



LUCAS MALLADA

10

REVISTA DE CIENCIAS

LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALTOARAGONESES

(DIPUTACIÓN DE HUESCA)



Director: César PEDROCCHI RENAULT

Consejo de Redacción: Juan Blas PÉREZ LORENZ, Carlos MARTÍ,
Enrique BALCELLS ROCAMORA, Pedro MONTSERRAT RECODER, Francisco COMÍN,
Rosario FANLO DOMÍNGUEZ, Ana CASTELLÓ PUIG, José M^a GARCÍA-RUIZ,
Caridad SÁNCHEZ ACEDO, José Ramón LÓPEZ PARDO, Federico FILLAT ESTAQUÉ,
José M^a PALACÍN LATORRE, Juan HERRERO ISERN, Ricardo PASCUAL,
Vittorio PEDROCCHI RIUS, Víctor M^a REDONDO VEINTEMILLAS,
Ángel VILLACAMPA MÉNDEZ, Luis VILLAR PÉREZ, Domingo GONZÁLEZ ÁLVAREZ,
Eladio LIÑÁN GUIJARRO, M^a Teresa LÓPEZ GIMÉNEZ

Secretaria: Pilar ALCALDE ARÁNTGUEI

Correctora: Teresa SAS BERNAD

Diseño de la portada: Vicente BADENES

Redacción y Administración:

Instituto de Estudios Altoaragoneses

Parque, 10

E-22002 HUESCA

Apartado de correos 53

Tel. 974-294120

Fax 974-294122

E-mail: iea@iea.es

ISSN: 0214-8315

Depósito Legal: HU-151/2000

Imprime: Gráfico RM Color. HUESCA

ÍNDICE

EL MUNDO DE LA CIENCIA

Agrobiología en la naturalidad, por Pedro MONTSERRAT RECODER	9
--	---

ARTÍCULOS

Contribución a la taxonomía y bioestratigrafía de los rudistas del Cretácico superior en el Prepireneo aragonés, por Laia ALEGRET y Marcos AURELL	29
Características geológicas y petrográficas del magmatismo del sector surpirenaico de Denuy (Huesca), por E. ARRANZ YAGÜE, C. GALÉ BORNAO y M. LAGO SAN JOSÉ	45
Caracterización de los factores fisiográficos, geológicos y climáticos del área de distribución de las lagartijas de alta montaña de los Pirineos (<i>Iberolacerta</i> Arribas 1997; subgén. <i>Pyrenesaura</i> Arribas 1999) y otros lacértidos del piso alpino de los Pirineos, por Óscar J. ARRIBAS.	67
Esquema general de las unidades hidrogeológicas del Alto Aragón, por José Antonio CUCHÍ OTERINO.	87
Determinación de algunos parámetros de calidad de la miel en la provincia de Huesca, por Rafael Carmelo DÍAZ ARA y Dolores FERNÁNDEZ ROMERA . . .	107

Estructura poblacional y biología reproductiva de <i>Cochlearia aragonensis</i> subsp. <i>aragonensis</i> (<i>Cruciferae</i>) en el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca), por David GUZMÁN OTANO	123
Impacto silvícola de pito real (<i>Picus viridis</i>) sobre choperas cultivadas en el curso medio del río Cinca (Huesca), por José Damián MORENO RODRÍGUEZ ..	153
Especies de Dryinidae y Embolemidae (Hymenoptera: Chrysidoidea) colectadas en un sabinar de <i>Juniperus thurifera</i> L. en Los Monegros (Zaragoza, España), por Massimo OLMÍ, Hubert TUSSAC y Javier BLASCO-ZUMETA	161
Hidroquímica de aguas naturales del Pirineo aragonés, por Miguel Ángel PUYAL ROMERO, José Antonio CUCHÍ OTERINO y José Antonio MANSO ALONSO ...	173
Aportaciones al conocimiento de la flora del Altoaragón, por Mario SANZ ELORZA	189

NOTAS

Flora de interés en Valcheladas y El Pueyo de Barbastro (provincia de Huesca), por José Vicente FERRÁNDEZ PALACIO	207
Nuevas localidades de <i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd. y <i>H. reniformis</i> Ruiz et Pavón en la provincia de Huesca (España), por Lorenzo ORTAS y Joaquín ASCASO	211
Una cita de marmota (<i>M. marmota</i>) en el Prepirineo, por José Luis RIVAS GONZÁLEZ	213

EL MUNDO DE LA CIENCIA

AGROBIOLOGÍA EN LA NATURALIDAD

Pedro MONTSERRAT RECODER¹

RESUMEN.—El autor aporta su experiencia como botánico y «pastólogo» pirenaico. En medio siglo se han desmoronado las comunidades rurales, con su *agronomía ganadera* de raíz ancestral, y ahora conviene forzar su evolución adaptativa que aproveche a fondo las oportunidades modernas. Tenemos una *evolución* «darwiniana» de las especies (razas), pero también ha tenido lugar la *coevolución* en biocenosis situadas (*rebaños* en su paisaje), de unos animales consumidores «organizados» con naturalidad, los propios de cada paisaje concreto. Comentamos dicha *naturalidad* lograda en forma de adaptaciones instintivas, las *gregarias* del ganado, y otras *culturales* del hombre pirenaico —también gregario, comunal— que deberán forzar el resurgir de nuestros valles y aprovechar a fondo las oportunidades de ahora, incluso el *turismo integrado*. La solución es *educacional*, basada en unos *modelos agropecuarios* junto a nuestras Reservas de Naturalidad.

ABSTRACT.—The author, as a botanist, explains some ideas on the pyrenean landscape evolution, with gregarious herbivorous and a «comunal» men, also gregarious. *Coevolution* was making many adaptations, and nowadays will be suitable to promote a new *cultural evolution* around our Natural Parks (Ordesa, Posets, Guara, etc.) by means of an appropriate rural education system in the neighbouring valleys.

KEY WORDS.—Coevolution & gregarism, grassland dynamism, animal work, cultural gestion, landscape models & education.

¹ Instituto Pirenaico de Ecología. Apdo. 64. E-22700 JACA (Huesca).

Hace medio siglo —con estudios y experiencia de botánico— que intento teorizar sobre agronomía, considerándola como nuestra inserción en la biosfera; descubría entonces un mundo vegetal maravilloso, variado, adaptable al clima local y a tantos usos humanos; llegué a creer en la posibilidad de orientarlo todo hacia una mayor naturalidad. La ciencia debe servir al hombre y esa *inserción trófica* nos resulta vital, sin ninguna duda.

Han pasado los años y ahora hay interés social por la ecología, se habla de biodiversidad, pero predomina un ambiente mutilado (medioambiente) con pocos aspectos considerados, mientras el comportamiento es antiecológico, simplificador, contaminador. Se prima la potencia que fomentamos de mil maneras, en especial con los aportes foráneos de unas colonias que ahora se rebelan; fueron empobrecidas para «desarrollar» países lejanos. Esquematizo mucho para evidenciar la incongruencia del vivir actual, que prima la producción, lo inmediato, pero contaminamos y además «despreciamos» la eficacia, el aceptar unas limitaciones esenciales para mantener la estabilidad. Como veis, parece que aún sigue la tendencia generalizada hacia unos pocos potentes, acaparadores, y queda una multitud de hambrientos en un mundo que seguimos llamando «civilizado».

He publicado muchos artículos sobre temas relacionados con lo expuesto aquí con tanta crudeza; en el ambiente científico —el de mi profesión investigadora— son temas que se han considerado como trabajos de divulgación y sin embargo son científicos —*Ecología humana*—, pensados para el progreso cultural generalizado y además logrado con naturalidad maximizada. Todo eso será posible si orientamos nuestras actuaciones hacia el *ambiente global*, del sistema humano situado en un paisaje que «sigue su evolución» con interacciones múltiples; nos conviene conocer la producción exportable que depende de otra esencial para lograr una estabilidad productiva, la del sistema para un «progreso sostenido», superior al «progreso sostenible» del que tanto se habla.

La estrategia de la k (capacidad ambiental) exige una producción estabilizadora y es valiosa en los sistemas montaraces con pocos recursos; entonces la *coevolución* selecciona el eficiente y elimina los potentes menos estables, hasta destructores de lo conseguido antes. Parece imposible ligar eficiencia con potencia (estrategia de la r), pero la misma naturaleza pro-

porciona el ejemplo de unos potentes (bacterias) arropados por estructuras eficientes que funcionan con naturalidad en la panza del rumiante y el tiempo necesario. Así, los molares de un herbívoro duran mucho y a lo largo de la vida se «amortizan», a pesar de su difícil obtención.

El esbozo anterior, junto con mi experiencia de botánico y pastólogo, podría propiciar un desarrollo teórico útil a quienes no tuvieron la oportunidad de tantos viajes y estudios, con indagación constante durante decenios. Intento exponer ahora, con la sencillez posible, una recopilación de lo fundamental investigado y para que sirva. Lo centraré como es lógico en nuestro Pirineo, tanto el más elevado como sus estribaciones y somontanos, pero en suelo no agrario que jamás se labró y exigió siempre animales, unos rebaños integrados a lo largo de milenios al país. Eso es lo que considero *Agrobiología ganadera* y en ella los agentes fundamentales son seres vivos, no la maquinaria, el arado y unos productos químicos usados en agronomía intensiva de la tierra baja, pero que son muy peligrosos en el ambiente difícil de la montaña.

SITUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL EN LOS SISTEMAS AGROPECUARIOS

La producción, el origen del trofismo que alimenta la cadena de consumidores hasta el hombre que lo necesita, varía en el perfil topográfico que llamamos «cuesta» o sistema vaguada (Fig. 1), pero también a lo largo del tiempo: así, un estado inicial condiciona los sucesivos y debemos tenerlo en cuenta si pretendemos la eficacia, el mantener la estructura esencial con gasto mínimo, casi sin aportes y aprovechando a fondo las fuerzas naturales. Intentaré destacar unas ideas y sugerir también otros aspectos que ahora no podré comentar por las limitaciones de mi formación científica y profesional.

—*El perfil topográfico.* Es decisivo y vemos que la Humanidad lo ha considerado importante, hasta llegar a «divinizar» la montaña; en el *Génesis* veréis reminiscencias del culto al «dios de la montaña». Son evidentes los beneficios que proporciona la diversificación ambiental producida por un relieve con lluvia en aumento y la respiración vegetal minimizada por baja temperatura nocturna. Todo ello, para una cultura ganadera del Neolítico, era muy importante y se apreciaba.

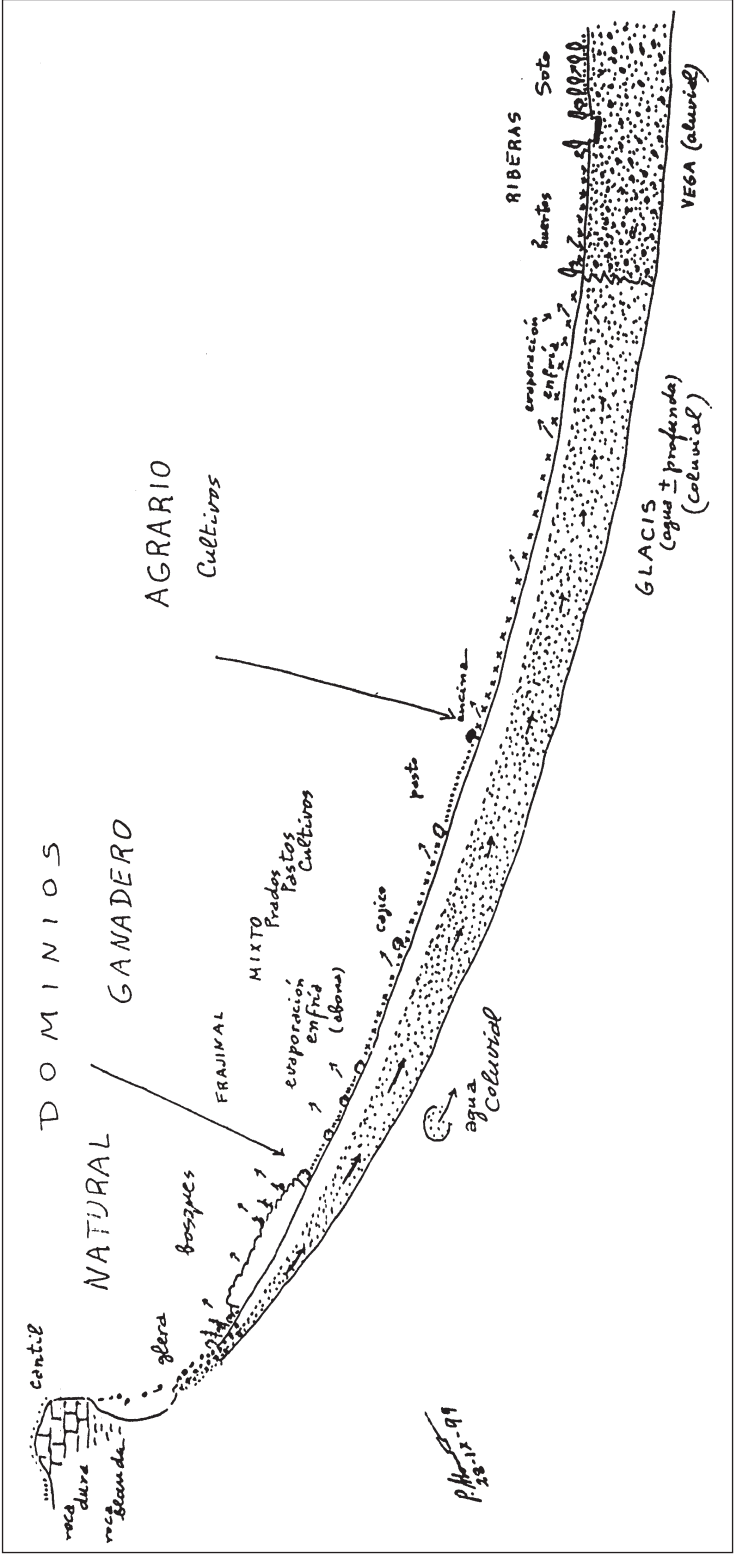


Fig. 1. Cliserie altitudinal. Expresa la dinámica en el perfil topográfico con dominio de la *naturalidad*, arriba, un sector medio *agropecuario* sin arado y el de los cultivos con *huertas* en donde hay agua suplementaria (coluvial o aluvial).

Ahora conviene destacar esa «diversificación natural» aprovechada por unas manadas primero y después por los rebaños del hombre prehistórico. Los fitófagos deben tener pasto apropiado en altitudes distintas, según sea cada clima local de montaña. En las figuras 1 y 2 intento expresar lo fundamental de dicha diversificación.

En las crestas de clima tan variable —con viento y fuerte insolación— se dificulta la vida vegetal, pero los aportes del animal venteándose con frecuencia la facilitan y entonces el pasto duro resiste la fuerte insolación desecante. Bajando ya encontramos los acantilados, cuevas y un pedregal por acumulación de pedruscos (glera pie de cantil) donde la vida es difícil y poco puede hacer el hombre; por ello allí la naturalidad es máxima y las visitas escasean, salvo de alpinistas o animales que buscan el aire de las cumbres para ventearse, refrescar la rumiación.

Al descender por el perfil (la cuesta) encontramos bosques abiertos con enebros, tejos o sabinas; son unas Gimnospermas antiguas adaptadas a la «poda» por caída de pedruscos y una sequía episódica seguida de fuertes tormentas. El bosque se aclara y los pinos prosperan con sauces, abedules, avellanos, boj, etc. Un bosque denso de hayas o con mayor frecuencia robles o quejigos de hoja marcescente representa el bosque templado normal, el cerrado que mantiene atmósfera confinada, menos seca y además enfriada por la irradiación nocturna, un albedo de su fronda que pierde calor en oscuridad y provoca el punto de rocío, tanto en poros del suelo como bajo la hojarasca: es la llamada *precipitación oculta*. El bosque denso toma del vapor atmosférico, no hace llover más pero sí que aprovecha el agua disponible de mil maneras. Si llega la niebla las hojas gotean y aumentan así la disponibilidad por *captación horizontal*. Además las sucesivas capas (dosel de ramas, matorral-pasto, hojarasca y poros del suelo) reducen la evaporación y retienen «atmósfera» casi saturada.

Las aguas salvajes (escorrentía) y otras profundas (agua freática) descienden y aumentan la disponibilidad en los glaciares del piedemonte, mientras el aporte fluvial las completa en terrazas de los ríos, ya en el fondo del sistema vaguada. Es obvio un aumento de disponibilidades (agua y solutos arrastrados) en la parte baja de cada cuesta; además la evaporación de un gramo de agua «roba» más de 600 calorías, enfría las plantas y así reduce la respiración vegetal nocturna; son pérdidas metabólicas que pueden gastar lo

asimilado. Si escasea el agua se cierran los estomas y la fotosíntesis dura pocas horas, en esa mañana «refrescada» por la irradiación mencionada.

El hombre dominó el ambiente de *valle* con los bosques en cada ladera y nos conviene considerar ese conjunto como la *unidad paisajística* básica; su dinamismo indica los procesos, esa «fisiología» de las comunidades situadas en cada sector. Hombre y animales se mueven, prosperan en unos ambientes complementarios que se adaptan automáticamente. La necesidad creó el ajuste, que se hizo por *coevolución* (evolución interactiva), en comunidad y a lo largo de milenios. Con eso ya entramos en la situación temporal de los sistemas que actúan en los paisajes de montaña.

—*Situación en el tiempo*. Es más difícil de apreciar su importancia, pero resulta decisiva si pretendemos aprovechar a fondo lo conseguido antes por tantos ajustes evolutivos, por esa *coevolución* (Fig. 2).

Nuestros pastores pirenaicos hablan de «afinar» el pasto y lo consiguen por pastoreo intenso, realizado con oportunidad: un césped denso es fruto del uso natural, del diente y pisoteo con «abonado». No es cuestión de labores ni otros gastos; el *uso adecuado* crea lo que se necesita. Sin embargo se consigue con mayor facilidad si las acciones pastoriles vienen realizándose durante milenios en el mismo lugar. Hay ajustes múltiples que no es necesario conocer a fondo, basta con saber que actuaron allí y siguen actuando ligados, ordenados a su manera y a punto de ser usados también (como la *caja negra* del sistema). La experiencia permite usar el sistema complejo «a su manera» y sin necesidad de conocer a fondo su intimidad; nos conviene dominar las peculiaridades del conjunto, que lo «marcamos» con su elemento decisivo, una especie o modalidad característica.

