por tanto, no se podían haber subastado. Aunque el expediente se remite al Gobierno Civil para su aprobación final, esta no consta, afirmando en cambio el gobernador el 3 de julio de 1867 que se ha “extraviado” todo el expediente (PÉREZ-SOBA, 2014: 259-260). El Ayuntamiento pide entonces que se forme otro, o que se resuelva por fin sobre la posesión del monte, y logra tras varios años que el asunto llegue a la Junta Superior de Ventas de Bienes Nacionales, que el 13 de septiembre de 1870 resuelve declarar nula la venta del Monte Blanco, lo que es confirmado por Real Orden del Ministerio de Hacienda de 17 de enero de 1871.

Marín recurre esa orden ante el Tribunal Supremo, pero fracasa: la sentencia de 28 de junio de 1872 desestima terminantemente el recurso, considerando: 1.º) “indudable que los siete *opacos* poblados de pinos silvestres que existen dentro de los límites de la finca que D. Joaquín Marín pretende haber

adquirido, estaban exceptuados de la enajenación como incluidos en el catálogo de 1859”, por lo que no podían venderse; 2.º) que no podía suponerse comprada la finca como cuerpo cierto, ya que se había anunciado la subasta con cabida y linderos, por lo que no bastaba la identidad de estos si no corresponde igualmente aquella (artículos 106, 110 y 123 de la instrucción de 31 de mayo de 1855); y 3.º) que no hay identidad entre los límites fijados a la finca en el anuncio de subasta y los de la que pretende poseer Marín, ni la hay en los nombres, cabida, calidad y producción, “y esto hasta tal punto, que según los planos unidos a los autos es materialmente imposible fijar la situación de lo que se subastó”. Por ello, el Tribunal considera radicalmente nulo el contrato de venta, “celebrado con infracción patente de todas las disposiciones legales a que debió ajustarse”. El pueblo había salvado de la venta más de 2000 hectáreas de monte, siguiendo exclusivamente las vías legales.

Como se observa, la polémica estuvo centrada exclusivamente en la venta del Monte Blanco y el intento de usurpar los siete *pacos*, sin que suscitara polémica la venta del monte de los Fusillos, cuya pérdida dejaba fragmentado el Monte Bajo. De acuerdo con una anotación manuscrita que existe en el AMB, “el monte Fusillos fue rematado por D. Joaquín Marín en 66.000 reales en subasta del día 4 de enero de 1861. De D. Joaquín Marín lo compró D. Francisco Gastón Aznar Serrano, de Ansó, mediante escritura pública otorgada en 17 de mayo de 1876, y se le amillará en el año 1877 a 1878”. El señor Aznar continuaba siendo el dueño pacífico del monte de Fusillos en 1896, puesto que se le menciona como colindante en el segundo expediente de excepción de la Desamortización iniciado en ese año, y al que antes nos hemos referido.

LA RECOMPRA, GESTIÓN VECINAL Y REMUNICIPALIZACIÓN DE MONTES VENDIDOS: LOS MONTES VAL DE BIEL Y ARCANALO

Venta y recompra de los montes Val de Biel y Arcanalo

Obviamente, la anulación de la venta del Monte Blanco no suponía que el Ayuntamiento lo recuperara, sino que nuevamente entraba en la desamortización. Y muy pronto; de hecho, sin esperar siquiera a que se resuelvan los recursos presentados por el señor Marín contra la anulación de la primera venta del monte, ya que en el *Boletín Oficial de Ventas de Bienes*

Nacionales de la Provincia (BOVBNP), n.º 1042, de 22 de noviembre de 1870, se anuncia la segunda subasta para el 26 de diciembre de 1870. No obstante, la venta se hace con cambios muy significativos que demuestran que no se quería repetir la bochornosa descripción de la primera subasta, que tantos problemas había causado. Ya no se anuncia con 642 hectáreas, sino con menos de la mitad de superficie (314,0924 hectáreas en venta, después de deducir 114,50 hectáreas de caminos y enclavados particulares) y sobre todo se rectifican los linderos, dejando claro que los *pacos* no se veían afectados, y se recogen los topónimos comprendidos dentro de sus límites: “Se conoce además este monte con los nombres de Santo Cristo del Cerro, Arcanalo y San Gabás, a la parte O., centro y E., respectivamente”. A partir de ese momento, al Monte Blanco se le pasará a conocer como *Arcanalo*, por el topónimo que designa a su parte central. Por otra parte, en ese mismo BOVBNP se anuncia, para la misma fecha, la venta de otro “monte blanco”, en Val de Biel, con 197,3034 hectáreas de cabida total y 166,6534 hectáreas de cabida en venta, y que correspondía a la zona centro-norte del Monte Bajo, el cual quedaba aún más fragmentado, tras la primera venta del paraje de los Fusillos.

Los montes Arcanalo y Val de Biel ocupan una situación estratégica con respecto al casco urbano: el primero lo rodea por el norte, y el segundo se halla a poca distancia por el oeste (fig. 3).



Fig. 3. Vista del monte Val de Biel desde el monte Arcanalo. Como puede verse, el pueblo de Biel se halla situado entre ambos montes. (Foto: I. Pérez-Soba)

Ambos montes fueron efectivamente vendidos, sin que se documente especial polémica, extendiendo el Estado escritura de venta de los dos predios a favor de Agustín Iso Morea y Justo Serrano Blanco el 29 de marzo de 1871, ante el notario de Zaragoza Francisco Higuera (n.º 124 de su protocolo). Agustín Iso era un letrado de Zaragoza que ejerció como abogado y procurador.

Pero no muchos años después, la comunidad vecinal empieza a plantearse estrategias para recuperar el uso comunal de los terrenos vendidos, esta vez usando la vía de la recompra de los montes por todo el vecindario, o al menos por un gran número de los vecinos, organizados de manera evidente (lo cual sugiere un papel en la sombra del Ayuntamiento como concitador de voluntades). Ya en fecha no determinada del año 1880 (en todo caso, antes del 1 de junio, fecha que se menciona como futura en el documento que vamos a citar), los dueños de los montes Val de Biel y Arcanalo (en esa época, Juan José Cardesa, Blas Navarro, Gregorio Muñoz, Miguel Lasheras y Germán Navarro, que aún están pagándolos a plazos hasta el 30 de septiembre de 1881) se dirigen al Ayuntamiento manifestándose dispuestos a vender el monte “a la colectividad de vecinos que a ello se comprometan”, manteniendo los vendedores una parte igual a la de cada uno de los adquirentes. Hay otro documento sin fecha (AMB, sig. 117-68), que parece ser una respuesta a esa oferta, en que un alto número de vecinos se comprometen a comprar esos dos montes, y el 16 de mayo de 1882 los dueños, que ya han pagado sus plazos, se dirigen al Ayuntamiento reiterándose “dispuestos a vender los expresados montes [Val de Biel y Arcanalo] a favor de los vecinos de esta Villa, a todos aquellos que deseen obligarse a la compra, y por el mismo precio y condiciones que los tenemos adquiridos, a condición de que a fines del corriente mes han de resolver si se comprometen o no”. Finalmente, la compra no se produjo.

Pero la idea no cayó en el olvido, y fructificaría más de veinte años después, de manera casi exacta a como inicialmente se había planteado. El 4 de octubre de 1904, cuatro de los condueños, el alcalde y los concejales del Ayuntamiento y un alto número de vecinos firman un documento privado de compromiso de compraventa (AMB, sig. 160-24), por un importe de 5000 pesetas, en cuatro plazos anuales. El quinto condueño ahora no es Blas Navarro, sino Dionisio Caudevilla Casas, de cuya voluntad no pueden responder los

otros cuatro, pero el 9 de octubre siguiente, el señor Caudevilla acepta también por escrito vender su quinta parte indivisa, aunque vinculándolo a la resolución de la polémica que le enfrenta a los vecinos en el monte de Casa Andrés, como se verá en el apartado de este artículo que trata de ese predio.

En todo caso, el documento de 1904 muestra una notable diferencia con los de 1880-1882: mientras estos solo hablan como adquirentes de los “vecinos comprometidos”, en aquel la intención, desde el inicio, es vincular la propiedad de los montes al Ayuntamiento, y su aprovechamiento a toda la comunidad vecinal sin excepciones, es decir, incluyendo a los vecinos no compradores. Resulta muy significativo que en 1904 se manifieste que la venta se hará “a favor de los vecinos de la villa de Biel” (y no solo de los que se comprometían a ello), subrayando la participación en el pacto, como parte, del Ayuntamiento, al decir que “así lo acuerdan los vendedores con el Ayuntamiento y vecinos”. De hecho, aunque cada uno de los vecinos paga una cantidad para la compra, el Ayuntamiento también aporta fondos, como luego veremos.

Es decir, aunque formalmente los adquirentes son ciudadanos individuales y particulares, que por tanto constituyen una comunidad de condueños en cuotas partes, de tipo romano (lo que hoy se conoce como “monte de socios”, figura legal que ya hemos mencionado en la introducción), lo que se pretende constituir en realidad es un monte de propiedad municipal aprovechado por toda la comunidad vecinal; es decir, un monte comunal (PÉREZ-SOBA y SOLÁ, 2004). Podría argüirse contra esta interpretación que, de ser esa la intención, el Ayuntamiento hubiera podido adquirir los montes por sí mismo, en lugar de usar como intermediarios a los vecinos. Sin embargo, debe recordarse que en 1904-1905 aún estaba vigente para los bienes de los pueblos la tantas veces mencionada Ley de Desamortización General de 1 de mayo de 1855, cuyo artículo 25 vedaba expresamente que las “manos muertas” (entre ellas, los ayuntamientos) pudieran adquirir cualquier inmueble: “No podrán en lo sucesivo poseer predios rústicos ni urbanos, censos ni foros las manos muertas enumeradas en el art. 1 de la presente Ley”. Y el artículo 26 siguiente remachaba: “Los bienes donados y legados, que se donen y leguen en lo sucesivo a manos muertas, y que estas pudieren aceptar con arreglo a las leyes, serán puestos en venta o redención, según dispone la presente, tan luego como sean declarados

propios de cualquiera de las corporaciones comprendidas en el art. 1.º”. Por tanto, el Ayuntamiento no podía figurar como adquirente de los montes, en modo alguno.

Y en este caso, la compra sí se produce: mediante escritura de compra-venta suscrita por los cinco condueños y 192 vecinos de Biel, ante el notario de Sos del Rey Católico (desplazado a Biel para la ocasión) Victoriano Oliete Pérez, el 12 de mayo de 1905 (n.º 94 de su protocolo) (fig. 4), la propiedad del monte se reparte en 197 partes iguales e indivisas, ya que los vendedores no transfieren toda la propiedad, sino retienen una parte igual a la que adquiere cada uno de los compradores. La escritura fue presentada en el Registro de la Propiedad de Sos, produciendo el 29 de julio de 1905 las correspondientes inscripciones registrales de dominio.

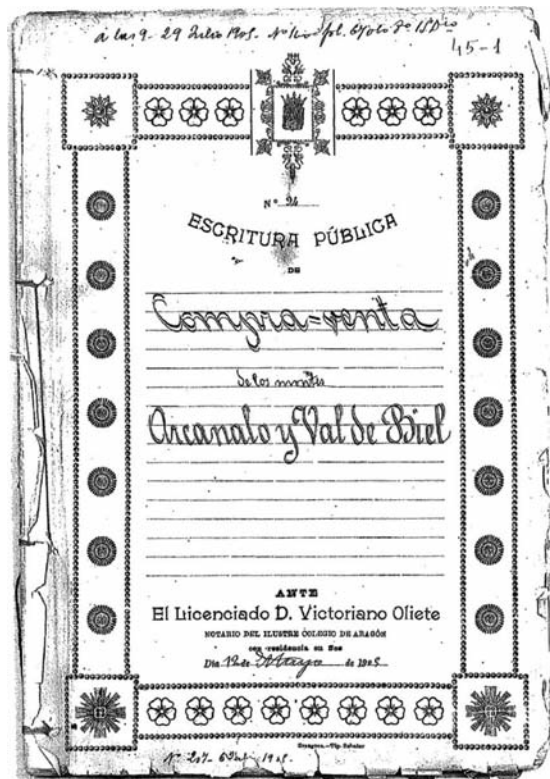


Fig. 4. Portada de la escritura de compra colectiva de los montes Arcanalo y Val de Biel. (Fuente: AMB, sig. 45-1)

45-7

Vecinos de Biel que han firmado como otorgantes para la compra de los Montes.

Número de finca	Nombres y apellidos de los interesados	Estado	Clase	Porcentaje de la finca	Porcentaje de la finca	Porcentaje de la finca	Fecha de la escritura
456	Bernardo Candavilla Cas	casado	7.ª	Propietario			11 Mayo
163	Miguel Lasheras Diez	7.ª	8.ª	Labrador			5 7.ª
75	Juan José Candasa Gómara	viudo	9.ª	Labrador			11 7.ª
92	Severino Navarro Gómara	casado	9.ª	Labrador			12 7.ª
354	Gregorio Muñoz Pérez	viudo	9.ª	Labrador			11 7.ª
246	Antonio Pérez Puño	casado	11.ª	Jornalero			12 7.ª
385	Félix Oives Blázquez	7.ª	10.ª	Jornalero			5 7.ª
326	Hilario Lana Bendugua	7.ª	9.ª	Labrador			12 7.ª
102	Antonio Artigas Pérez	7.ª	11.ª	Labrador			12 7.ª
108	Juan Lasheras Diez	7.ª	9.ª	Labrador			5 7.ª
35	Mariano Thal Gastán	7.ª	9.ª	Labrador			12 7.ª
779	Gregorio Thal Gastán	7.ª	9.ª	Labrador			5 7.ª
74	Fuente Mayo Godina	viudo	11.ª	Jornalero			12 7.ª
460	Manuel María Donalgué	casado	9.ª	Prop. fin. comuna			20 Abril
534	Esteban López Les	7.ª	11.ª	Jornalero			5 Mayo
26	Mariano Alvarado Peñán	7.ª	10.ª	Palanc			12 7.ª
709	Franisco Longás Mayo	7.ª	9.ª	Labrador			11 7.ª
50	Miguel Les Diez	7.ª	11.ª	Albánil			12 7.ª
59	Esteban Diez Puño	7.ª	9.ª	Labrador			12 7.ª
530	Nicolás Font Aguas Gallego	7.ª	9.ª	Jornalero			12 7.ª
714	José Thal Pérez (mayor)	viudo	9.ª	Labrador			11 7.ª
516	Tomás Longás Mainé	casado	11.ª	Labrador			12 7.ª
510	José Oives Gabás	7.ª	10.ª	Jornalero			12 7.ª
204	Benigno Borcada Candavilla	7.ª	11.ª	Labrador			12 7.ª
664	León Hartuny Balsa	7.ª	10.ª	Propietario			12 7.ª
217	Ramón Longás González	7.ª	11.ª	Sastre			12 7.ª
411	Fuente Navarro Muñoz	7.ª	9.ª	Albánil			12 7.ª
458	Lorenzo Muñoz Navarro	7.ª	11.ª	Jornalero			12 7.ª
612	Nicolás Diez Carajón	7.ª	10.ª	Labrador			5 7.ª
219	Santos Mayol Navarro	7.ª	10.ª	Jornalero			12 7.ª
490	Sebastián Navarro Lasheras	7.ª	9.ª	Labrador			12 7.ª
291	Leonardo López Les	7.ª	11.ª	Jornalero			12 7.ª

Fig. 5. Lista de "Vecinos de Biel que han firmado como otorgantes para la compra de los montes". (Fuente: AMB, sig. 45-7)

La lista de los 192 vecinos que compran el monte se conserva en el AMB (sig. 45-7), y en ella se comprueba que, aunque una muy amplia mayoría se identifica como labrador o jornalero y hay también varios pastores, en la iniciativa participan vecinos con todo tipo de profesiones, aun las que aparentemente menos interés personal puedan tener en la explotación de los predios: así, hay también albañiles, tratantes de ganado, sastres, tejedores, cortadores, pelaires (los que preparaban la lana para tejer), comerciantes, arrieros, practicantes, e incluso el maestro, el cartero y el secretario del Ayuntamiento (fig. 5).

El precio final de compra fue de 3000 pesetas, lo que supone una aportación individual por comprador de 15,63 pesetas, a la que hubo que sumar una cuota adicional de otras 2 pesetas por cabeza para abonar los honorarios del notario y del registrador, así como los correspondientes impuestos. Por usar una referencia, un jornal medio agrícola de secano en el sur de España, en ese año, vendría a rondar las 1,75 pesetas (SÁNCHEZ PASTOR, 1905: 113-114), luego la cuota final equivalía a unos diez días de trabajo de un jornalero no mal pagado. Por tanto, la cuota era relativamente asequible y permitía participar a las clases sociales más débiles, pero no dejaba de ser un esfuerzo para agricultores y jornaleros en una época en la que la población rural tenía muy poca liquidez, puesto que la economía se basaba en gran medida en el trueque y el intercambio de trabajo, siendo las transacciones en metálico de escasa importancia. No obstante, consta (como luego veremos) que se negociaron plazos para la aportación del efectivo, y que el Ayuntamiento apoyó económicamente la compra.

La compra se produjo con unas condiciones y pactos muy especiales:

- Los cuatro condueños que habían firmado el acuerdo de compra sí percibieron dinero en metálico, mientras que el quinto (el señor Caudevilla) cedió gratuitamente su parte a los compradores (reservándose, como los demás vendedores, una parte igual a la que cada uno adquiriera), a cambio de que los vecinos renunciaran a sus reivindicaciones en relación con el monte de Casa Andrés, monte y reivindicaciones que luego analizaremos.
- Se pacta entre los compradores que “la administración de los montes vendidos estará a cargo de una Junta nombrada por la mayoría de los

adquirientes, en junta general que se renovará todos los años, y cuya junta general se reunirá en cada año para examinar las cuentas que presente la junta administrativa”, pero que “los dueños de los montes podrán admitir como copartícipes a todos los demás vecinos de Biel que quieran ingresar en la sociedad de compras pero no podrá ninguno enajenar separadamente la parte adquirida por el mismo”. Como se ve, se pretende dotar a los montes de una gestión vecinal desarrollada por una junta, lo que de hecho era exactamente la intención expresa en el compromiso de compra, finalmente no concretado, de 1880. Y también se quiere dejar claro que el disfrute de los montes se puede hacer extensivo a toda la comunidad vecinal, compradora o no, lo que subraya nuestra suposición de que la forma de comunidad romana que se adopta no es más que un disfraz, forzado por las circunstancias legales del momento, para reconstituir un monte comunal de propiedad municipal.

- Y hay también un llamativo pacto sobre el uso que ha de darse a los montes: “los comparecientes poseerán en común los montes citados destinándolos a pastos y cortes de leñas y podrán asimismo practicarse algunas roturaciones en los puntos que sean propios para ello pagando a la sociedad el canon que se fije de antemano y no podrán aprovecharse de dichas tierras roturadas después de levantadas las cosechas hasta la nueva siembra”. Llamativo, porque hubiera sido razonable suponer que, siendo agricultores la gran mayoría de los compradores, su interés principal habría de ser la roturación para la puesta en cultivo agrícola, y, sin embargo, en la misma compra se acuerda que las nuevas roturaciones serán una excepción, que además debe compatibilizarse con el pastoreo de rastrojos y ricios, siendo el destino principal el forestal. También esa intención de protección del uso forestal del monte estaba ya claramente expresa en la cláusula 3.^a del pacto de 1880: “Dicha Junta procurará autorizar lo menos posible toda clase de roturaciones, cuidar con mucho esmero del arbolado, y dar al pueblo, o sea al vecindario comprometido, cuenta exacta de su administración”. Este proceder conservacionista por parte de una comunidad vecinal compradora de montes tiene, en la misma comarca de las Cinco Villas, tanto su paralelismo como su contraejemplo: el paralelismo, en las pardinas de San

Esteban y Lucientes, en el término municipal de Longás, lindante con Biel, que fueron igualmente conservadas por la comunidad compradora; el contraejemplo, en el monte Saso de Biota, roturado íntegramente en 1932 por los sucesores de los primitivos compradores (SABIO, 2002a: 204-205).

La Junta Administradora de los Montes Val de Biel y Arcanalo

Se conserva en el Archivo Municipal de Biel, completo, el libro de actas de la Junta Administradora de los Montes, que funcionó con toda eficacia y continuidad durante cuarenta años, cumpliendo de modo admirable la misión colectiva y de conservación para la que fue constituida.

En cuanto al aspecto social y económico, son llamativos los constantes acuerdos tomados por la Junta, con total aquiescencia de los socios, y que significaron, a nuestro juicio, la definitiva municipalización del dominio de los dos montes, municipalización que, como se ha indicado, está en el origen de la compra realizada en 1905, y preside de hecho toda la gestión de los montes entre 1905 y 1945. El más importante de estos acuerdos es el adoptado en sesión de 22 de noviembre de 1914, cuando se puso a discusión la manera de interpretar la cláusula quinta de la escritura de compra (la que se refería a que “los dueños de los montes podrán admitir como copartícipes a todos los demás vecinos de Biel que quieran ingresar en la sociedad de compras”) y por unanimidad se acordó lo siguiente: “Que todos los vecinos de la localidad mayores de 25 años, viudos o casados, en la actualidad y los que lo sean en lo sucesivo y no estén comprendidos en la escritura de compra sean admitidos y considerados como socios copartícipes de la misma sociedad desde esta fecha. Y que se dé publicidad a este acuerdo por medio de bando público con el objeto de admitir las reclamaciones que contra el mismo se presenten, en el término de ocho días”. Figura también una diligencia del presidente de la Junta (Antonio Cortés Lana) para hacer constar que no se ha presentado ninguna reclamación. Es decir, se produce una comunalización *de facto* de los montes.

Esa comunalización es aún más evidente desde el punto de vista económico, puesto que aunque la Junta obtiene de su gestión cuantiosos

beneficios, jamás los reparte entre sus componentes, sino que los dedica a la realización de obras de interés general del pueblo. En particular, ayuda económicamente tanto al Ayuntamiento como, sobre todo, a otras organizaciones vecinales constituidas en Biel para distintos fines, organizaciones que aún están pendientes de estudiar y que nos muestran que la Junta de Val de Biel y Arcanalo no es una excepción, sino muestra de una marcada tendencia de los vecinos de Biel a autoorganizarse para fines de interés general. Así, el 3 de enero de 1915, la Junta de Val de Biel y Arcanalo acuerda entregar todos los fondos acumulados (todos, se insiste) a la Junta vecinal constituida para la construcción de escuelas públicas de niños y de niñas y habitaciones para los maestros. El 20 de enero de 1916, acuerda entregar 1000 pesetas anuales al Ayuntamiento durante doce años “para atender con ellas al pago del alumbrado eléctrico que tiene contratado con D. Francisco Martínez”. Entre 1926 y 1929, la Junta abona 10 550 pesetas a una “Electro-cooperativa de Biel” formada por los vecinos, para que pueda amortizar las deudas que ha contraído para pagar la instalación eléctrica del pueblo. El 21 de mayo de 1922, entrega 2125 pesetas a la Junta Directiva del Sindicato Agrícola San Antonio de Biel, “con el fin de amortizar la deuda que el Sindicato Agrícola ha contraído con motivo de la compra del monte de los Fusillos”.

Esta última ayuda, en concreto, demuestra que antes de la fecha indicada el Sindicato (que era una organización vecinal, pero no abierta a todos los vecinos) había asumido la recompra del monte de los Fusillos, que hemos visto fue vendido en 1861. De hecho, SANZ LAFUENTE (2005: 248) señala que el Balance presentado en 1929 en la Delegación de Hacienda de Zaragoza por el Sindicato Agrícola de Biel menciona entre sus actividades la “administración privada de montes locales”. No obstante, parece que en algún momento la Junta de Val de Biel y Arcanalo debió encargarse también de la gestión interina de los Fusillos, puesto que en el acta de 21 de mayo de 1922, antes citada, se señala que esa cantidad de 2125 pesetas es el “remanente de su gestión administrativa”, y que “la Junta Administrativa de Val de Biel y Arcanalo cesa en su gestión administrativa confiriendo dicha administración a la Junta Directiva del Sindicato Agrícola”. De este Sindicato Agrícola sabemos también (gracias a MARTÍNEZ SOTO, 2003: 100) que fundó en 1909 una Caja Rural que contaba con 140 impositores en 1927, y que estaba aún activa en 1935. Es en esta Caja Rural (y, en los últimos años

de funcionamiento de la Junta, también en la de la Cooperativa Agrícola de San Martín), donde la Junta de Val de Biel y Arcanalo deposita sus fondos.

En cuanto a la conservación y gestión de los montes, la Junta no solo se hace cargo del pago de la contribución rústica, sino que dota a los montes de sus propios guardas forestales, y realiza distintas mejoras: el 20 de enero de 1916, aprueba construir un corral para ganado menor en Arcanalo, y compra al menos tres fincas privadas enclavadas en los montes, en los años 1913 (AMB, sig. 45-4), 1922 (AMB, sig. 45-5) y 1941 (AMB, sig. 45-6). También hay que destacar que fue fiel a su compromiso inicial de no deforestar los montes: el 1 de enero de 1907, acuerda “que queda prohibido en absoluto el cortar y destajar las clases de arbolado de pino y enebro en los dos montes de *Val de Biel* y *Arcánalo*, y únicamente podrán cortar las leñas de aliaga que necesiten los vecinos para hacer hormigueros u otros usos. Respecto a las leñas de carrasca, tan solo podrán cortar las ramas rastreras, dejando toda la demás que sea de fila”. Los *hormigueros* eran unos montones de forma cónica formados por haces de leña cubiertos con tierra y terrones arrancados del terreno, que tradicionalmente hacían los agricultores para, prendiéndoles fuego, obtener unas cenizas útiles para fertilizar los campos de cultivo permanente, viñas y huertos (MIRET, 2004: 167-168). Para hacerlos, como se ve, la Junta solo permite el uso de la leña menuda de la muy humilde aliaga (*Genista scorpius*). En cuanto a la indicación sobre la leña de encina o carrasca, se refiere a que no deben cortarse los mejores brotes o brazos de cada pie, que son los que producen madera “de fila” o en rollo, esto es, equiparable en grosor y calidad a la de troncos (JORDANA, 1900: 117).