A partir de las generalidades anteriores y a sabiendas de que jamás lo dominaremos todo, veamos unos aspectos prácticos relacionados con la gestión, tanto de complementariedad topográfica como de situación en el tiempo. Conviene tener una idea precisa de dicha evolución, del afinado mencionado, algo que podemos simbolizar en el «tepe» (césped con suelo superficial), un capital que cuesta mucho y se destruye con enorme facilidad si entra la maquinaria pesada o movemos el suelo, como pretenden nuestros agricultores mediterráneos, los de la «tierra movida» para que produzca.

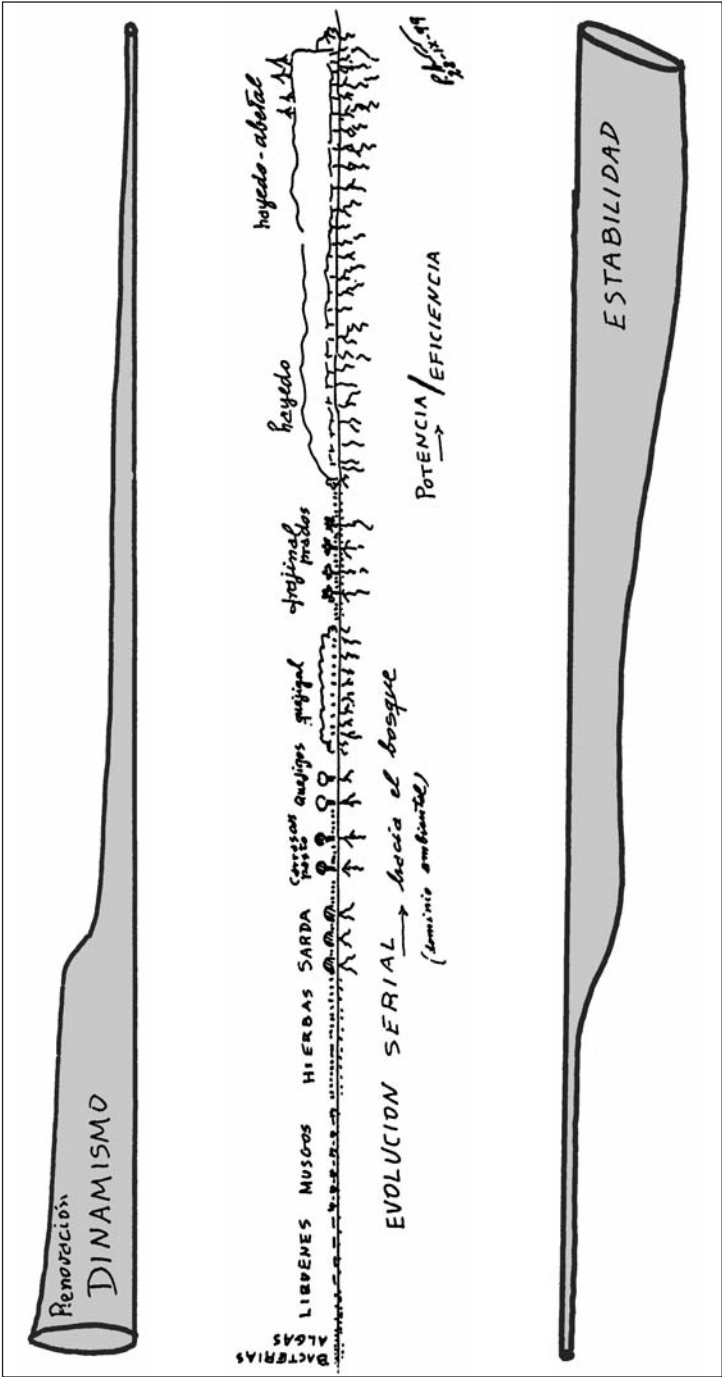


Fig. 2. Esquema para expresar el dinamismo en comunidades vegetales, de las bacterias y algas a la hierba, unos matorrales y los bosques más estables, con mucho suelo y un gran dominio ambiental.

—*Capitalización en el suelo*. Los sistemas naturales evolucionan, coevolucionan sus elementos geofísicos y bióticos ensamblados y así se facilita el uso tradicional, perfeccionándolo: se trata de una «maduración edáfica».

En el bosque, los árboles con su penetración de raíces movilizan la fertilidad profunda situándola en superficie (caída de hojarasca, etc.): por lo tanto el árbol «crea suelo», fomenta su *capacidad reguladora*. Lo dicho confirma esa capitalización, con estrategia de la *k* por aumento de la capacidad ambiental. Suelo profundo equivale a mayor estabilidad. Sin su regulación se aprovechan mal las variaciones ambientales, en especial las del agua.

El bioedafon necesita comida, hojas y restos acumulados en el mantillo; los detritívoros juegan un papel esencial y su actividad se notará observando la desaparición de la hojarasca. Es conocido que los orines y excrementos aceleran dicha incorporación al suelo. Pronto insistiré, pero antes quiero comentar la capacidad reguladora del marojal o robledal de *Quercus pyrenaica* en los glacis enormes peninsulares. La roca silíceo es pobre, tiene pocas bases, pero en los glacis el marajo bombea el agua freática y con ella suben las pocas sales que se acumulan en superficie por evaporación: ya tenemos árbol edificador con una serie de animales que organizan el humus y toda la trama de agregados estables, destacando en ello las lombrices. En Aragón hay marojales en la Cordillera Ibérica, como el Moncayo, sierra de la Virgen, el monte de Valdelacasa en Gallocanta o los montes de Albarracín, y apenas alcanzan tanto el Maestrazgo como la parte más occidental pirenaica, en Leyre-sierra de Orba.

Si capital equivale a capacidad productora, tenemos en el suelo forestal una infinidad de constructores entre los que destacan las *micorrizas* del árbol y unas *lombrices* con *bacterias* que dinamizan los flujos apoyadas en la estabilidad forestal; destacan las bacterias de lombriz, que aceleran reciclados y además forman *agregados*, su excremento, que «organiza» la *estructura esponjosa*, el suelo vivo tan necesario por retener aire y agua, sin anegamiento de raíces. Veamos el paso a césped desde un suelo forestal (Fig. 3).

—*Los céspedes y orlas forestales*. A partir del suelo forestal ya es fácil imaginar otro ganadero, con el césped que rebrota con rapidez y es nutritivo. Nuestros pastos nacieron del bosque y son fruto de un pastoreo milenario.

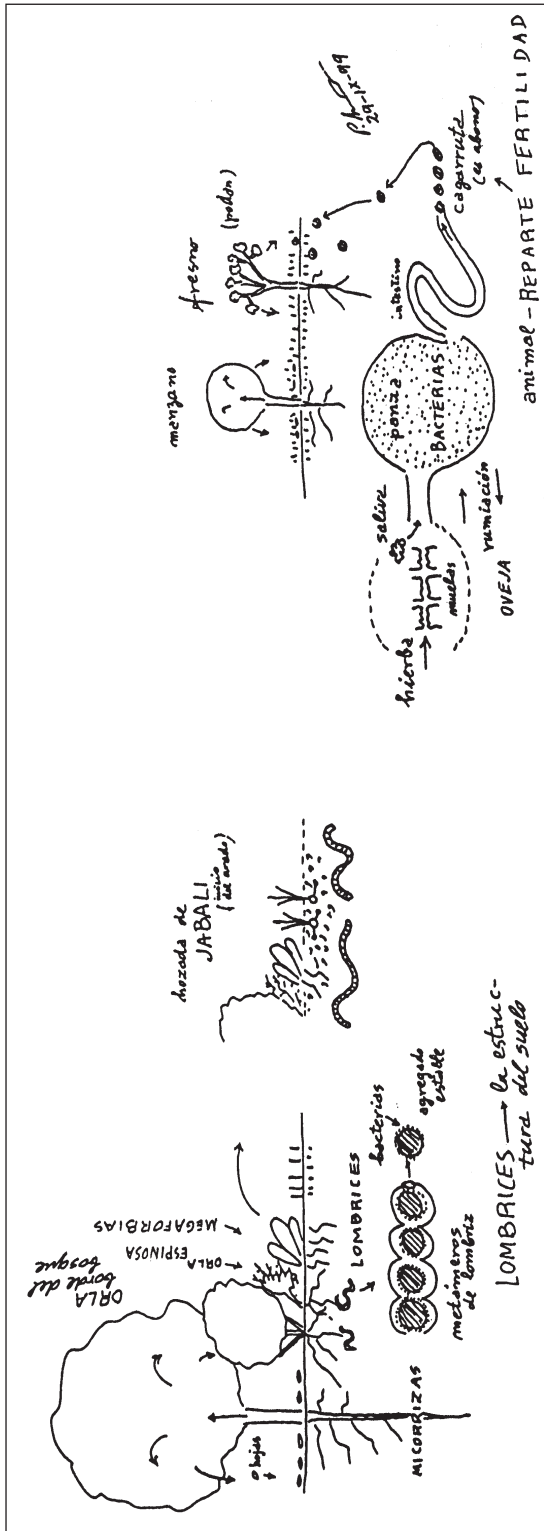


Fig. 3. Representación de las funciones naturales más dinámicas en el sistema ganadero natural. Vemos la *orla* o «borde» forestal, tan activo, con mucha vida en el suelo, simbolizada por la *lombriz* y sus bacterias. La *bacteria* lo dinamiza todo (se renueva en minutos) pero precisa el apoyo de micorrizas en árboles o de lombrices en los prados y pastos; esquematizamos también su acción apoyada en la panza de rumiante. La hozada del jabalí simboliza el rejuvenecimiento, la reactivación forestal organizada, heredada, incorporada del todo al sistema que debe perdurar.