Todo esto hace que la Junta de Val de Biel y Arcanalo acabe yendo más allá de su misión fundacional y acabe adquiriendo casi un papel de organización vecinal para la autogestión y fomento locales, hasta el punto de que en fecha no determinada asume también una competencia tan típica del Ayuntamiento como la administración de la dula de cabras del pueblo; es decir, el rebaño formado por el ganado de uso propio de los vecinos, y pastoreado conjuntamente para facilitar su mantenimiento (PÉREZ-SOBA y SOLÁ, 2003: 277-279). Por ello, no es de extrañar que en el plano de un *Proyecto de repoblación de los montes de Biel* (finalmente no ejecutada), elaborado por el Distrito Forestal de Zaragoza y fechado



Fig. 6. Detalle del plano del *Proyecto de repoblación de los montes de Biel*, fechado en septiembre de 1935 y formado por el Distrito Forestal de Zaragoza. En él aparecen los montes Val de Biel y Arcanalo (este último, dividido en dos partidas, Los Paquizuelos y Alcanalo, que en la realidad son colindantes y forman una sola finca), como unos montes municipales más. (Fuente: ASPDRSZ, sig. 3216, Biel-PL-23)

en septiembre de 1935, figuren como montes de propiedad del Ayuntamiento, además de todos los demás indudablemente municipales, también Val de Biel y Arcanalo (fig. 6).

Por último, también llama la atención la actuación individual de cada uno de los vecinos. En primer lugar, porque no se documentan discrepancias acerca de tan generosas decisiones y se renuncia pacíficamente a importantes beneficios económicos, para destinarlos a la mejora de los montes y a obras y servicios de interés general del pueblo, cuando en rigor jurídico correspondían solo a los vecinos compradores como ingresos de derecho privado. Y, en segundo lugar, porque todos los compradores cumplen su compromiso de no vender separadamente ninguna de las participaciones; es más, ni siquiera quisieron responder con ellas de sus deudas, ya que, aunque se practicaron en el Registro (hasta 1938) anotaciones preventivas de embargo contra alguno de los 197 condueños, probablemente por débitos de contribución, todas esas anotaciones fueron canceladas posteriormente por mandamientos que acreditaban que habían satisfecho las deudas. De este modo, las inscripciones registrales practicadas en 1905 no sufrieron cambio alguno hasta hoy.

*La entrega de los montes al Ayuntamiento (1945)
y su gestión como propiedades municipales*

Esta “municipalización alega” debía derivar antes o después en la definitiva municipalización explícita, sobre todo cuando por fin es derogada (en lo que se refiere a los bienes de los pueblos) la Ley de Desamortización Civil de 1855, en virtud del Estatuto Municipal de 1924, obra del eximio jurista José Calvo Sotelo (PÉREZ-SOBA y SOLÁ, 2003: 85). En efecto, aunque se retrasa, se produce: en el acta de la Junta de 3 de febrero de 1945, comparece el Ayuntamiento Pleno, y se señala que “habiendo sido acordado en Asamblea general de vecinos socios de los referidos montes que la administración y gobierno de estos pase y corra a cargo del Ayuntamiento de Biel, y que los provechos y beneficios que de ellos se obtengan se destinen a incrementar los ingresos municipales, la Junta Administrativa cree llegado el momento de traspasar su cometido al Ayuntamiento y este acepta la administración y gobierno que se le encomienda por voluntad expresa del vecindario”. Al Ayuntamiento se le entrega también, sin condición alguna y de manera irrevocable, un importante saldo positivo resultado de la gestión de la Junta, que suma en total 35 114 pesetas. Para valorar la generosidad de la Junta, baste señalar que en 1945 el jornal medio de un labrador en Cataluña era de 12,65 pesetas/diarias (LLONCH, 2007: 153), luego la cantidad entregada gratuitamente al Ayuntamiento equivalía a 2776 jornales agrícolas medios.

Prima facies, de la mera lectura del acuerdo anterior parece concluirse que solo se le traspasa al Ayuntamiento “la administración y gobierno”, es decir, que queda a salvo la propiedad privada indivisa, pero el acta contiene también una cláusula que, sin decir con una claridad meridiana que se le traspasa también el dominio, acaba resultando ello: “El Ayuntamiento administrará dichos montes como patrimonio municipal y determinará siempre las cantidades a pagar por los conceptos varios en que se exploten, y velará siempre porque se cumplan en todo momento los deseos del vecindario en cuanto tiendan a mejorar y aumentar el patrimonio municipal”. Por último, se cede también al Ayuntamiento la gestión de la dula de cabras, aunque se condiciona a que esta gestión se lleve, para asuntos ordinarios, por una comisión de tres vecinos nombrados por el Ayuntamiento.

Ya el 15 de mayo de 1945, el Ayuntamiento comienza a subastar los pastos de ambos montes. Según una carta del secretario municipal fechada

el 20 de julio de 1959, al menos entre 1945 y 1959 se arriendan siempre a la dula de cabras antes referida, pero es cierto que, al menos formalmente y en algunas de estas subastas, ello se produce porque no hay más licitadores, puesto que se trata de subastas abiertas a cualquier interesado. En otros casos (como en el año 1957), la primera subasta se reserva a los vecinos, con derecho de tanteo para la dula de cabras, y se reserva al pastoreo comunal el paraje conocido como Las Lezas (lindante con el casco urbano), por haberse hecho así desde tiempo inmemorial. De todas esas adjudicaciones, el Ayuntamiento percibe la totalidad del pago, incorporándolo a sus presupuestos ordinarios como un ingreso patrimonial más. Según esa misma carta de 1959, en el año 1952 el Ayuntamiento, previa autorización del Distrito Forestal, subastó el aprovechamiento de 5000 pinos, por el cual se obtuvo un ingreso muy cuantioso para la época (nada menos que 300 000 pesetas), “de las cuales una parte se destinó a terminar de pagar los Títulos de la Deuda que había en circulación para abastecimiento de agua, otra buena parte se invirtió en realizar diversos pagos y el resto se distribuyó entre los vecinos, por su condición de tales”. Como se ve, es la primera (y única) vez que un ingreso derivado de estos montes se distribuye, aunque sea en parte, entre los vecinos, y como se observa no se hizo distinción entre los que fueran compradores de los montes de los que no lo fueran.

Por otra parte, desde la misma formación del catastro parcelario del término municipal de Biel, en la década de 1950, ambos montes figuran en dicho catastro a nombre del Ayuntamiento, que se hace cargo del pago de la contribución rústica. A partir de 1954, ambos montes fueron incluidos en el inventario municipal de bienes. Como el origen de su propiedad era tan singular, no se supo en qué epígrafe incluirlos (bienes de propios, comunales o afectos a un uso o servicio público), por lo que se les abrió un peculiar epígrafe especial, titulado “Bienes de la extinguida junta administrativa de los montes Val de Biel y Arcanalo, administrados por este Ayuntamiento”. De esa manera siguieron figurando los montes en los inventarios de bienes de 1963 y de 1975. En la contestación del Ayuntamiento a una encuesta oficial sin fecha (AMB, sig. 154-11) se hacen constar ambos montes como “de condición incierta”, si bien es verdad que así se hace porque el propio formulario lo sugiere, al incluir con ese nombre “terrenos baldíos de desconocido o dudoso dueño [...] o cualquier otra variante”. Pero desde al menos 1958, el Ayuntamiento empieza a referirse a ambos montes como “de libre

disposición”, es decir, montes de propiedad municipal no declarados de utilidad pública (PÉREZ-SOBA y SOLÁ, 2003: 79-90). En 1965, de hecho, se aprueba un consorcio entre el Patrimonio Forestal del Estado y el Ayuntamiento de Biel para la repoblación forestal de 35 hectáreas del monte Arcanalo, que se califica como “de libre disposición del Ayuntamiento de Biel”, repoblación que se realiza ese mismo año.

Quizá por el revuelo que pudiera provocar esa repoblación entre los vecinos, el Ayuntamiento solicita en ese mismo año un dictamen jurídico sobre la situación jurídica de los dos montes al abogado Eduardo Gómez de Linares y Roldán, el cual lo emite el 18 de septiembre de 1965, concluyendo: “estimamos que los montes *Val de Biel* y *Arcanalo* son definitivamente propiedad absoluta del Ayuntamiento de la villa de Biel y lo que procede es, de conformidad con la misma, efectuar la declaración oficial de los mismos ante los Organismos competentes para que sean clasificados por la Dirección General de Montes, Caza y Pesca como de Utilidad Pública, o en su defecto como bienes comunales de libre disposición”. En todo caso, a partir de 1975 (fecha del último inventario de bienes en que se menciona aún a la “extinguida Junta”), no se ha hallado referencia alguna a la Junta Administrativa en la documentación consultada, gestionando el Ayuntamiento ambos predios como montes municipales no catalogados, sin otra peculiaridad. En 1976, por ejemplo, se subastan los pastos de Val de Biel (AMB, sig. 86-39), monte que se califica a lo largo de todo el expediente como “de libre disposición de este Ayuntamiento”.

LA REIVINDICACIÓN DE LOS DERECHOS VECINALES FRENTE A LOS COMPRADORES: EL MONTE CASA ANDRÉS O LAS PARCELAS

La última venta desamortizadora en el término municipal de Biel se produce en 1882 y afecta al monte Casa Andrés, cuya subasta se anuncia en el *Boletín Oficial de Ventas de Bienes Nacionales de la Provincia*, n.º 1657, de 24 de abril de 1882, para el 26 de mayo siguiente, con una cabida total de 220,07 hectáreas totales, que el anuncio aclara que es el resultado de descontar de la cabida total dos zonas de 57 y 19 hectáreas, respectivamente, una de cultivo y otra de terreno inculto, que se excluyen de la venta por ser objeto de posesión inmemorial por los vecinos de Biel. El paraje de

el colectivo vecinal llegó o no a pujar, pero en todo caso el intento de compra fracasó, puesto que el Estado extiende escritura de venta a favor de Francisco Pemán y Arenaz el 26 de julio de 1882, ante el notario de Zaragoza Celestino Serrano (n.º 426 de su protocolo).

Sin duda, se dieron polémicas entre el comprador del monte en la desamortización y los vecinos de Biel acerca de la determinación exacta de cuáles eran esas zonas que no estaban comprendidas en la venta, puesto que se trataron de resolver mediante un acuerdo firmado el 9 de octubre de 1904 entre el antes mencionado Dionisio Caudevilla, que en ese momento es dueño del monte Casa Andrés, y algunos vecinos (no muchos), que probablemente eran los cultivadores de esas 57 hectáreas, zona que parece ser la que preocupa a la comunidad vecinal, sin que se mencione ya más la otra zona inculca de 19 hectáreas.

El acuerdo es claro: Caudevilla “queda conforme en que queden a favor de dichos vecinos de Biel cincuenta y siete hectáreas de terreno del mencionado monte, cabida que será medida y amojonada por peritos al efecto, de común acuerdo, en un solo punto o sea todo en junto al trozo que corresponda”. También renuncia (como hemos aludido antes) a la parte que le correspondía de la venta de Val de Biel y Arcanalo “en compensación de los beneficios de pastos que haya podido tener [...] sobre las cincuenta y siete hectáreas de terreno arriba citadas”. Este acuerdo está detrás de la peculiar condición impuesta por el Sr. Caudevilla en la venta de su quinta parte indivisa de los montes Val de Biel y Arcanalo (1905), al imponer a los “compradores [de estos montes...] por sí y sus sucesores” (aunque es de suponer que se quiere referir al “pueblo”, al conjunto de la comunidad vecinal y de su Ayuntamiento) la renuncia “para siempre a todos los derechos que pudieran tener o alegar sobre dicha finca una vez hecha la separación o deslinde en cuanto a la tierra procedente de roturaciones arbitrarias enclavadas en la misma y que no fueran objeto de la venta”. Pero para que esta condición pudiera cumplirse, debía previamente hacerse esa separación o deslinde, que era el problema preexistente.

Según un dictamen jurídico solicitado por el Ayuntamiento al abogado Ricardo Lacosta, y emitido el 4 de abril de 1922 (AMB, sig. 160-26), quedan claras dos cosas: por un lado, que todas las partes aceptaban, de nuevo, que los vecinos firmantes en 1905 no llegaban a dicho acuerdo como ciudadanos privados, sino en representación de la comunidad vecinal,

y en última instancia del Ayuntamiento, como probaba claramente el hecho de que el señor Caudevilla había pagado al Ayuntamiento (no a los vecinos firmantes) el importe del arrendamiento de los pastos de esas 57 hectáreas correspondiente a los años 1904-1905, y que el Ayuntamiento había invertido dicho dinero en el pago de los plazos de la compra de Val de Biel y de Arcanalo, según un recibo (que se copia en el dictamen) de 31 de diciembre de 1905. Y, por otro, que aún en 1922 no se había realizado ese deslinde prometido en 1904 y 1905.