Si caen árboles en bosque denso aparecen grandes hierbas muy jugosas. Al entrar los animales se dificulta la regeneración forestal. Son los que pastan quienes aseguran su porvenir a costa del árbol comido joven. Interesa comentar ese juego de los consumidores que frenan la recuperación arbórea.

El pasto jugoso de grandes hierbas en la «orla herbácea» es apropiado para el jabalí, que además hoza en busca de lombrices con rizomas, bulbos, etc. Al remover el suelo se «quema» materia orgánica liberando fertilidad química, un estímulo para las grandes hierbas, ortigas, el temblón, sauqueros y unos árboles de rápido crecimiento, ricos en sales nutritivas que guardan para la recuperación forestal posterior. Hay por lo tanto *comunidades edificadoras*, creadoras del ambiente boscoso a pesar de tantos consumidores. El viento y los aludes iniciaron la «explotación» forestal y esa recuperación manifiesta un bosque completo, capaz de cerrar el vuelo a pesar de tantos percances.

La hozada del jabalí inicia el «laboreo» del suelo, esa etapa agrícola con arado y gradeos, la que aireando el suelo obtiene fertilidad química producida por bacterias aerobias. El hombre aprendió y aún siguen las modalidades culturales agrarias; sin embargo y tímidamente se inicia una reacción que hace progresar otras de tipo agropecuario —sin arado— como agronomía para el porvenir. Conviene aprovechar a fondo esos mecanismos reguladores que actúan en el suelo forestal y dinamizarlos de otra manera, menos drástica, para conservar esa regulación edáfica esencial. Veamos, para no alargar, el proceso histórico abreviado.

ORIGEN Y MODALIDADES EN EL SUELO DE PASTO

Esa visión dinámica del suelo nos permite situar a los sistemas —pecuario y agrario— en una perspectiva que facilita el uso sin necesidad de dominar su estructura, sin conocer a fondo las peculiaridades intrínsecas de cada uno. En España tenemos enorme variedad de suelos con pasto y ahora la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP) inicia unos trabajos coordinados para describirlos, cartografiarlos, demostrar sus peculiaridades y usos. Intento dar a continuación un resumen muy breve, pero con lo más destacado y útil para favorecer un uso adecuado.

Hay pastos naturales antiquísimos en nuestras parameras, de césped duro y con bosquetes en cada depresión colectora de la tormenta estival, más pocos árboles aislados donde la lluvia no es suficiente, junto con matitas y un pasto que podemos simbolizar en la hierba borreguera (*Koeleria vallesiana*, *Festuca indigesta* y *F. hystrix*) con otras hierbas, algunas espinosas y poco atractivas para el «animal de cuadra» que ahora sube también al pasto de montaña. La Paleontología demuestra su importancia en el Mioceno-Plioceno (Museo Paleontológico de Torralba, en Sierra Ministra soriana) con la evolución de los Proboscídeos, Équidos, Bóvidos, Rinoce rónidos, Roedores, etc., o sea, muchos herbívoros en este ambiente de pasto sabanoide tan diversificado. Se trata de una diversidad florística natural y aprovechada por otra de consumidores diversificados también.

Vemos esbozado un modelo de naturalidad extraordinaria, con algo que teníamos y ha sido desmantelado, simplificado, reducido a pocos elementos. La productividad orientada —maximizada sectorialmente— exige muchas atenciones y con frecuencia unos subsidios que pueden superar lo producido. Ahí está el meollo de la cuestión, que —como veis— no es baladí. Si queremos *biodiversidad* debemos fomentar la *naturalidad*, dejar que actúen las fuerzas naturales y además «con tiempo», el suficiente para reorganizar los sistemas.

La descripción del pasto residual, empobrecido por esa disminución de consumidores (cazados por hombres del Paleolítico), nos sirve para valorar y apreciar más el césped renovado, conseguido después por el hombre que domesticó, segó, henificó y organizó su vida con tantos animales en nuestras montañas. Quedan pocos restos de la paramera pirenaica, solo unos matorrales con sabina y enebros que son testimoniales de un pasado. Veamos lo inmediato construido por el hombre, para orientar el futuro.

—*Praderío y pastos*. Los prados se deben al hombre organizado que siega y guarda heno, pero sus plantas proceden de la orla herbácea, esa que vimos trabajada por el jabalí en el borde forestal. Fue un proceso largo de selección abiótica primero (roturas por pedruscos), seguido del diente con pisoteo por animales pero culminado por el hombre, que imitó la lengua de la vaca y segó con guadaña (dalla) para recoger y almacenar en el momento preciso, el adecuado (MONTSERRAT, 1993).

Diversificando sus acciones, el hombre creó praderío cerca del pueblo y en otros lugares con suelo apropiado, donde construyó heniles (bordas), con cuadra para los animales y habitación esporádica para él, pero siempre junto al césped, que precisa estiércol y además la pezuña del ovino, en especial después de las heladas. El uso adecuado, esa costumbre inveterada, junto con experiencia inteligente, fueron esenciales para organizar, diversificar el prado y adaptarlo a las necesidades pecuarias de cada valle.

Así, desde los huertos con forraje muy especializado se pasó al prado apto para un pastoreo primaveral y otros más tardíos, de tal suerte que se podía mantener el ganado hasta entrar en el «pasto intermedio» (aborral próximo al pueblo), utilizado también al descender en la sanmiguelada (bajantes). El sistema complejo se ajustó sobre la marcha y así evitaban el pienso comprado. Lo esencial era mantener una diversidad apropiada y usar los pastos correctamente, en su momento, no antes ni después. El hombre pirenaico tenía su calendario preciso y sabemos que las culturas célticas (gálicas) conocían los equinoccios y el solsticio estival (San Juan) que «publicaban» con hogueras en los montes. Aún ahora oímos decir «por San Juan», diez días antes de San Miguel en otoño, etc., como hitos para situar «el sistema» en el tiempo.

El praderío se completó con árboles forrajeros primero (los dos fresnos) y frutales después (cerezos, manzanos, perales, etc.). Si hay laderas deslizantes, como en Cerler, abunda el avellano con sauces, temblones y abedules. Todo el sistema evolucionaba retroalimentado por la experiencia de unos hombres que sacaban el máximo de lo suyo, con una *tensión organizadora* que ahora falta. La «organización» exige tensión eficaz y continuada; ahora las subvenciones acortan el proceso, ayudan al viejo decrepito pero inhiben al joven que no quiere caridades, y pronto veremos el desmoronamiento de la organización ganadera pirenaica, la que industrializaba nuestras hierbas montaraces, una riqueza de Aragón, la más importante del Pirineo.

Los pastos son variados y además herencia del pastoreo tan intenso por rebaños que siguieron a las manadas salvajes; otros se han formado por el pastoreo en suelo forestal, con frecuencia después de incendios o desbroces. Sus plantas resistentes fueron seleccionadas automáticamente para

resistir el sobrepastoreo, pero ahora desaparecen sofocadas por un pasto basto y las matas o árboles que no dan pasto ni madera. No pretendo describir los pastos ahora con detalle y solo destaco lo más significativo, junto con la necesidad de mantener una presión de pastoreo adecuada, acaso algo excesiva, para evitar la banalización comentada.

Unos pastos en la «convexidad» de los picos, crestas y lomas venteadas son duros y con frecuencia tienen la mata rastrera, protectora, tan necesaria para evitar erosiones peligrosas en esos ambientes: un descuido puede ser destructor y lo será siempre cualquier labor que hagamos allí. En ladera con poco suelo también tenemos un pasto duro y con frecuencia muy adaptado a la solifluxión, como son las dos cañuelas pirenaicas, el sisó (*Festuca scoparia* = *F. gautieri*) y el cervuno, «gispet» (*F. eskia*), que defienden los suelos en ladera y pueden colonizar también el pedregal, nuestras gleras deslizantes.

Las concavidades son receptoras; en ellas se acumula suelo y agua con sales nutritivas, todo lo necesario para mantener una productividad elevada. Hay muchas variaciones pero predomina el césped denso (*F. nigrescens* subsp. *microphylla*), más productivo. En dichas variaciones se basa la productividad del rebaño y en especial la de los sarrios. Los regatos tienen hierba recia que frena la corriente y evita las erosiones, algunas son megaforbias parecidas a las de la orla forestal y forman también la dieta del herbívoro montaraz. Los humedales y charcas completan la oferta verde diversificada, preparada por la coevolución milenaria para mantener una biomasa notable y diversa. Veamos solo una peculiaridad de las «nardetas», los cerrillares húmedos con cárices (*Carex*) y juncos, aptos para équidos, que ahora sufren un defecto de carga.

El cerrillo amargo (*Nardus stricta*) domina en depresiones con nieve y agua de fusión retenida; el lavado continuo (lixiviación) deja materia vegetal pobre, sin bacterias por su acidez y por estar empapada, anoxia; es un ambiente que acumula turba en suelo casi estéril, apto para esa gramínea fibrosa y poco nutritiva. Es en este ambiente donde las yeguas han jugado un papel enorme, pero ahora escasean por no tener salida tan fácil como antes. Si conocéis Aísa habréis visto el escudo en muchas casas, testigo fiel del ennoblecimiento conseguido por sus caballos; es como si ahora fuera-

mos a la guerra con un tanque particular. Para mí es notorio el efecto de tantas yeguas pastando intensamente —durante los siglos medievales— en sus cervunales y nardetas; jamás veréis tanto regaliz de montaña ni tan robusto (cepas con 5, hasta 10 cm de diámetro y enraizamiento profundo), algo difícil de obtener en unos lugares dominados antes por el cerrillo amargo con su «tepón» fibroso, casi turboso.

Este caso tan peculiar no es más que un ejemplo concreto de la ley general aplicable a todos los pastos: *el animal hace «su pasto»*. Los herbívoros forman sistema, están integrados en el ecosistema y el pasto los une al suelo, al sustento que recicla —con mayor o menor rapidez— en su cadena trófica.

Quede claro que no conviene simplificar el vuelo drásticamente, basta con la rebaja sectorial en puntos concretos, el hueco realizado espontáneamente por hatos adecuados. Eso ya destaca la importancia de nuestras *razas* y «*rebaños*» *autóctonos*, pero deben estar en su paisaje de siempre, o sea, el diversificado que ya tuvimos y otros que aún podríamos formar ahora por la coevolución orientada ecológicamente.

—*La reticulación del paisaje*. Los animales desbrozadores, ramoneadores, hacen su trabajo con total espontaneidad y aportan también semillas del pasto natural próximo; solo conviene ayudarles a que penetren y evitar su entrada en el bosque normal que debemos conservar. Es posible conseguir por ese trabajo de los animales (no tienen seguridad social) una diversificación paisajística con el pasto variado y sin gastos apenas. Como veis, las ayudas deben ser «préstamos» para tener los animales adecuados y contar con unos jóvenes preparados, emprendedores, amantes de lo suyo y admiradores de la belleza natural en el monte utilizado correctamente. No quiero prodigar bibliografía sobre la creación del pasto en monte no labrado antes y en relación con el porvenir del mundo rural pirenaico, pero sí destaco las publicaciones recientes que pueden ayudar al lector (MONTSERRAT, 1994, 1995, 1997 y 1999).

La de 1997 se publicó en el número extraordinario de San Lorenzo, el 10 de agosto (*Diario del Altoaragón*), extractado poco después en una revista nacional. Destacaba entonces el papel creador de paisaje —gratis y produciendo— de los caballos, de la vaca tudanca, con otras razas de animal *nacidos en la montaña* y tan útil para el porvenir agropecuario que vis-

lumbramos los ecólogos. Ahora que falla la cultura humana nos conviene aprovechar la «protocultura» de unos animales adecuados, con su *instinto gregario* en evolución, que podemos conocer, promocionar y adaptar a lo que precisamos.

En la publicación más reciente (1999), editada por nuestro Gobierno de Aragón, relaciono los pastos con espacios protegidos, tanto botánicos como de unos sistemas agropecuarios situados en la proximidad de los Parques y Reservas. Este contacto con las reservas de naturalidad debería contagiar al sistema intervenido por el hombre, promover un desarrollo cultural para que progresen correctamente los sistemas naturales integrados al monte y en especial su comunidad humana propietaria de tanta riqueza. Esa etología del rebaño y en especial la del hombre comunal, mantendrán y perfeccionarán esas reticulaciones tan necesarias en el espacio y también otras de uso variado en el tiempo. A modo de conclusión, veamos una perspectiva útil para orientar la gestión del hombre de montaña, el pirenaico con los técnicos adecuados que deben ayudarle.

PERSPECTIVAS

Ya insinuamos muchas y ahora conviene reunir las que podrían decidir el porvenir de nuestras montañas, tan alteradas, con perturbación por unas inferencias foráneas, colonizadoras, desnaturalizadoras. A modo de tentativa o ensayo, quiero esbozar lo que un pastólogo desea para el Pirineo, las estribaciones del Moncayo y tantos montes turolenses con sus parameras extraordinarias, algo que se pierde junto con sus hombres, el joven que deserta, olvida su patrimonio para entrar en el suburbio contaminado, poco halagüeño y anulador de una personalidad con iniciativa y futuro.

—*La renta por coevolución.* Animales y hombres evolucionan, progresan en contacto con su medio ecológico y se adaptan *si hay continuidad*: las fluctuaciones desorganizan e impiden este progreso hacia la naturalidad.

Vimos una tendencia general del hombre hacia las intervenciones que acortan cadenas tróficas; así simplifica lo natural para orientar la producción, maximizarla en lo que le interesa, pero descuida el soporte, «la fábrica», o bien la suple con unos *subsidios* perturbadores, innecesarios; la

comunidad natural canaliza unos flujos variados y en ambiente difícil la producción se gasta en estructuras para «sobrevivir». Así, un cactus en Arizona resulta simbólico, paradigmático, pero aún hay animales que los aprovechan para desarrollar allí su vida y siempre sin destruir «la casa» que los cobija.

La gestión en montes se ha complicado (MONTSERRAT, 1998). Antes la necesidad de leña forzaba una «limpieza» en especial de matas combustibles (aliaga, jaras, brezos, etc.) y ahora el incendio forestal parece inevitable por no encontrar obreros ni poder pagarlos. Sin embargo, las cabras y las yeguas (MONTSERRAT, 1997) hacen el trabajo y además producen.

Un monte diversificado con naturalidad tiene recursos para todo; los animales trabajan gratis y además construyen, permiten mejorar «sobre la marcha» sus acciones si conocemos la manera y así el hombre conduce la coevolución adaptativa. Parece fácil, pero ¿dónde está ese hombre? No lo hemos preparado y el problema urge, ya tenemos el desastre actuando ahora, mientras nuestros jóvenes están llenos de «ideas» pero «no saben» actuar. Hemos desprestigiado la cultura rural adaptativa y sus rutinas valiosas, mientras las ideas «foráneas» no sirven. Cada país, cada comarca, tiene sus problemas que necesitan tanto esos animales como al hombre adecuado.

—*Selección por comportamiento.* Ya vemos la importancia de tener animales que sepan utilizar lo que tenemos, se muevan con soltura y así «edifiquen» su paisaje. Podemos seleccionar por comportamiento. La cabra tiene fama de ser caprichosa, imprevisible, pero un discípulo ecólogo y ganadero (Eduardo González) demostró en Beorburu (Navarra) que nacían cabras dóciles de las que ya lo eran y destacaban en el hato por su comportamiento estudiado a fondo por él y sus convecinos. La *selección etológica* mejorará nuestras razas locales y tiene un porvenir extraordinario. También los équidos y el vacuno mejorante de pastos pueden seleccionarse para que cumplan mejor su función creadora de pastos. El instinto facilita la gestión y debe ser seleccionado, preparado para esta gestión más global e integrada en el paisaje de montaña.

El gregarismo de la oveja facilita la gestión de sus guías y más aún la del pastor en ambiente difícil, con precipicios y tormentas estremecedoras, algo que asusta mucho a unas ovejitas «buenas para el matadero» pero que

se pierden en nuestras montañas. Cada valle o montaña necesita su rebaño preparado y los guías (animales viejos, aun con mala dentadura) son imprescindibles si hay un pastor que los prepare y destaque con la esquila, el *truco* maravilloso.

La selección por comportamiento humano se hacía entre muchos hermanos y subiendo a puerto siendo niños, al lado de un pastor experimentado. Había jóvenes que no podían y su salida facilitaba las cosas, pero ahora se van todos, los sacamos a escuelas lejanas y solo quedan los viejos que ya no pueden esperar nada del futuro y necesitan la subvención para no morir.

LA SOLUCIÓN ES EDUCATIVA Y CULTURAL

En la formación de pastores y técnicos apropiados andamos muy mal; seguimos «instruyendo» a unos ciudadanos incapaces de andar con soltura por nuestros montes, con veterinarios del *pet* de compañía y animales de cuadra pero que no han vivido en su niñez los problemas del rebaño haciendo pasto, creando riqueza y embelleciendo los paisajes de montaña. Algunos nacieron en casa ganadera pirenaica y son excepción a lo dicho; la educación en el «burgo» universitario —casi la misma del Renacimiento— debería coronar en el doctorado una larga formación práctica, con los conocimientos eficaces adquiridos en agronomía ecológica y gestión, tanto para veterinarios como forestales y agrónomos de montaña (MONTSERRAT & VILLAR, 1997).

Hemos visto y comentado la gestión tradicional de tipo cultural con una evolución del comportamiento humano «instintiva», que imita el de los animales, su esbozo de cultura. Del gregarismo animal pasamos al humano manifestado en la organización comunal y unas sociedades cooperativas modernas. La educación debería fomentar el desarrollo de nuestras culturas, las heredadas, que ahora se debilitan y desaparecerán; con ellas perdemos el instrumento idóneo para la gestión ambiental automatizada. Bajo esa perspectiva, el «piloto automático» es cultural, existía y lo vamos perdiendo. Es importante creer en la posibilidad de armonizar todo lo relacionado con dicha gestión y así convencer al educador de su importancia.

Vale la pena insistir, entusiasmar a quienes deben decidir lo mejor, creyendo en la necesidad de iniciar cuanto antes la reforma educativa, pero en relación siempre con esa potenciación de las culturas rurales que teníamos y ahora van desapareciendo. El efecto multiplicador de tantas acciones coordinadas sería espectacular y me gustaría ser joven para verlo.