Aparentemente, nada pasa durante diez años, pero al final de la Dictadura de Primo de Rivera y al inicio de la Segunda República surge la llamada “cuestión comunal de las Cinco Villas”, una reivindicación general por parte de los ayuntamientos de dicha comarca para la recuperación de los comunales que se entendían usurpados, cuestión que alcanza su punto máximo en 1932 (SABIO, 2002b: 68-70). No parece, por tanto, casual que en ese año el Ayuntamiento de Biel pida otro informe jurídico sobre Casa Andrés, esta vez al abogado Pablo Pineda, quien lo emite el 5 de febrero de 1932. En él recoge unas confusas noticias verbales en las que se describen las alegaciones de Caudevilla contra la pretensión de hacer el deslinde, afirmando que ha alcanzado acuerdos privados con los vecinos interesados e incluso con el propio Ayuntamiento:

De los datos privados facilitados se desprende que este convenio [el de 9 de octubre de 1904] se llevó a efecto, cultivando algunos vecinos de Biel (no se sabe si los firmantes del convenio), las cincuenta y siete hectáreas dichas. Pero posteriormente el dicho Caudevilla fue reincorporándolas a su patrimonio abonando cantidades a los cultivadores para que los dejaran a su disposición. Quiere ahora el Ayuntamiento de Biel reivindicar a su favor las tan mencionadas cincuenta y siete hectáreas, por estimar que los vecinos que suscribieron el convenio lo hacían en representación de la villa, y que por tanto los particulares, que nada habían pagado por las tierras, no tenían personalidad para enajenar. [...] Se nos dice también que, según manifiesta el señor Caudevilla, hace bastante tiempo que el Ayuntamiento de Biel aceptó una casa y un horno en compensación de las mentadas cincuenta y siete hectáreas, que por este último convenio, volvían a la propiedad de aquel.

Pero el Ayuntamiento desmiente esta última afirmación, y por su parte el abogado niega que los pactos que hubieran podido alcanzar los vecinos como individuos resuelvan la cuestión, en la que el interesado es la corporación municipal. La conclusión es que se busque una avenencia.

Esa avenencia se produce, al menos formalmente, con mucha rapidez: el 12 de marzo siguiente, el Ayuntamiento en Pleno acuerda que se proceda de manera formal al deslinde tantas veces referido, operación que se ejecuta el 2 de mayo de 1932, con asistencia y conformidad del hijo del señor Caudevilla, en representación de su padre (si bien el que firma en el acta es este último). En esa acta no actúan los vecinos, sino, con toda claridad, el Ayuntamiento: “Se procede por los peritos designados por el Ayuntamiento y de la conformidad de D. Dionisio Caudevilla al deslinde y amojonamiento del terreno a seguida indicado, con el cual el Ayuntamiento de Biel se da por satisfecho de las cincuenta y siete hectáreas mencionadas en los documentos y que son objeto de este deslinde”. Y de inmediato el Ayuntamiento comienza a ejercer como dueño de la zona así demarcada: el 5 de marzo de



Fig. 8. Vista parcial del paraje de *Las Parcelas*. En primer plano se ve la zona llana, que fue parcelada en 1933 para su cultivo agrícola por “los jornaleros más necesitados”, y tras ella las laderas que se dejaron con uso forestal, pobladas de encina (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*), quejigo (*Quercus faginea*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*), pino carrasco (*Pinus halepensis*), enebro oxicedro (*Juniperus oxycedrus*) y sabina mora (*Juniperus phoenicea*). (Foto: I. Pérez-Soba)

1933, el Ayuntamiento aprueba unas *Ordenanzas para la roturación y administración del trozo de monte de Casa Andrés, propiedad de este Municipio*, que establecen que los pastos se adjudicarán mediante subasta pública, las leñas por adjudicación directa a los jornaleros más necesitados, y los cultivos agrícolas mediante canon de 5 pesetas/parcela/año, a favor igualmente de los jornaleros más necesitados. A causa de este reparto y parcelación, la zona adquirió también el topónimo de *Las Parcelas* (fig. 8).

Tras la Guerra Civil, el 26 de julio de 1939, Antonio Caudevilla Sierra, médico y vecino de Uncastillo, en su propio nombre y en el de sus hermanos, dirige un escrito al Ayuntamiento de Biel en el que insiste en la versión ya expuesta en el dictamen de 1922, esto es, que su familia había adquirido las 57 hectáreas a los vecinos cultivadores en distintos juicios de conciliación, y añade que en realidad el deslinde de 1932 se había hecho mediante intimidación y violencia:

Si bien aparece la conformidad y firma de mi padre, fue debido a lo dicho anteriormente, y a estar cohibido por los elementos pertenecientes al mismo [Ayuntamiento], todos ellos de ideas marxistas, está claro a todas luces de que [*sic*] se siguió un procedimiento arbitrario y que es preciso subsanar, devolviéndome dichas cincuenta y siete hectáreas de terreno, como en justicia me corresponde, y que espero obtener de esa digna Corporación, cual norma de la nueva España, tomando el correspondiente acuerdo ese Ayuntamiento, que espero me sea notificado en forma.

Es este escrito la única documentación que hemos hallado que aluda a coacciones o violencias dentro de la estrategia de defensa antidesamortizadora en Biel, pero no es una afirmación contrastada, ni parece acorde con el comportamiento anterior del pueblo. Por ejemplo, la obra de LUCEA (2009), que recopila las acciones colectivas de protesta que tuvieron lugar en el medio rural aragonés entre 1885 y 1917, solo cita a Biel (p. 176) para mencionar, en 1906, una manifestación “a grandes voces” de vecinos pidiendo trabajo. Por otra parte, las autoridades municipales de Biel en 1939 son de un signo político muy distinto del que eran en 1932, y a pesar de ello no consta que dieran contestación alguna, ni tampoco que el reclamante realizara otra actuación administrativa o judicial. Antes al contrario, consta que el Ayuntamiento continuó en la pacífica posesión de dicho terreno: en diciembre de 1944 vende el aprovechamiento de leña de ese monte (que ya es llamado en el documento *Las Parcelas* o *Casa Andrés*),

mediante subasta abierta, que remata un vecino de El Frago (AMB, sig. 88-10). De hecho, desde la misma creación del primer catastro parcelario del término (en la década de 1950) y hasta hoy, el monte aparece en los planos catastrales como parcela individualizada, y a nombre del Ayuntamiento, aunque con una cabida que al final es sensiblemente menor que las tan repetidas 57 hectáreas (su superficie es de unas 36,5 hectáreas). Ese monte Casa Andrés figura como propiedad municipal de libre disposición en el inventario de bienes de 1963, y permanece sin variación desde entonces en los inventarios consultados (como en el de 1975-1976).

LA DECLARACIÓN DE UTILIDAD PÚBLICA DE LOS MONTES VAL DE BIEL, ARCANALO Y CASA ANDRÉS O LAS PARCELAS COMO PROPIEDADES MUNICIPALES (2015)

No querríamos terminar sin hacer referencia, aunque sea sucinta, al procedimiento de regularización patrimonial de los montes Val de Biel, Arcanalo y Casa Andrés, que hemos tenido el honor de realizar entre 2013 y 2015, y del cual ha nacido este artículo.

Como hemos visto, ya en 1965 el dictamen jurídico emitido por el abogado Eduardo Gómez de Linares y Roldán recomendaba al Ayuntamiento de Biel “efectuar la declaración oficial de los mismos [los montes Val de Biel y Arcanalo] ante los Organismos competentes para que sean clasificados por la Dirección General de Montes, Caza y Pesca como de Utilidad Pública, o en su defecto como bienes comunales de libre disposición”. Que sepamos, el Ayuntamiento no atendió este acertado consejo, de manera que no se puso en conocimiento de la Administración Forestal la existencia de estos montes como propiedades públicas pendientes de catalogación como montes de utilidad pública.

En 2013 es cuando el Ayuntamiento de Biel expone a la Sección de Defensa de la Propiedad del Servicio Provincial de Desarrollo Rural y Sostenibilidad de Zaragoza del Gobierno de Aragón, que tenemos el honor de dirigir, su interés en que estos montes sean declarados de utilidad pública como propiedades municipales. Recabada la documentación obrante en los archivos antes citados, y estudiado el asunto detenidamente, finalmente pudimos redactar, con fecha 31 de julio de 2015, la Memoria correspondiente para la

declaración de la utilidad pública y la subsiguiente inclusión en el *Catálogo de montes de utilidad pública (CMUP)* de la provincia de Zaragoza de los montes Val de Biel, Arcanalo y Casa Andrés o Las Parcelas, a los cuales se sumó también otro pequeño monte, denominado Las Navarras, poseído por el Ayuntamiento de Biel (esta vez pacíficamente) desde tiempo inmemorial.

La redacción de la Memoria, en lo que se refiere a los fundamentos jurídicos para la declaración de la utilidad pública, resultó difícil. No por el aspecto objetivo de la cuestión, puesto que todos los montes cumplían sobradamente los requisitos objetivos para ser declarados de utilidad pública, al contar con evidentes y notables valores naturales y forestales (figs. 9 y 10), reclamando poderosamente, por tanto, la protección legal y la adecuada gestión que quedan garantizadas por la declaración de utilidad pública y subsiguiente inclusión en el *Catálogo* provincial que agrupa a los montes con dicho carácter.



Fig. 9. Vista de la vegetación de la zona media-superior del monte Val de Biel, donde se presenta la clase fitosociológica *Quercio-fagetea* (bosques caducifolios con tendencia hacia la marcescencia). Al pino silvestre (*Pinus sylvestris*) y las especies de la clase típica de los encinares mediterráneos (*Quercetea ilicis*), se suman otras más delicadas que anuncian la aparición, ya en el término municipal de Luesia, de los hayedos submediterráneos: haya (*Fagus sylvatica*), arces (*Acer opalus* y *Acer campestre*), avellano (*Corylus avellana*), serbales o acerollos (*Sorbus domestica*, *Sorbus aucuparia*) y ocasionalmente acebo (*Ilex aquifolium*) o tilo (*Tilia platyphyllos*). (Foto: I. Pérez-Soba)



Fig. 10. Cabecera del barranco del Estrelar, dentro del monte Arcanalo. Su vegetación es una faciación somontana mesosupramediterránea de carrasca y quejigo de la asociación *Buxo sempervirentis – Quercus rotundifoliae sigmetum*. Las especies arbóreas dominantes son tanto la encina (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*) como el quejigo (*Quercus faginea*) y el pino silvestre (*Pinus sylvestris*). (Foto: I. Pérez-Soba)

El problema, evidentemente, radicaba en el aspecto subjetivo del asunto. Como es bien sabido, el artículo 13, primer párrafo, de la Ley de Montes de Aragón (en adelante, LMA, hoy vigente en su texto refundido aprobado por Decreto Legislativo 1/2017, de 20 de junio, del Gobierno de Aragón), y los artículos 24 y 25 del vigente Reglamento de Montes aprobado por Decreto 485/1962, de 22 de febrero (en adelante, RMt), establecen como condición imprescindible para acceder al *Catálogo* el que monte sea, íntegramente, público, entendiéndose por públicos (art. 11.2 LMA y art. 9 RMt) los pertenecientes al Estado, a la Comunidad Autónoma de Aragón, a las entidades locales y a otras entidades de derecho público (véase también BLANCO, 2013). Y la peculiaridad del origen de la propiedad de los montes Val de Biel, Arcanalo y Casa Andrés o Las Parcelas exigió, como puede

apreciarse en este artículo, el estudio detallado de los antecedentes y de su situación jurídica.

Pues bien, una vez estudiado el asunto, se concluyó que los tres montes podían ser clasificados como de propiedad pública en el expediente. Como es bien sabido, la propiedad y los demás derechos reales están definidos en el derecho español por la existencia de adecuados título y modo (artículo 609 del Código Civil, en adelante CC). En el caso de los montes Val de Biel y Arcanalo, el modo era manifiesto, ya que el Ayuntamiento adquiere de inmediato la posesión de los montes, y si es verdad que durante un tiempo tiene determinadas consideraciones con la comunidad vecinal, o con sistemas vecinales de aprovechamiento como la dula de cabras local, derivan de la libre voluntad municipal, puesto que no están impuestas en modo alguno en el acuerdo de 3 de febrero de 1945 de la Junta Administradora de los Montes.

La principal dificultad radicaba en el título de adquisición formal por el Ayuntamiento, que era el citado acuerdo de 3 de febrero de 1945, ya que se podría argüir que no está acreditado que representara la voluntad unánime de los 197 condueños (y sus posibles causahabientes) que adquirieron el monte en 1905, unanimidad precisa para la transmisión de los condominios según el artículo 397 CC. Pero no eran menos ciertas dos cosas: en primer lugar, que los 197 condueños pactaron, en el mismo momento de la adquisición (condición 4.^a de la escritura de 1905), que “la administración [no se aclara si ordinaria o si extraordinaria] de los montes vendidos estará a cargo de una Junta nombrada por la mayoría de los adquirentes”; y, en segundo lugar, que, como se ha explicado anteriormente, aunque formalmente la compra se hiciera como una comunidad de bienes de tipo romano, es casi seguro que en realidad se hizo como único modo, en la legislación entonces aplicable, de que “el pueblo” (entendido como comunidad vecinal y Ayuntamiento) pudiera adquirir el disfrute de los predios. Es decir, que podría incluso defenderse que el título de propiedad del Ayuntamiento fuera la compra hecha en 1905. Por otra parte, y en todo caso, cualquier hipotético defecto del título quedaría completamente salvado por la aplicación de la usucapión *contra tabulas*, o prescripción adquisitiva extraordinaria, prevista en el artículo 1959 CC, según el cual se adquiere la propiedad por la mera posesión continuada de un inmueble durante treinta años, a título de dueño, sin necesidad de título ni de buena fe, y sin distinción entre presentes y

ausentes. Lo que nadie puede discutir es la posesión completa e indiscutida del Ayuntamiento sobre tales montes, como bienes municipales, desde 1945; e incluso la última vez que el Ayuntamiento menciona (por cierto, sin consecuencia jurídica o económica alguna) a la Junta Administradora es en el inventario de bienes de 1975. Por tanto, había transcurrido un plazo de posesión superior a los treinta años exigidos por el citado artículo 1959 CC, y el dominio correspondería al Ayuntamiento.

No obstante, existía en el caso de estos dos montes una dificultad añadida, cual era la existencia de una inscripción registral aún vigente a favor de los 197 condueños, inscripción inalterada desde 1905. La Memoria, en este sentido, señalaba en primer lugar que todos estos titulares registrales habían fallecido, sin que nadie actualizara sus inscripciones, por lo que sus causahabientes (que no figuran en el Registro) no estaban amparados por el artículo 34 de la vigente Ley Hipotecaria (en adelante, LH) ni tienen la presunción posesoria inherente al artículo 38 de la misma Ley. Y tras ello, recordaba que la prescripción adquisitiva o usucapión de inmuebles es una institución de derecho civil y, por tanto, en sus elementos esenciales, se rige por dicha rama del Derecho. En este sentido, la legislación hipotecaria (y específicamente el artículo 36.3 LH) prefiere el mejor derecho civil a la previa inscripción registral, cuando señala que “en cuanto al que prescribe y al dueño del inmueble o derecho real que se esté prescribiendo y a sus sucesores que no tengan la consideración de terceros, se calificará el título y se contará el tiempo con arreglo a la legislación civil”, es decir, en este caso, el artículo 1959 CC antes citado. De manera que el usucapiente que esté poseyendo, aun sin justo título ni buena fe, durante más de treinta años, un inmueble o derecho real inmobiliario, aunque este constase inscrito a favor de “tercero hipotecario” en el Registro de la Propiedad, es civilmente preferido a ese tercero registral: el Ayuntamiento es preferido, por tanto, a los antiguos 197 condueños.

El caso del monte Casa Andrés o Las Parcelas resultaba más sencillo, puesto que (siendo manifiesto también el modo) existía un título de propiedad municipal que, aunque poco habitual, era también claro: el acta de deslinde de 1932, en la que el propietario del monte Casa Andrés deja a disposición del Ayuntamiento (y solo de este, sin que haya dudas acerca de si el beneficiario es la comunidad vecinal) el monte. La acusación de violencia

e intimidación hecha en 1939, que viciaría de nulidad el título según el artículo 1265 CC, no se probó, y en todo caso quedaría salvada por una prescripción adquisitiva en virtud de una posesión evidentemente realizada a título de dueño, desde el mismo momento del deslinde, y sin vacilación o reserva alguna.

Por cuanto antecede, la Memoria juzgaba que, en la actual situación jurídica, podía procederse a la declaración de utilidad pública de los montes Val de Biel, Arcanalo y Casa Andrés o Las Parcelas, atribuyendo su pertenencia en la Orden resolutoria al Ayuntamiento de Biel. Tramitado el correspondiente expediente, fue resuelto favorablemente por la Orden del Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón de 23 de noviembre de 2015 (*Boletín Oficial de Aragón*, n.º 250, de 30 de diciembre). De este modo, Arcanalo es hoy el monte número 522 del *Catálogo de montes de utilidad pública de la provincia de Zaragoza*, Casa Andrés o Las Parcelas el monte número 523, y Val de Biel fue agregado al colindante monte número 181 del mismo *Catálogo*, que pasó a adquirir el nombre de Bernano, Vedado y Val de Biel. Así, estos tres predios, de tan peculiar historia y tanto valor ambiental, que fueron salvados de la privatización por el esfuerzo conjunto del vecindario de Biel, han pasado a ser objeto de la especial protección y gestión que dispensa el *Catálogo de montes de utilidad pública*.

CONCLUSIONES

De cuanto llevamos expuesto, extraemos las siguientes conclusiones:

- La resistencia de la villa de Biel a la desamortización civil adoptó formas que destacan por distintos motivos: por su carácter fundamentalmente pacífico, por su conocimiento y respeto (al menos, formal) de la legalidad vigente, y por su ingenio, su variedad y su persistencia. Se aprovecharon todas las vías legales para la defensa de los intereses del pueblo, llegando al Consejo de Ministros y al Tribunal Supremo, pidiendo dictámenes jurídicos, o logrando amparos judiciales. La actuación del pueblo parte siempre de un detenido análisis de todas las posibilidades legales, que permite explotar las debilidades de los contrarios, y no caer en el desaliento por la falta de respuesta, o por aparentes derrotas parciales.

- Se detecta una constante y estrecha compenetración entre la comunidad vecinal y el Ayuntamiento: ambos actúan en representación mutua, y en defensa de los intereses del “pueblo”, entendido en su acepción más amplia y tradicional. En concreto, las iniciativas de compra de montes por parte del colectivo vecinal no parecen dirigirse a crear comunidades romanas de copropietarios en indivisión, sino a recuperar el uso comunal de los terrenos vendidos, asumiendo la gestión la comunidad vecinal ante la prohibición contenida en la Ley Madoz de que el Ayuntamiento figurara como propietario legal.
- Resulta llamativa la actuación de la Junta Administradora de los Montes Arcanalo y Val de Biel. Decenas, si no cientos, de vecinos renunciaron durante cuarenta años a unos beneficios que, en rigor, les correspondían como ingresos de derecho privado, para destinarlos a la mejora de los montes, y a obras y servicios de interés general del pueblo, tales como el alumbrado o las escuelas. Y culminaron su gestión entregando al Ayuntamiento, sin buscar compensación alguna, tanto los montes como un notable superávit económico. Biel, de hecho, parece haber sido un pueblo muy activo en lo que se refiere a la autoorganización vecinal para fines de interés general.
- La Junta Administradora de los Montes Arcanalo y Val de Biel se autoimpuso como deber, desde incluso antes de realizarse la compra de los montes, el mantenimiento de su buen estado forestal, diferenciándose de otros casos de compras colectivas hechas incluso en la misma comarca, en los que se roturaron los montes.
- No constan actos de resistencia violenta. Es cierto que en 1939 los herederos del señor Caudevilla afirman que en el deslinde del monte Casa Andrés medió intimidación, pero esa afirmación no está comprobada, y de hecho no se documenta que nadie perturbe la posesión municipal de esos terrenos.

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer constar mi agradecimiento al Ayuntamiento de Biel, por proponerme el estudio de los montes de su propiedad, y facilitarme el acceso a los archivos municipales. Al agente forestal del Gobierno de Aragón

Alberto Palacio Burillo, y al práctico conocedor del terreno Antonio Dieste Pérez, por su ayuda en los trabajos de campo. Al letrado de la Comunidad Autónoma de Aragón Luis Francisco Biendicho Gracia, por sus siempre valiosas opiniones, con que me ayudó a ver con claridad el estado legal de los montes. Al personal de la Sección de Defensa de la Propiedad del Servicio Provincial de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón, que participó en la tramitación del expediente de inclusión y regularización de los montes de Biel en el *Catálogo de montes de utilidad pública*: la técnica de gestión, Marta María Gordo Moreno; la administrativa, Marta García Mateo, y la delineante, Arantxa Causapé Sangroniz; a todas, por su eficaz colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGUDO, J. L., y J. F. CASABONA (1993). El Frago y Biel. Aprovechamientos comunes y conflictos de términos en el siglo XIX. *Suessetania*, 13: 126-141.
- ARTIAGA, M. A. (1990). Montes públicos y desamortización en Galicia. *Agricultura y Sociedad*, 57: 157-199.
- ARTIAGA, M. A., y X. L. BALBOA (1992). La individualización de la propiedad colectiva: aproximación e interpretación del proceso en los montes vecinales de Galicia. *Agricultura y Sociedad*, 65: 101-120.
- BLANCO, A. L. (2013). La propiedad pública de los montes como condición necesaria para su catalogación, antes y después de la Ley de Montes de 2003. *Revista Jurídica de Castilla y León*, 30: 1-35.
- COBO, F., S. CRUZ y M. GONZÁLEZ (1992). Privatización del monte y protesta social. Un aspecto desconocido del movimiento campesino andaluz (1836-1920). *Revista de Estudios Regionales*, 32: 155-186.
- COSTA, J. (1915). *Colectivismo agrario en España: t. II: Hechos*. Biblioteca Costa. Madrid. 606 pp.
- INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA y SERVICIO DE ESTUDIOS DE LA CAI (2005). *Catálogo de pueblos y municipios de Aragón. Estadística de población y nomenclaturas toponímicas entre 1900 y 2004*. Instituto Aragonés de Estadística / Caja de la Inmaculada. Zaragoza. 604 pp.
- JORDANA, J. (1900). *Algunas voces forestales y otras que guardan relación con las mismas confrontadas todas con el Diccionario de la Real Academia Española*. Imprenta de Ricardo Rojas. Madrid. 319 pp.
- LLONCH, M. (2007). *Tejiendo en red. La industria del género de punto en Cataluña (1891-1936)*. Universidad de Barcelona. Barcelona. 271 pp.

- LUCEA, V. (2009). *El pueblo en movimiento. La protesta social en Aragón (1885-1917)*. Prensas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza. 599 pp.
- MARÍN, A. (2015). *La desamortización forestal en la provincia de Soria. La génesis de los "Montes de Socios"*. Diputación Provincial de Soria. Soria. 616 pp.
- MARTÍ, F. (2003). *La desamortización española*. Rialp. Madrid. 178 pp.
- MARTÍNEZ, J. (1990). La interpretación ecologista de la historia socioeconómica: ejemplos de la región andina. *Revista de Estudios Regionales*, 26: 29-48.
- MARTÍNEZ SOTO, A. P. (2003). Los orígenes del cooperativismo de crédito agrario en España, 1890-1934. *CIRIEC-España. Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 44: 57-104.
- MEDRANO, P. A., A. MARÍN y P. GRACIA (2013). Montes de socios: un ejemplo de gestión forestal al servicio del desarrollo rural. *Ambienta*, 104: 102-113.
- MIRET, J. (2004). Las rozas en la península ibérica. Apuntes de tecnología agraria tradicional. *Historia Agraria: Revista de Agricultura e Historia Rural*, 34: 165-196.
- PÉREZ-SOBA, I. (2009). Orígenes históricos de los montes municipales extraterritoriales en la provincia de Zaragoza. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 30: 337-342.
- PÉREZ-SOBA, I. (2013). Los montes de utilidad pública: un patrimonio con mucho pasado y mucho futuro. *Ambienta*, 104: 54-72.
- PÉREZ-SOBA, I. (2014). El Campo Fenero: las disputas seculares por un pequeño monte del término municipal de Biel (Zaragoza). *Lucas Mallada*, 16: 243-284.
- PÉREZ-SOBA, I. (2017). Un ejemplo de resistencia de la comunidad vecinal contra la desamortización: el caso de Biel (Zaragoza). En Sociedad Española de Ciencias Forestales (ed.), *Actas del VII Congreso Forestal Español*. CD-Rom. 7CFE01-596. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra.
- PÉREZ-SOBA, I. (2018). Los montes de Tauste en la desamortización de Madoz (1855-1921). En *Tauste en su historia. Actas de las XVIII Jornadas sobre la Historia de Tauste, 15 al 24 de febrero de 2017*: 7-121. Asociación Cultural El Patiaz. Tauste (Zaragoza).
- PÉREZ-SOBA, I., y M. Á. SOLÁ (2003). *Regulación legal de los aprovechamientos de pastos y leñas en los montes públicos aragoneses*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza. 344 pp.
- PÉREZ-SOBA, I., y M. Á. SOLÁ (2004). La tragedia de los comunales: legalidad y realidad de los montes comunales en España. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 203: 187-232.
- PÉREZ-SOBA, I., y M. Á. SOLÁ (2005). Montes blancos, baldíos y realengos: aproximación a tres tipologías de montes públicos en la provincia de Zaragoza. *Estudios Geográficos*, 258: 265-292.