BIBLIOGRAFÍA

- MONTSERRAT, P. (1993). Prados. *Diccionario de la Naturaleza. Hombre, Ecología y Paisaje*: 484-490. Espasa Calpe - Banco Bilbao Vizcaya.
- MONTSERRAT, P. (1994). La cultura en el paisaje. *El Campo*, 131 (noviembre): 235-249. Banco Bilbao Vizcaya.
- MONTSERRAT, P. (1995). El pastoreo que dinamizará un progreso sostenido. *Pastos*, 24(2): 137-163. Revista de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Trabajo recopilador actualizado.
- MONTSERRAT, P. (1997). La mirada del botánico en el paisaje pirenaico. *Savia*, 5: 39-41. Revista de la SEAE, Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- MONTSERRAT, P. (1998). La gestión en áreas de montaña. Los pastos. *Curso sobre gestión*. Montgófre, Menorca. Universidad de Baleares.
- MONTSERRAT, P. (1999). La ecología en el paisaje de montaña. *Espacios Naturales Protegidos del Pirineo* (ed., L. VILLAR). Serie Conservación, 2: 25-30. Gobierno de Aragón.
- MONTSERRAT, P. & L. VILLAR (1997). La evolución del mundo rural y perspectivas para un desarrollo global, integrado, con futuro. Conferencia en la Jornada Técnica *Mundo Rural y Medio Ambiente*, Barbastro (Feria), 30 enero 1997. Son seis páginas repartidas a los asistentes y a quienes lo soliciten al Instituto Pirenaico de Ecología.

ARTÍCULOS

CONTRIBUCIÓN A LA TAXONOMÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA DE LOS RUDISTAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL PREPIRINEO ARAGONÉS

Laia ALEGRET¹
Marcos AURELL¹

RESUMEN.—Se ha realizado un análisis sistemático de los rudistas (moluscos bivalvos) contenidos en la Formación Salinas de Jaca, presente a lo largo de todo el Prepirineo aragonés y depositada durante el Cretácico superior. Este estudio trata de establecer una taxonomía específica para los rudistas (familias Hippuritidae y Radiolitidae) del Prepirineo aragonés. Además, las especies de rudistas descritas se han agrupado en tres asociaciones distribuidas a lo largo de todo el Campaniense. Estas asociaciones son las primeras propuestas para el Prepirineo aragonés y se han comparado con las establecidas para el Pirineo catalán.

ABSTRACT.—*Contribution to the taxonomy and biostratigraphy based on rudists of the Upper Cretaceous at the Aragonese Pre-Pyrenees.* A systematic analysis of the rudists (molluscs bivalvs) included in the Upper Cretaceous Salinas de Jaca Formation is reported. This study intends to establish an specific taxonomy for rudists (Hippuritidae and Radiolitidae families) of the Aragonese Pre-Pyrenees. Besides, these species of rudists have been grouped into three associations distributed along the all Campanian. These are the first associations proposed for the Aragonese Pre-Pyrenees, and have been compared with the stablished ones at the Catalanian Pyrenees.

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. E-50009 ZARAGOZA.

KEY WORDS.—Rudists, taxonomy, associations, Campanian, Aragonese Pre-Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

Los rudistas constituyen una constante biológica en las plataformas carbonatadas y terrígenas de los mares someros durante el Cretácico superior. Rudista es el nombre común que reciben los bivalvos heterodontos de la superfamilia Hippuritacea Gray; los representantes de esta superfamilia se conocen desde el Jurásico superior (Oxfordiense superior) hasta el Cretácico superior (Maastrichtiense). Se trata de moluscos inequivalvos, de tamaño relativamente pequeño y capaces de fabricar una concha de gran tamaño y considerable grosor. La concha presentaba una capa externa de calcita y otra interna de aragonito y el desarrollo relativo de una capa con respecto a la otra, así como su estructura particular, son caracteres diagnósticos de las distintas familias.

Los rudistas vivían o bien fijos a sustratos duros o bien anclados o recostados en sustratos blandos. Se alimentaban de organismos en suspensión y habitaban, de forma solitaria o en colonias, mares someros tropicales y subtropicales de aguas limpias, con alto contenido en carbonato, salinidad normal y temperaturas cálidas, entre 20 y 29 °C (POLSAK, 1976; en BILOTTE, 1985). Las variaciones de estos factores afectaban desfavorablemente a los rudistas, pudiendo llegar a hacer desaparecer las colonias o a alterar profundamente su disposición sobre el sustrato. Por ello los rudistas son unos marcadores excepcionales de las condiciones paleoambientales que los envolvían.

En el presente estudio se realiza un análisis sistemático y taxonómico de las especies de rudistas que aparecen en los materiales de la Formación Calizas con Rudistas de Salinas de Jaca, correspondiente a los primeros sedimentos marinos depositados en el Prepirineo aragonés durante el Cretácico superior. Las especies de rudistas se han agrupado en tres asociaciones, que con gran precisión bioestratigráfica permiten datar las rocas que las contienen. Para el área de estudio no existen trabajos previos detallados sobre las comunidades de rudistas; tan solo MOLINA (1985) cita la presencia de *Radiolites* sp. y *Birradiolites* sp. en las calizas del sector de Arguis.

De este modo, los resultados aportados en este trabajo, en especial las asignaciones taxonómicas y bioestratigráficas, contribuyen a un mejor conocimiento de las comunidades de rudistas que poblaron las plataformas carbonatadas de la Cuenca Surpirenaica durante el Cretácico superior.

METODOLOGÍA

Se han estudiado ejemplares de rudistas incluidos en la Formación Calizas con Rudistas de Salinas de Jaca. Esta formación se extiende a lo largo de todo el Prepirineo aragonés, donde se han situado siete puntos para la recogida de muestras (Fig. 1). El depósito de dichos materiales comenzó durante la transgresión de edad Santoniense superior-Campaniense y alcanzó las áreas, hasta entonces continentales, del Prepirineo aragonés. Fue en ese momento cuando se inició la sedimentación de materiales carbonatados correspondientes a una plataforma que fue ampliamente colonizada por

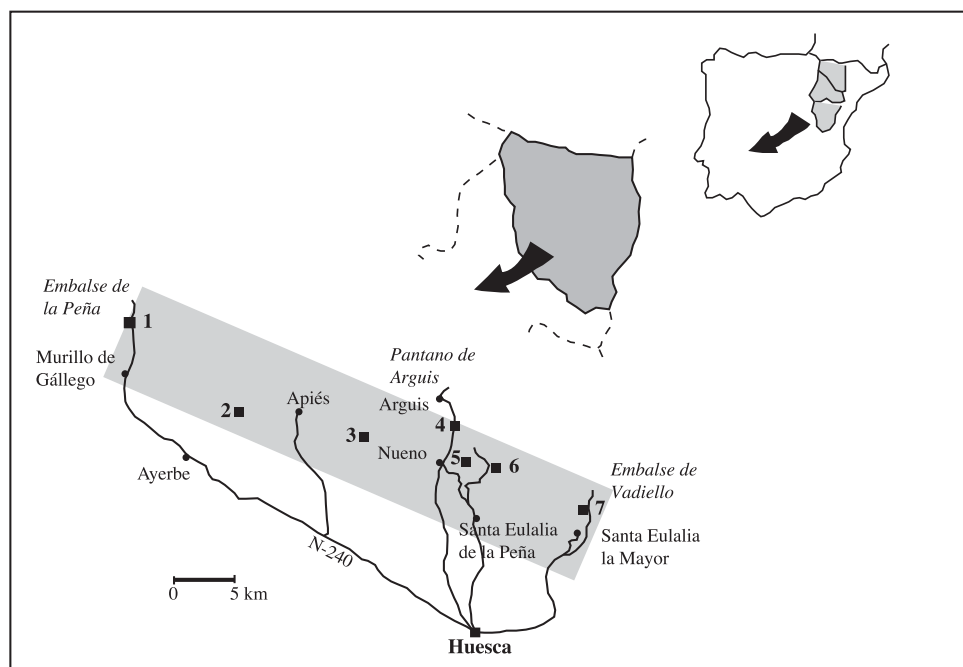


Fig. 1. Mapa de localización de los puntos estudiados: 1, perfil del pantano de la Peña; 2, Aniés; 3, Gratal; 4, Arguis; 5, Tiacuto; 6, Salto del Roldán; 7, Vadiello.

comunidades de organismos bentónicos, principalmente foraminíferos, algas dasicladáceas y rudistas.

Para el estudio de los caracteres morfológicos internos de la concha de los rudistas se efectúan secciones transversales de la valva derecha; posteriormente los fósiles son pulidos y barnizados para una mejor observación de los mismos mediante una lupa binocular. Los ejemplares estudiados se hallan depositados en el Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza para cualquier consulta o revisión.

En este trabajo se ha empleado la clasificación de rudistas en familias propuesta por DECHASEAUX *et al.* (1969), modificada posteriormente por SKELTON (1978; en VICENS, 1992).

RESULTADOS

Análisis taxonómico y sistemático

Los ejemplares estudiados pertenecen a las familias Hippuritidae Gray (Turonense-Maastrichtense) y Radiolitidae Gray (Barremiense-Maastrichtense). La concha estaba formada por una gruesa capa externa de fibras prismáticas de calcita, una capa intermedia de aragonito con estructura laminar cruzada y una capa interna de aragonito con estructura laminar cruzada compleja. Los ejemplares estudiados conservan únicamente la capa externa de calcita, porque el aragonito de las capas internas ha sido disuelto y reemplazado por micrita. En estudios recientes sobre hipurítidos y radiolítidos, VICENS (1992) señala que a causa de la elevada variabilidad morfológica se han descrito especies basadas en diferentes morfotipos de una misma especie. Es por lo que en la bibliografía sobre rudistas pueden aparecer especies que son, en realidad, sinónimas.

Familia Hippuritidae Gray, 1848

La concha de los hipurítidos está formada por una valva derecha cónica y cilíndrica, empleada para la fijación al sustrato, y una valva izquierda pequeña de morfología externa plana y más o menos convexa. Los hipurítidos eran organismos elevadores, es decir, crecían hacia arriba, elevando toda la comisura (SKELTON & GILI, 1991).

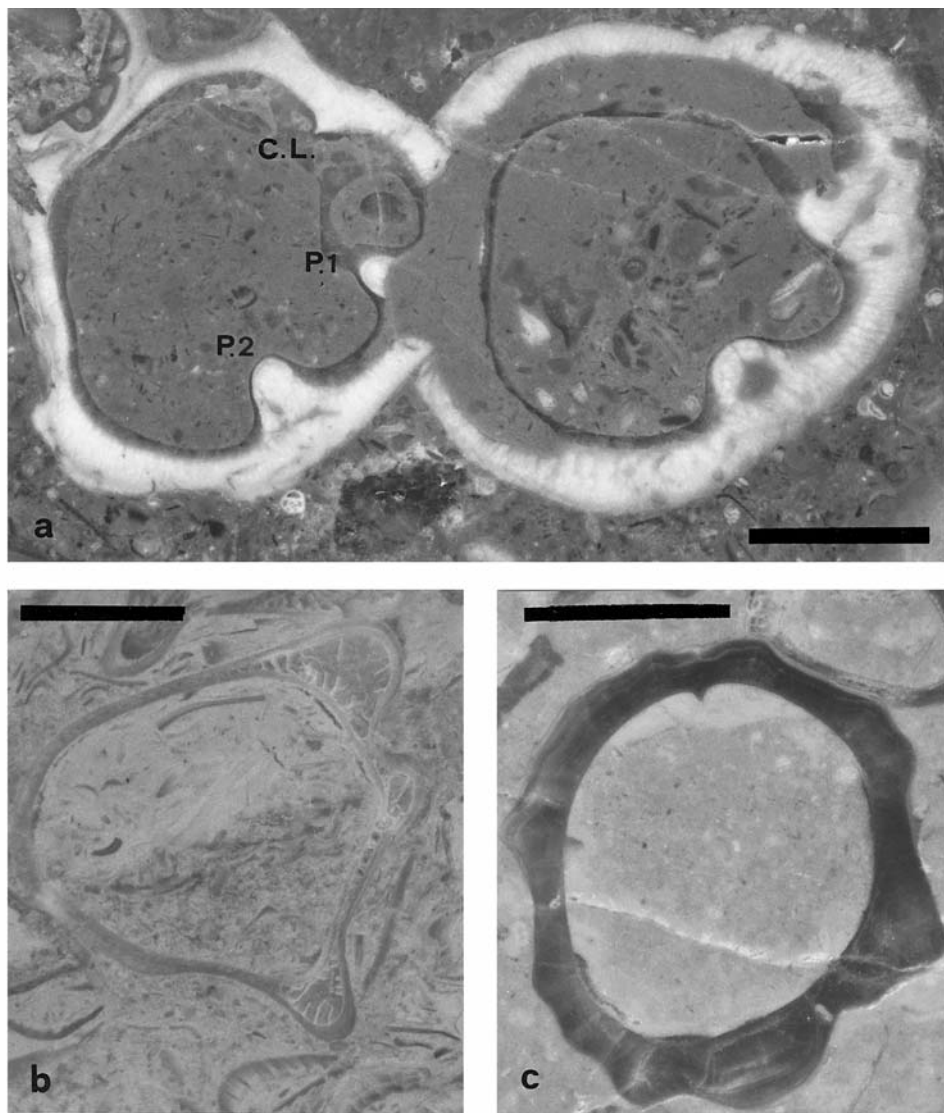


Fig. 2. a. Secciones transversales de la valva derecha de *Hippuritella lapeirousei* (Goldfuss): P1, primer pilar; P2, segundo pilar; C. L., cresta ligamentaria. b. Sección transversal de la valva derecha de *Biradiolites osensis* (Vidal). c. Sección transversal de la valva derecha de *Praeradiolites ciryi* Floquet. Las barras equivalen a 5 mm.

La ornamentación de la valva derecha consiste en costillas y líneas de crecimiento y varía mucho entre las distintas especies, incluso dentro del mismo espécimen. En la figura 2a se muestran los caracteres morfológicos de la sección transversal de la valva derecha de los hippurítidos. En la región postero-dorsal de la valva derecha, la capa externa tiene tres repliegues radialmente alineados, de la región dorsal a la ventral: cresta ligamentaria (L), primer pilar (P1) y segundo pilar (P2). La forma de los dos pilares también puede ser importante para la determinación de especies. Estos repliegues forman tres surcos más o menos marcados en la superficie externa de la valva. La cresta ligamentaria es el principal criterio para la determinación de especies, en función de su morfología redondeada, triangular, truncada, una pequeña inflexión o ausencia de la misma.

LISTADO DE ESPECIES

Para la determinación de géneros se ha empleado el trabajo de DECHASEAUX *et al.* (1969). Los ejemplares hallados pertenecen a dos géneros de hippurítidos. En ellos se han diferenciado tres especies:

Género *Hippuritella* Douvillé, 1908

Los ejemplares de este género tienen poros poligonales; la cresta ligamentaria es triangular, aunque se reduce y puede desaparecer en las especies más recientes.

Hippuritella lapeirousei (Goldfuss, 1840)

= *Hippurites lapeirousei* Goldfuss, 1840, p. 303, lám. 165, fig. 5 a-f.

= *Hippurites espaillaciana* d'Orbigny, 1842, p. 188.

= *Hippurites espaillaci* d'Orbigny, 1847, p. 177, lám. 535, figs. 4-6.

= *Hippurites radiosus jeune* Desmoulins, 1857; Bayle, p. 696.

= *Radiolites paillonica* Leymerie, 1878, lám. f, fig. 4.

La ornamentación de la valva derecha presenta una gran variabilidad intraespecífica y consiste en costillas y/o líneas de crecimiento. La capa externa tiene un espesor de unos 2 mm y su contacto con la capa interna es liso. La cresta ligamentaria está ausente o reducida a una pequeña inflexión en la capa externa; los pilares son triangulares y muy similares entre sí, cortos y anchos (Fig. 2a). Los diámetros medidos son muy pequeños y se ha obtenido una media de 15 mm.

Edad: Abarca desde el Campaniense terminal hasta el Maastrichtiense superior.

Discusión: *Hippuritella lapeirousei* (Goldfuss) se diferencia de otras especies de este grupo por la cresta ligamentaria, que en esta especie es prácticamente inexistente o está ausente.

Género *Vaccinites* Fischer, 1887

Las especies de este género tienen la cresta ligamentaria grande y lamelar, pilares bien desarrollados, especialmente el segundo pilar, y una cavidad dorsal grande. El límite entre la capa externa y la interna es ondulado.

Vaccinites archiaci (Douvillé, 1892)

- = *Hippurites archiaci* Munier-Chalmas, 1892; Douvillé, p. 45, lám. 5, figs. 1-3.
- = *Hippurites sulcatus* Defrance, 1895; Douvillé, p. 159, lám. 23, fig. 3.
- = *Vaccinites praeespagnicus* Pamouktchiev, 1979, p. 407, fig. 1.
- = *Vaccinites cornuvaccium* Bronn, 1984; Bilotte, lám. 41, fig. 8.

La ornamentación de la valva derecha consiste en costillas redondeadas separadas por estrechos surcos. Los surcos correspondientes a los pilares y a la cresta ligamentaria están bien marcados. La cresta ligamentaria es lameliforme y truncada. El primer pilar es cuadrado y ligeramente estrangulado hacia la base; el segundo también está estrangulado en su base, lo que le da un aspecto pedunculado. La cavidad dorsal es grande y los diámetros medidos son muy variables.

Edad: TOUCAS (1904) considera que esta especie se encuentra en el Campaniense y PHILIP y BILOTTE (1983) y BILOTTE (1985), en el Campaniense inferior.

Discusión: *Vaccinites archiaci* (Douvillé) es muy similar a *Vaccinites sulcatus* (Defrance), aunque generalmente este último tiene la cresta ligamentaria más ancha y corta.

Género *Hippurites* Lamark, 1801

Las especies de este género se caracterizan por tener poros lineales o vermiculados.

Hippurites canalicatus Roland du Roquand, 1841

- = *Hippurites striatus* Defrance, 1821, p. 195.
- = *Hippurites sulcatus* Defrance, 1847; d'Orbigny, p. 170, lám. 531.
- = *Hippurites crassicosatus* Douvillé, 1893, p. 63, lám. 8, figs. 11-13; lám. 9, fig. 2.
- = *Orbignya canaliculata* Roland du Roquand, 1903; Toucas, p. 25, lám. 1, fig. 11.
- = *Orbignya crassicosata* Douvillé, 1903; Toucas, p. 26, lám. 1, fig. 12.
- = *Orbignya striata* Defrance, 1903; Toucas, p. 27, lám. 1, figs. 13-15.

La ornamentación de la valva derecha consiste en costillas anchas y redondeadas, separadas por surcos estrechos. Los tres surcos relacionados con la cresta ligamentaria y los dos pilares están bien marcados. La cresta ligamentaria es triangular truncada; en algunos de los ejemplares estudiados es corta y ancha y en otros es estrecha y alargada, con una prolongación lamelar truncada. El primer pilar es cuadrado o rectangular y el segundo es rectangular ligeramente pinzado. La cavidad dorsal es pequeña. El espesor de la capa externa tiene entre 2 y 3 mm y su límite con la capa interna es liso. La media de los diámetros medidos es de 4 cm.