- SABIO, A. (1991). Aprovechamientos forestales, control administrativo y respuestas vecinales en los montes zaragozanos: el Campo de Cariñena (1840-1920). *Revista de Historia Jerónimo Zurita*, 63-64: 215-252.
- SABIO, A. (2002a). Resistencias campesinas a la venta de comunales en Aragón: las vías legales para amortiguar impactos, 1855-1985. En J. A. Piqueras (coord.), *Bienes comunales: propiedad, arraigo y apropiación*: 189-215. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- SABIO, A. (2002b). ¿Lo que es del común no es de ningún?: Los terrenos comunales de Tauste, 1850-1936. En *Tauste en su historia. Actas de las II Jornadas sobre la Historia de Tauste, 27 de noviembre al 1 de diciembre de 2000*: 48-72. Patronato de la Casa de Cultura de Tauste. Tauste (Zaragoza).
- SÁNCHEZ PASTOR, E. (1905). La cuestión agraria en el Mediodía de España. *La España Moderna*, 197: 72-115.
- SANZ, J. J. (1987). El problema de las comunidades o sociedades de montes de origen vecinal. En *Actas del I Congreso Internacional de Derecho Agrario en Extremadura*: 39-52. Diputación Provincial de Badajoz. Badajoz.
- SANZ LAFUENTE, G. S. (2005). *En el campo conservador: organización y movilización de propietarios agrarios en Aragón, 1880-1930*. Prensas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza. 528 pp.
- SCOTT, J. (1997). Formas cotidianas de rebelión campesina. *Historia Social*, 28: 13-39.
- VÁZQUEZ, J. (1994). Toponimia de Sobremonte (Huesca), VI: Particularidades del terreno. *Anuario de Estudios Filológicos*, 17: 443-468.

EVOLUCIÓN RECIENTE DEL GLACIAR DEL INFIERNO (PANTICOSA, HUESCA)

José Antonio CUCHÍ¹
Luis CANCER-POMAR²
Javier DEL VALLE – MELENDO³
Fernando LAMPRE-VITALLER⁴
Gonzalo FERNÁNDEZ-JARNE⁵

RESUMEN.— Este artículo analiza la evolución del glaciar del pico Infierno desde un glaciar blanco hacia un glaciar cubierto y, tal vez, hacia un glaciar rocoso.

ABSTRACT.— This paper analyzes the evolution of the the Infierno peak glacier from a white glacier to a covered glacier and, perhaps, to a rocky glacier.

KEY WORDS.— Infierno, glacier evolution, Panticosa (Huesca, Spain).

INTRODUCCIÓN

Los Pirineos altoaragoneses albergan los últimos glaciares blancos de la península ibérica, catalogados por CHUECA y LAMPRE (1994), CANCER-POMAR

Recepción del original: 28-2-2018

¹ 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

² Área de Geografía Física y CEAC de la Tierra. Universidad de Jaén. lcancer@ujaen.es

³ Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza. delvalle@unizar.es

⁴ Patronato del Monumento Natural de los Glaciares Pirenaicos. flampre@telefonica.net

⁵ Departamento de Geografía. Universidad de Navarra. gfjarne@unav.es

y cols. (2001*b*) y BIARGE y cols. (2002). Como la mayoría de los glaciares de la zona templada, están en clara regresión desde el final de la Pequeña Edad de Hielo. Desde aproximadamente 1980 se ha analizado el retroceso en varios glaciares pirenaicos (JULIÁN y cols., 2001; MORA y cols., 2006; SERRANO, 1991). Quizás la más espectacular es la del glaciar del Aneto, que ha sufrido una importante regresión en la última década y al que se le pronostica una pronta desaparición.

Sin embargo, y como excepción, el pequeño glaciar central en la cara norte del pico Infierno, también conocido como *Infiernos*, presenta una evolución menos negativa aunque la superficie del hielo ha sufrido una fuerte reducción en los últimos siglos. Durante la Pequeña Edad de Hielo se estimaba su superficie en 40 hectáreas, que se habían reducido a 14 en 1980 y a 7,6 en 2016, lo que supone una reducción desde la Pequeña Edad de Hielo, cercana al 81%, ligeramente inferior a la media de los glaciares pirenaicos, que es del orden del 87% (LAMPRE-VITALLER, 2016).

Este artículo analiza los posibles factores de este comportamiento y describe su evolución reciente.

EL MARCO NATURAL

El macizo del Infierno se encuentra situado en el Pirineo del Alto Aragón, en la cabecera del río Caldarés (fig. 1). El glaciar del mismo nombre está encajado en un circo situado en la cara norte de este pico (cimas entre 3069 y 3075 msnm), entre 2950 y 2700 metros. El macizo tiene fundamentalmente naturaleza metamórfica, formada por calizas, mármoles y cuarcitas del Devónico situadas en el batolito de Cauterets-Panticosa, compuesto por una estructura orlada de granitos monzoníticos, granodioritas y gabrodioritas cuarcíferas. Los mármoles, la espectacular *marmolera del Infierno*, están cortados por diques porfídicos de andesitas, doleritas y dioritas (BIXEL y cols., 1985; DEBON, 1980; IGME, 1989 y SANTANA, 2002).

La morfología, básicamente glaciar con picos piramidales e ibones, ha sido descrita por varios autores a nivel regional (GARCÍA RUIZ, 1989; SERRANO, 1998) y a escala más detallada por SERRANO y AGUDO (1988) y SERRANO (1991). En un pasado cercano, el único glaciar blanco que actualmente subsiste estuvo flanqueado por otros dos pequeños, hoy convertidos en heleros

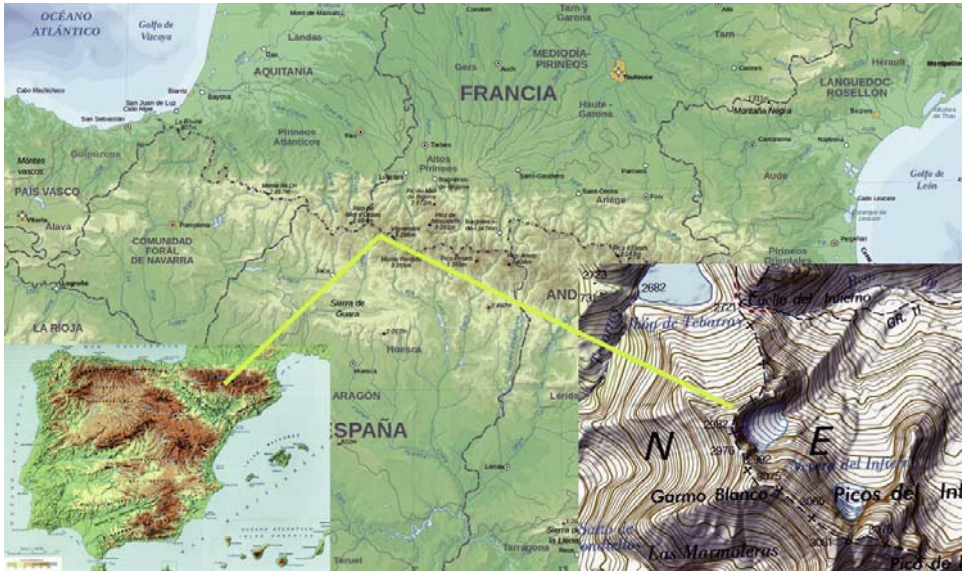


Fig. 1. Localización del macizo del Infierno.

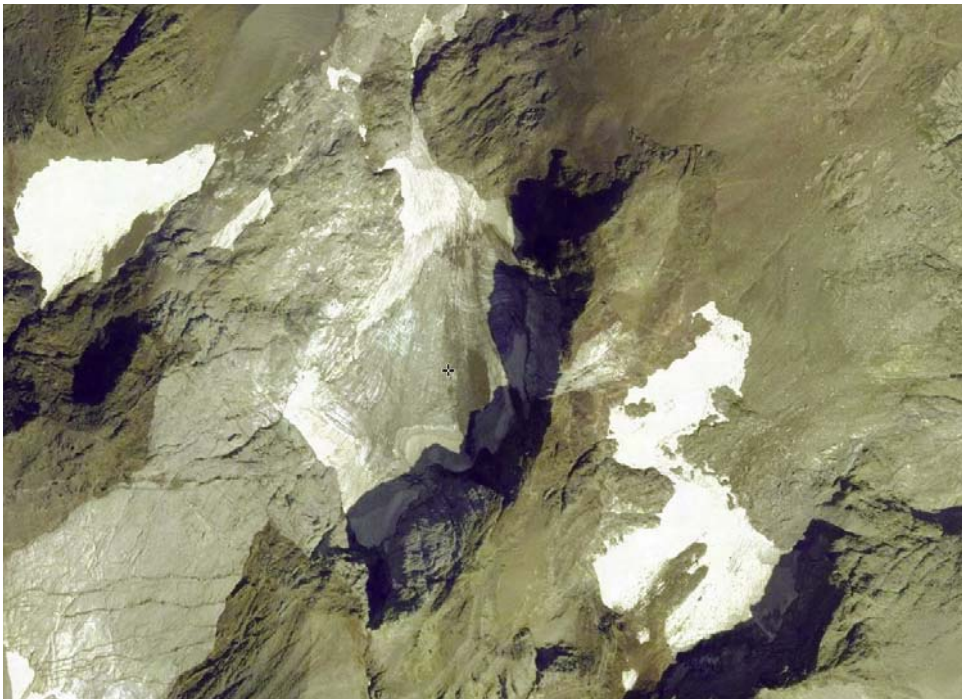


Fig. 2. Vista del glaciar central del Infierno. (Iberpix. 2012)

y, probablemente, estuviera conectado con el occidental en un pasado algo más lejano.

Un detalle interesante es la existencia de un glaciar rocoso en el vecino pico de Argualas estudiado por CHUECA (1989), SERRANO y RUBIO (1989), FABRE y cols. (1995), SERRANO y cols. (1995) y SERRANO (1996).

EL GLACIAR DEL INFIERNO

El glaciar del Infierno está encajado en un profundo circo, coronado por cimas de más de 3000 metros, que se abre al norte (fig. 2). La vertiente este del circo es muy abrupta y limita el glaciar, mientras que la oeste se abre un poco, hacia el actual helero occidental, antes de quedar enmarcada por la cresta cimera y una arista que asciende desde el norte, desde el collado de Tebarray. Un primer esquema del glaciar fue realizado por SCHRADER (1936). El glaciar se extiende hoy desde las cotas 2700 a 2950 msnm, con una longitud máxima, sobre la fotografía aérea de 2012, de 440 metros y una anchura máxima del orden de los 230 metros. El hielo presenta un perfil cóncavo, con una pendiente media del 34%, más acusada en la zona superior. La base del glaciar actual queda enmarcada por una pequeña barrera rocosa que únicamente tiene salida por una estrecha canal de un centenar de metros de longitud, menos de 10 metros de anchura media y fuerte pendiente. Esta da paso a una serie de morrenas que llegan hasta el fondo del valle que da acceso desde el ibón Azul superior al de Tebarray. La canal desagua el torrente subglaciar que desaparece por infiltración en las morrenas de la base. La figura 3 muestra el glaciar desde la cima central del Infierno en el otoño de 2012, un año muy desfavorable para el glaciar. En la zona inferior se observan los depósitos que se atribuyen a la Pequeña Edad de Hielo.

El glaciar se alimenta por caída directa de nieve en el circo. No hay datos de precipitación en altura para esta zona. En el macizo del Infierno, CANCER-POMAR y cols. (2001*a*) estiman una precipitación media anual del orden de los 2300 milímetros para la cota 2800 (según la correlación logarítmica calculada por DEL VALLE – MELENDO, 1997). De estos, unos 1400 caerían entre noviembre y abril. Estos valores son del mismo orden que los 1500-2000 mm/año que indican SERRANO y cols. (2006) para el vecino glaciar rocoso de Argualas. Hay una fuerte variación interanual, tanto de las precipitaciones como en su



Fig. 3. Vista del glaciar desde la cima central del pico Inferno en el otoño de 2012.

distribución anual, en la que parece observarse un desplazamiento de las nevadas hacia finales del invierno e inicio de la primavera. Además de la aportación directa de nieve, hay acumulación nival por efecto de avalanchas desde las laderas enmarcantes y del viento del poniente, desde el circo del vecino helero oeste. En el macizo se ha estimado que la isoterma de cero grados se sitúa, de media, hacia los 2800 metros (CANCER-POMAR y cols., 2001a). Evidentemente, hay también una fuerte oscilación interanual, mensual y diaria.

El glaciar ha sido objeto de una observación anual desde 1998 por parte de un equipo relacionado con el Patronato de los Monumentos Naturales de los Glaciares Pirenaicos, ayudado por diversos voluntarios, a inicios del mes de septiembre. Se considera que en este momento el glaciar presenta su mayor porcentaje de hielo descubierto, tras los meses del verano y antes del inicio de las nevadas de otoño. El trabajo consiste en la realización de un sencillo levantamiento topográfico, que marca el frente de la lengua glaciar o el de la nieve que lo cubre, en la pared este de la canal de salida. En años de innivación excepcional se realizan marcas, mediante pintura amarilla, en bloques de grandes dimensiones situados al pie de la canal. También se determina la posición de la superficie del hielo, o la nieve que lo cubre, con respecto a puntos topográficos predeterminados en el umbral este, a la altura del tercio inferior del glaciar. Esto permite establecer sus variaciones de espesor.

Zonación glaciar

A partir de las visitas se ha observado que, en los años *normales*, el glaciar mostraba una zonificación típica que se esquematiza en la figura 4.

En la zona alta (fig. 5), al pie de las paredes del circo y protegida de los rayos solares, hay una acumulación de nieve que se mantiene en superficie incluso en los años malos. Su extensión es muy limitada y se estima en un 10%, como máximo, de la superficie total del glaciar en los años peores, cuando se limita a la zona sombreada bajo la pared, hacia la cota 2900. En los años buenos, como 2013 y 2014, la nieve cubre todo el glaciar y más allá. Es difícil saber si esa nieve, que ha llegado a perdurar dos años seguidos, se incorpora al hielo glaciar a partir de procesos de fusión parcial – recongelación.

Por debajo de la zona de sombra, en años normales y malos, aparece el hielo. La línea de contacto entre ambas zonas se podría asimilar a la línea



Fig. 4. Vista del glaciar y su zonificación en septiembre de 2015.



Fig. 5. Vista de los depósitos de nieve al pie del circo en septiembre de 2012.

de equilibrio entre acumulación y ablación. En años normales y malos, la ablación comienza prácticamente en el inicio de la zona soleada. En años buenos, como se ha indicado, la nieve cubre todo el glaciar y la línea de equilibrio estaría por debajo de la cota 2700.

Por debajo de la zona sombreada, normalmente se extiende una zona de hielo desnudo con clastos que ocupan la mayor parte del glaciar. La superficie de hielo descubierto más la cubierta por clastos suprayacentes se puede estimar aproximadamente en un 80% en los septiembrés del periodo 2015-2017. A partir de observaciones de nuestro equipo, así como de los guardas de los refugios de la Casa de Piedra y Bachimaña y diversos montañeros, el hielo glaciar se suele descubrir hacia el mes de julio. La fusión se organiza en una serie de *bédières*, que recorren la superficie de hielo en una red fluvial, que desaparecen bien en grietas transversales o en el contacto con la nieve de la zona inferior. El agua reaparece como torrente subglaciar en la base de la zona inferior. Se realizaron aforos entre 1998 y 2000 cuyos resultados se publicaron en CANCER-POMAR y cols. (2001a), donde

se constata la evolución diaria con un débil caudal nocturno y un máximo, modesto, hacia las 16:00 horas. El volumen de agua podría relacionarse, mediante estimación, con las pérdidas de hielo anual. Los resultados indicaban también una baja conductividad y un pH ligeramente alcalino compatible con la geología del entorno. Debido a la frecuente caída de piedras por la canal se desestimó instalar una estación de aforo regularizada.

Como muestra la figura 4, en imagen de septiembre de 2015, una parte del hielo estaba cubierta de clastos procedentes del circo. El porcentaje de clastos se ha ido modificando al alza en los últimos años. Una consecuencia de la presencia de clastos es su influencia sobre los *bédières* preexistentes. La cubierta de los últimos años ha llegado incluso a anular parte de la red de la escorrentía superficial.

Aunque se ha intentado, no se ha podido realizar un balance de masas. En algunos años, las continuas caídas de rocas hacían peligrosa la colocación de pértigas, aunque algunas se colocaron en 2012. En años posteriores (2013 y 2014), el nivel de nieve cubría las pértigas y ni estas ni sus restos se han localizado en los años siguientes (2015-2017) con menos cubierta nival.

El frente del hielo no es fácil de observar, dado que está normalmente cubierto por una masa de nieve que suele llegar a la canal e incluso puede descender más abajo. En un año muy desfavorable, en 2012, en ausencia de toda capa de nieve, se observó la presencia de un frente abrupto de hielo, con varios pequeños cañones de unos 6 metros de profundidad asociados con los *bédières*.

En la zona inferior del glaciar se encuentra una masa de nieve que normalmente cubre el frente de hielo (figs. 4 y 6). Se interpreta como una acumulación debida fundamentalmente a avalanchas de nieve, desde el circo y la zona superior del glaciar, que presentan una pendiente adecuada para deslizamientos en masa.

CAÍDAS DE PIEDRAS DESDE EL CIRCO

Como se ha señalado, en los últimos años se ha detectado una tendencia creciente de caída de piedras. En septiembre de 2011, se observó una caída de grandes bloques de mármol, de tamaño métrico (fig. 6). Al año siguiente, su presencia produjo pináculos de hielo bajo algunos bloques, del



Fig. 6. Grandes bloques en la zona superior de la canal en septiembre de 2011.

orden de 1 metro de altura, que señalaban el rango de la ablación del hielo. Es importante resaltar que las mesas glaciares son un fenómeno inusual en los glaciares blancos españoles. Por otro lado, observaciones posteriores sugieren que una parte de los bloques más grandes continuaron su movimiento hacia la zona inferior del glaciar, hacia la nieve de la base e incluso canal abajo, hasta la zona morrénica situada por debajo de aquella. Aunque se marcó algún bloque, no se han podido encontrar las marcas en los años posteriores, como consecuencia de esta dinámica.

Sin embargo, la caída más importante de bloques se produjo en el mes de agosto de 2015, corroborada de forma independiente por los guardas de la Casa de Piedra y Rafael Vidaller. Estaba formada por material cuarcítico oscuro, desprendido al este de la franja de mármol. La masa sólida recubrió una parte significativa del hielo glaciar, en algunas zonas con más de 2 metros de derrubios. En agosto de 2017, se había desplazado hacia la zona inferior formando una serie de cordones transversales (fig. 7) en una morfología propia de un glaciar cubierto o incluso rocoso. En agosto de 2017,



Fig. 7. Gran caída de rocas, de agosto de 2015, fotografiada en septiembre de 2016.

también se observó que un gran bloque, de dimensiones decamétricas, se había desgajado de la pared en fecha no conocida y estaba apoyado sobre el glaciar (fig. 8). Su movimiento futuro es tema de cierto interés por su efecto en la evolución del glaciar.

La caída de rocas desde las paredes del circo norte del Infierno puede asociarse con las consecuencias del ascenso del nivel de *permafrost* en la alta montaña, debido al calentamiento global. El fenómeno es relativamente conocido en los Alpes y al mismo se asocian los desprendimientos de roca en el Piz Cengalo en agosto de 2017, con la muerte de ocho personas y, sobre todo, las grandes caídas de rocas en el macizo del Montblanc (RAVANEL y DELINE, 2015). En el Pirineo, el fenómeno está menos estudiado y tiene menor incidencia. En apariencia, únicamente se le pueden achacar los desprendimientos en la cara este del collado del Portillón Superior, en la ruta normal al Aneto, que ocasionaron un muerto y un herido el 29 de agosto de 2015. Las continuas caídas de piedras, masivas o aisladas del circo del Infierno



Fig. 8. Gran bloque caído sobre el glaciar, fotografiado en septiembre de 2017.

también podrían asociarse con este proceso. Es necesario señalar que a comienzos del siglo XXI, en este mismo macizo, se estimaba el límite del permafrost en los 2750 metros (SERRANO y AGUDO, 1998), por lo que el efecto del calentamiento climático puede estar afectando a las paredes del circo.

El progresivo recubrimiento del hielo glaciar mediante derrubios ha sido señalado en diversos macizos. Así, STOKES y cols. (2007) lo han estudiado en el Cáucaso. A mayor escala ha sido estudiado en los Andes centrales de Chile y Argentina (TROMBOTTO y cols., 2014; MONNIER y KINNARD, 2015), donde se observa la transformación de glaciares blancos hacia glaciares rocosos en ambiente glaciar y periglaciar.

El cubrimiento del hielo por una capa de derrubios tiene un claro efecto sobre su ablación. Este hecho puede observarse, por ejemplo, en el trabajo de MIHALCEA y cols. (2006), donde se pone de manifiesto la influencia del espesor de la cubierta de derrubios y otros factores sobre la ablación. Un tema interesante en los clastos del glaciar del Infierno es la presencia de



Fig. 9. Depósitos lobulados al pie del glaciar. A la derecha de la imagen —sector oeste—, morrena al pie del helero occidental en septiembre de 2017.

dos litologías con albedos muy diferentes, con cantos blancos marmóreos y cuarcíticos oscuros.

Evidentemente, es pronto para conocer el efecto de los desprendimientos sobre la evolución del glaciar. Pero se puede especular sobre su efecto en el pasado. Es conocida, la existencia de una serie de depósitos lobulados al pie de la canal que alcanzan hasta el fondo del valle y que se datan, como ya se ha indicado, en la Pequeña Edad de Hielo (fig. 9). Las formas lobuladas y organizadas en cordones transversales, donde dominan mayoritariamente los cantos de mármol blanco, pueden interpretarse como una serie de morrenas frontales normales. Pero también podrían ser los restos de un glaciar de derrubios, bien negro o rocoso. La producción de clastos desde el circo no tiene por qué ser únicamente actual, dado que procesos similares debieron de producirse en la fase cálida de época romana y medieval, de modo que el avance glaciar de la Pequeña Edad de Hielo, con el debate abierto sobre si subsistía un resto de hielo pleistoceno, pudo acarrear el transporte de importantes masas de derrubios. Es importante señalar que estos

proviene básicamente de la zona de mármol del glaciar central, al contrario de los que se observan hacia el oeste, donde existe una morrena de cantos oscuros silíceos que parece corresponder solo al circo del actual helero occidental y que posiblemente corresponda a un avance anterior.

OTROS DETALLES GEOMORFOLÓGICOS

Como complemento a la evolución del glaciar, se han observado detalles geomorfológicos que merece la pena reseñar de forma resumida.

Estrías glaciares

La periferia actual del hielo del glaciar del Infierno muestra una gran cantidad de estrías glaciares cuya génesis es bien conocida. La figura 10 muestra un bonito ejemplo sobre material cuarcítico.



Fig. 10. Estrías glaciares sobre material silíceo en septiembre de 2015.

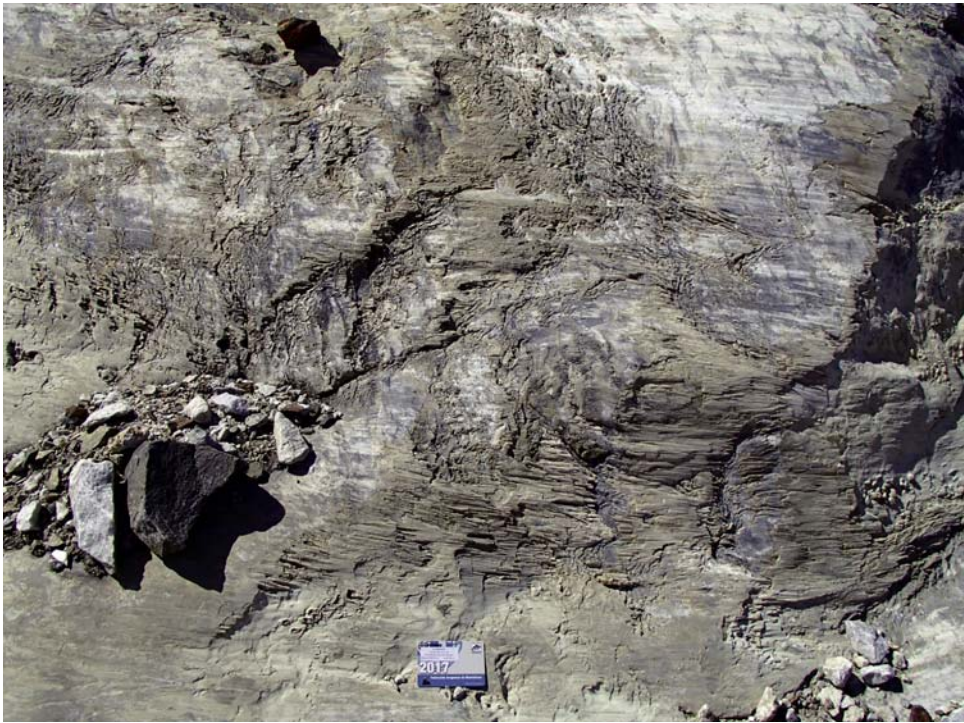


Fig. 11. Recrecimientos subglaciares en zonas deglaciadas del Infierno en septiembre de 2017. La referencia tiene 8,5 centímetros.

Recrecimientos subglaciares

Los recrecimientos subglaciares de calcita son consecuencia de una compleja génesis por la disolución de este mineral, a favor de la presión del hielo, las bajas temperaturas y el flujo del agua en la zona de contacto roca / hielo, seguido de un depósito de crecimiento acicular en las zonas de disminución de presión. Se observan con abundancia en las zonas recientemente descubiertas de hielo del glaciar del Infierno sobre mármoles y cuarcitas (fig. 11).

Los recrecimientos son una morfología efímera, especialmente en rocas silíceas, por la diferente naturaleza entre depósito y sustrato que puede hacer saltar mecánicamente al primero por razones térmicas. Además, la naturaleza ácida de la mayor parte del agua de fusión de la nieve pirenaica (véase MANSO y cols., 2016) favorece la disolución de estos depósitos.



Fig. 12. Mesa glaciar bajo bloque de mármol en septiembre de 2015.
Referencia aproximada: 1 metro.

Descritos por primera vez en Canadá por FORD y cols. (1970), en el Pirineo central fueron señalados por CUCHÍ y VILLAGRASA (2005), en el glaciar de la cara norte de Monte Perdido.

Mesas glaciares

Como se ha indicado, la presencia de clastos de importantes dimensiones está favoreciendo la formación efímera de mesas glaciares, con pináculos de hielo bajo bloques de piedra. La figura 12 presenta un ejemplo de un fenómeno poco frecuente en el Pirineo.

CONCLUSIONES

El glaciar central del Infierno está sufriendo, en los últimos años, una transformación desde un glaciar blanco a uno cubierto por desprendimientos

rocosos desde las paredes del circo que lo rodean. A pesar de su modestia, este glaciar parece resistir los efectos del calentamiento climático con mejor fortuna que otros aparatos glaciares pirenaicos españoles. En este sentido, parece interesante continuar estudiando su evolución dentro del conocimiento del patrimonio geomorfológico altoaragonés.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer las informaciones y atenciones de los guardas de la Casa de Piedra del balneario de Panticosa y del refugio de Bachimaña; la compañía de M.^a Dolores Giménez en varias de las salidas al campo y las observaciones de Rafael Vidaller. Asimismo, han sido de mucha utilidad las documentadas observaciones del doctor Dario Trombotto, del IANIGLA CONICET de Mendoza (Argentina), sobre glaciares rocosos. Agradecemos también el apoyo del Patronato del Monumento Natural de los Glaciares Pirenaicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIARGE, F., J. CHUECA y A. JULIÁN (2002). Los glaciares pirenaicos aragoneses. Evolución. Fotografías 1880-1999. *Boletín Glaciológico Aragonés*. Número extraordinario. 323 pp.
- BIXEL, F., J. MULLER y P. ROGER (1985). *Carte géologique du Pic du Midi d'Ossau et haut bassin du río Gállego, 1 / 25 000*. Institut de Géodynamique. Université de Bordeaux. 54 pp.
- CANCER-POMAR, L., F. LAMPRE-VITALLER, A. OLLERO OJEDA, J. DEL VALLE – MELENDO, M. SÁNCHEZ-FABRE y J. A. CUCHÍ (2001a). La fusion glaciaire sur les glaciers de l'Infiernos et de la Maladeta (Pyrénées, Espagne) entre 1998 et 2000 : quelques résultats dans le domaine de l'environnement. *La Houille Blanche*, 6/7: 83-91.
- CANCER-POMAR, L., F. LAMPRE-VITALLER y A. OLLERO OJEDA (2001b). Glaciares actuales del Pirineo español. Catálogo de masas y aproximación hidrológica. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 52: 165-193.
- CHUECA, J. (1989). Características de los glaciares rocosos del área meridional del batolito de Panticosa (Pirineo oscense). *Geographicalia*, 26: 61-74.
- CHUECA, J., y F. LAMPRE-VITALLER (1994). *Los glaciares del Alto Aragón*. IEA (Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo, 21). Huesca. 32 pp.
- CUCHÍ, J. A., y E. VILLAGRASA (2005). Nota sobre recrecimientos subglaciares de calcita bajo el glaciar de la cara norte de Monte Perdido. *Lucas Mallada*, 12: 135-138.

- DEBON, F. (1980). Genesis of the three concentrically-zoned plutons of Caunterets-Panticosa (French and Spanish Western Pyrenees). *Geologische Rundschau*, 69: 107-130.
- DEL VALLE, J. (1997). La precipitación media anual en el sector alto de la cuenca del Cinca (Pirineo aragonés). *Pirineos*, 149-150: 121-144.
- FABRE, D., F. GARCÍA, M. EVIN, R. MARTÍNEZ, E. SERRANO, A. ASSIER y C. SMIRAGLIA (1995). Structure interne du glacier rocheux actif de las Argualas (Pyrénées aragonaises, Espagne). *La Houille Blanche*, 5-6: 144-147.
- FORD, D., P. G. FULLER y J. J. DRAKE (1970). Calcite precipitates at the soles of temperate glaciers. *Nature*, 226: 441-442.
- GARCÍA RUIZ, J. M.^a (1989). *Sallent (M. T. N. 145). Mapa geomorfológico*. Geoforma Ediciones (Serie Cartográfica, 1). Logroño. 29 pp. + 1 mapa.
- IGME (1989). *Hoja 145 Sallent de Gállego. 1 / 50 000. Serie Magna. Memoria*. IGME. Madrid. 61 pp. + 1 mapa.
- JULIÁN, A., J. CHUECA, J. L. PEÑA, I. LÓPEZ y A. LAPEÑA (2001). Dinámica de los glaciares del Pirineo aragonés: resultado de la campaña glaciológica del año 1999. *Boletín Glaciológico Aragonés*, 2: 13-36.
- LAMPRE-VITALLER, F. (2016). *Situación actual de los glaciares pirenaicos aragoneses*. Patronato de los Monumentos Naturales de los Glaciares Pirenaicos. Zaragoza. Documento inédito.
- MANSO, J. A., J. LANUZA, G. GONZALO, J. M. GARCÉS, Á. JIMÉNEZ, T. SALINAS, E. LÓPEZ, J. ARRANZ, J. L. VILLARROEL y J. A. CUCHÍ (2016). Notas sobre algunas características químicas del agua de lluvia y de la nieve en Huesca. *Lucas Mallada*, 18: 407-423.
- MIHALCEA, C., C. MAYER, G. DIOLAIUTI, A. LAMBRECHT, C. SMIRAGLIA y G. TARTARI (2006). Ice ablation and meteorological conditions on the debris-covered area of Baltoro glacier, Karakoram, Pakistan. *Annals of Glaciology*, 43: 292-300.
- MONNIER, S., y C. KINNARD (2015). Reconsidering the glacier to rock glacier transformation problem: New insights from the central Andes of Chile. *Geomorfology*, 238: 47-55.
- MORA, J., M. ARENILLAS, G. COBOS y J. NAVARRO (2006). Évolution récente des glaciers des Pyrénées espagnoles. *La Houille Blanche*, 3: 65-70.
- RAVANEL, L., y P. DELINE (2015). Rockfall hazard in the Mont Blanc massif increased by the current atmospheric warming. En *Engineering Geology for Society and Territory, vol. 1*: 425-428.
- SANTANA, V. J. (2002). El plutón de Panticosa (Pirineos occidentales, Huesca): fábrica magnética y modelo de emplazamiento. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 15 (3-4): 175-191.
- SCHRADER, F. (1936). Sur l'étendue des glaciers des Pyrénées (On the extent of the glaciers of the Pyrenees). *Annuaire du Club Alpin Français*, 21. Reeditado en *The Pyrenees*, 2: 201-221. Édition Privat-Didier. Toulouse.
- SERRANO, E. (1991). Glacial evolution of the Upper Gállego valley (Panticosa mountains and ribera de Biescas, Aragonese Pyrenees, Spain). *Pirineos*, 138: 83-78.

- SERRANO, E. (1996). Líneas de equilibrio glaciar, glaciares rocosos y paleoambiente posglaciar en la alta montaña pirenaica (macizo de Panticosa, Pirineo aragonés). En A. Pérez Alberti, P. Martini, W. Chesworth y P. Ramil-Rego (eds.), *Dinámica y evolución de medios cuaternarios*: 157-170. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- SERRANO, E. (1998). *Geomorfología del Alto Gállego (Pirineo aragonés)*. IFC. Zaragoza. 501 pp.
- SERRANO, E., y C. AGUDO (1988). La deglaciación del circo de los Ibones Azules. Estudio glaciomorfológico. *Cuaternario y Geomorfología*, 2 (1-4): 115-123.
- SERRANO, E., y C. AGUDO (1998). Los glaciares rocosos de los Pirineos. Implicaciones ambientales. En A. Gómez Ortiz y cols. (eds.), *Procesos biofísicos actuales en medios fríos*: 133-154. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- SERRANO, E., y V. RUBIO (1989). El glaciar rocoso activo de las Argualas (Pirineo aragonés). *Ería*, 19-20: 195-198.
- SERRANO, E., J. J. SAN JOSÉ, F. SILIÓ y C. AGUDO (1995). Movimientos superficiales del glaciar rocoso de las Argualas (Pirineo aragonés). *Pirineos*, 145-146: 103-110.
- SERRANO, E., J. J. SAN JOSÉ y C. AGUDO (2006). Rock glacier dynamics in a marginal periglacial high mountain environment: Flow, movement (1991-2000) and structure of the Argualas rock glacier, the Pyrenees. *Geomorphology*, 74 (1-4): 285-296.
- STOKES, C. R., V. POPOVNIN, A. ALEYNIKOV, S. D. GURNEY y M. SHAHGEDANOVA (2007). Recent glacier retreat in the Caucasus Mountains, Russia, and associated increase in supraglacial debris cover and supra-/proglacial lake development. *Annals of Glaciology*, 46 (1): 195-203.
- TROMBOTTO, D., P. WAINSTEIN y L. ARENSON (2014). *Guía terminológica de geocriología sudamericana*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Vázquez Mazzini editores. Buenos Aires. 126 pp.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Lucas Mallada publica artículos y notas 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 (IEA. Parque, 10. E-22002 Huesca. Teléfono: 974 294 120. Fax: 974 294 122. 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 cometido.

Nombre del autor o autores, con su dirección postal y 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, de artículos de revista o de 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 en inglés.

Los caracteres en cursiva se utilizarán para los nombres científicos de géneros y de especies (entre paréntesis si siguen al nombre común) y para los neologismos intraducibles; las citas textuales, independientemente de la lengua, figurarán en letra redonda y entre comillas, y los nombres de autor que sigan a un taxón irán en redonda.

Los topónimos se escribirán 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 la figura presente una 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 19 (2017)

PREFACIO

¿Por qué investigar los pastos del Pirineo aragonés?, por Ramón REINÉ

ARTÍCULOS

Nota sobre el camino viejo entre Huesca y Almodévar, por Pablo MARTÍN-RAMOS, Juan José GENERELO y José Antonio CUCHÍ

Mina Felicidad (valle de Bardají, Ribagorza), por José Luis VILLARROEL, Víctor VIÑALS, José Antonio RAUSA, Pedro Sidonio PEREIRA DA SILVA, Pablo MARTÍN-RAMOS, José Antonio MANSO, Pilar LAPUENTE y José Antonio CUCHÍ

¿Podemos controlar la expansión del erizón mediante quemas?, por David BADÍA, Cecilia ARMAS, Juan Luis MORA, Daniel GÓMEZ, Gabriel MONTSERRAT y Sara PALACIOS

Propiedades físicas de suelos desarrollados sobre margas eocenas en la Val Ancha de Jaca, por José Ramón DOZ y David BADÍA

Aproximación metodológica al Plan de Seguimiento Ecológico del Paisaje Protegido de San Juan de la Peña y Monte Oroel, por Olatz FERNÁNDEZ, Juan HERRERO, Carlos PRADA, Alicia GARCÍA-SERRANO, Raquel HERNÁNDEZ, Daniel GÓMEZ y David GUZMÁN

Lucas Mallada en el Alto Aragón, por José Antonio CUCHÍ

La Madre de Castejón de Monegros, por Mario GISBERT, Marcos PASTOR, José Luis VILLARROEL, José Antonio RAUSA y José Antonio CUCHÍ

Evolución del contenido en nitratos en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca (marzo de 2016 — febrero de 2017), por Raquel ZUFIAURRE, Óscar GRACIA y José Antonio CUCHÍ

Flora de los montes Monzorrabal y San Miguel (Ayerbe, Huesca), por José Luis LEÓN y José Antonio CUCHÍ

Los aludes en el Alto Aragón: tipología, zonas de peligro, daños y víctimas, por Emilio LEO y José Antonio CUCHÍ

La resistencia de una comunidad vecinal contra la Desamortización: el caso de Biel (Zaragoza), por Ignacio PÉREZ-SOBA

Evolución reciente del glaciar del Infierno (Panticosa, Huesca), por José Antonio CUCHÍ, Luis CANCER-POMAR, Javier DEL VALLE – MELENDO, Fernando LAMPRE-VITALLER y Gonzalo FERNÁNDEZ-JARNE



**INSTITUTO DE ESTUDIOS
ALTOARAGONESES**

Diputación de Huesca