Edad: TOUCAS (1903) y BILOTTE (1985) consideran que esta especie se encuentra en el Santoniense superior. VICENS (1992) la sitúa en el Santoniense superior y Campaniense basal del Pirineo oriental.

Discusión: *Hippurites canalicatus* Roland du Roquand se diferencia de la especie *Hippurites crassicoatus* Douvillé, según DOUVILLÉ (1893), porque la segunda tiene un diámetro mayor y costillas más salientes. Sin embargo, VICENS (1992) la considera sinónima de la primera y piensa que las diferencias en el diámetro de la sección y en la ornamentación se deben a la variabilidad intraespecífica de *Hippurites canalicatus* Roland du Roquand. Dicha sinonimia es confirmada por el hecho de que ambas especies son contemporáneas y pertenecen a la misma línea filogenética.

Así mismo, VICENS (1992) cita *Hippurites striatus* Defrance como otra posible especie sinónima de *Hippurites canalicatus* Roland du Roquand, por su semejanza en la ornamentación y sección de la valva derecha, así como por su distribución bioestratigráfica coincidente.

Familia Radiolitidae Gray, 1848

Para las determinaciones genéricas se han tomado como referencia los trabajos de DECHASEAUX *et al.* (1969) y PONS (1977). La concha de los radiolítidos es muy inequivalva; es la valva derecha la más grande y la empleada para la fijación. Puede tener desde una forma cónica, estrecha y larga, hasta cilíndrica o cónica muy amplia. La valva izquierda es más pequeña y tiene forma de opérculo, con dos grandes dientes en su parte interna. La capa externa se caracteriza por una estructura celular, debida a la superposición rítmica de láminas. Así se forman células poligonales o alargadas en sentido radial.

En la región postero-ventral de la capa externa se encuentran las bandas sifonales: una de ellas se encuentra en la región posterior y la otra en la ventral. Es probable que los excrementos y las partículas no asimilables fuesen expulsados al exterior por la zona de la comisura que corresponde a las dos bandas sifonales (SKELTON, 1979).

Para las determinaciones taxonómicas de los radiolítidos se emplea la morfología externa y la ornamentación de la concha. Ambas dependen de la inclinación de las láminas de la capa externa respecto a la dirección de crecimiento; así, serán lisas, onduladas o plegadas. También pueden ser útiles la morfología de las bandas sifonales y la presencia o ausencia de cresta ligamentaria.

LISTADO DE ESPECIES

Género *Biradiolites* d'Orbigny, 1850

Las especies de este género no presentan cresta ligamentaria. En la superficie externa las estructuras sifonales corresponden a dos bandas lisas o con líneas de crecimiento. En

la sección transversal de la valva derecha de muchas especies, la capa externa es más estrecha en las bandas sifonales.

Biradiolites lameracensis Toucas, 1909

= *Biradiolites lameracensis* Toucas, 1909, p. 110, lám. 21, figs. 5, 76.

= *Radiolites similivalvis* Astre, 1932, p. 35, lám. 6, figs. 1, 2; lám. 7, fig. 1.

= *Biradiolites orbigny* Toucas, 1940, p. 296, lám. 11, fig. 1.

= *Biradiolites aquitanicus* Toucas, 1977; Pons, p. 76, lám. 78, figs. 1, 2.

Esta especie presenta numerosos pliegues en todo el contorno de la valva derecha. La sección transversal de la valva derecha es circular, aunque puede llegar a ser más o menos ovalada por los pliegues. La banda posterior es mucho más estrecha que la banda ventral; esta última es cóncava y penetra en la cavidad corporal. El tamaño es variable pero en general adquieren grandes tallas. Los diámetros medidos varían entre 4 y 9 cm. Esta variación del tamaño es debida en gran parte a la extensión de los pliegues.

Edad: Abarca desde el Campaniense superior hasta el Maastrichtiense inferior.

Discusión: Según VICENS (1992), los ejemplares de esta especie que presentan pocos pliegues y que tienen un diámetro antero-posterior muy pequeño son similares a su especie antecesora, *Biradiolites leychertensis* Toucas.

Biradiolites osensis (Vidal, 1878)

= *Radiolites osensis* Vidal, 1878, p. 103, lám. 7, figs. 1, 2.

= *Agria osensis* Vidal, 1907; Toucas, p. 22, lám. 1, figs. 15, 15c.

= *Agriopleura osensis* (Vidal, 1932), Toucas; Kühn, p. 81.

La capa externa de la valva derecha tiene estructura celular en la parte interna de los pliegues y el resto es de estructura compacta. Presentan tres pliegues que limitan dos bandas (Fig. 2b); uno de ellos se sitúa en la región posterior, otro en la postero-ventral y el tercero en la ventral. La banda posterior es más estrecha que la ventral y el último pliegue está desplazado a la región antero-ventral. La banda posterior es cóncava y la ventral, plana. La región dorsal y posterior de la valva derecha es arqueada con una inflexión en la parte dorsal y otra en la parte anterior. Los ejemplares de esta especie son de pequeño tamaño (se han medido diámetros de 1,2 y 1,3 cm). La capa externa tiene poco espesor en todo el perímetro de la valva.

Edad: Comprende desde el Campaniense superior hasta el Maastrichtiense inferior.

Distribución: MASSE y PHILIP (1974) atribuyen la especie *Agriopleura osensis* (Vidal) al género *Biradiolites* d'Orbigny; VICENS (1992) la atribuye también al mismo género considerando que las estructuras sifonales son bandas; en caso contrario, dicho autor propone atribuirle al género *Bournonia* Fischer.

Género *Praeradiolites* Douvillé, 1902

Praeradiolites ciryi Floquet, 1991

= *Radiolites?* sp. *ciryi*, p. 291, lám. 10, fig. 3; lám. 12, figs. 2 y 3.

= *Praeradiolites ciryi* Floquet, 1991, p. 789, lám. 2, fig. 288.

La valva derecha es de morfología cónica elongada, con cinco pliegues longitudinales en la región posterior, dos bandas radiales planas o cóncavas, sección transversal circular y una capa calcítica externa principalmente compacta (Fig. 2c). La forma de la concha es recta o ligeramente curvada y siempre presenta dos anchas depresiones radiales o bandas sifonales, separadas por un pronunciado pliegue. La región anterior (área de fijación) está pobremente ornamentada con finas líneas de crecimiento, mientras que la región posterior se caracteriza por la presencia de cinco pliegues. La región ventral presenta el mayor pliegue de la concha, el pliegue ventral, en ocasiones subdividido en dos costillas longitudinales separadas por finas depresiones o senos. La cresta ligamentaria es fina y prominente, de unos 1,5 mm de longitud y forma triangular, con flancos paralelos y extremo truncado o bifurcado.

La estructura de la concha consiste en una delgada capa interna de cemento en mosaico y una capa externa calcítica de mayor espesor (de 1,5 a 2 mm). Esta capa externa es compacta, con algunas regiones (la dorsal y la anterior) ligeramente celulares. El tamaño es pequeño, de 4 a 6 cm de altura y 1,5 cm de diámetro.

Edad: *Praeradiolites ciryi* Floquet está presente, aunque raramente, en el Santonien superior, pero es más frecuente en las plataformas carbonatadas Campanienses, incluso del Campaniense superior.

Discusión: Los ejemplares estudiados presentan los mismos caracteres morfológicos que los descritos por FLOQUET (1991) para *Praeradiolites ciryi* Floquet.

Praeradiolites fuxeensis Astre, 1954

= *Praeradiolites fuxeensis* Astre, 1954, p. 65, fig. 22, lám. 7, figs. 1 y 2.

= *Praeradiolites subfuxeensis* Astre, 1962, p. 303, figs. 1-4.

La valva derecha es cónica, con una sección ovalada. En la región dorsal y anterodorsal, las láminas se hallan inclinadas hacia el umbo. Las estructuras sifonales están formadas por dos senos anchos limitados por tres pliegues. La cresta ligamentaria, larga y estrecha, tiene el extremo interno muy ancho. El diámetro medido es de 65 mm, aunque son más frecuentes los diámetros entre 80 y 100 mm.

Discusión: Algunos ejemplares de *Praeradiolites subtoucasi* Toucas tienen una morfología externa similar a *Praeradiolites fuxeensis* Astre y se diferencian de estos últimos por su menor tamaño.

Praeradiolites subtoucasi Toucas, 1907

= *Praeradiolites aristidis* Munier-Chalmas, 1888, p. 819.

- = *Praeradiolites subtoucasi* Toucas, 1907, p. 31, lám. 3, figs. 8 y 9.
- = *Praeradiolites echennensis* Astre, 1954, p. 63, lám. 6, figs. 5-8.

La valva derecha es cónica y de sección redondeada, con las láminas inclinadas hacia el umbo en la región antero-dorsal. Los tabiques forman celdillas poligonales que se alargan progresivamente hacia la zona externa, donde ya no se aprecian celdillas sino tabiques dispuestos radialmente. La media de los diámetros medidos es de 35 mm.

Edad: La distribución bioestratigráfica de esta especie abarca desde el Campaniense basal hasta la mitad del Campaniense superior.

Discusión: VICENS (1992) considera que las especies *Praeradiolites echennensis* Astre y *Praeradiolites aristidis* Toucas corresponden a distintos tipos morfológicos sinónimos de *Praeradiolites subtoucasi* Toucas.

Género *Radiolites* Lamarck, 1801

Radiolites nouleti Toucas, 1908

- = *Sphaerulites nouleti* Bayle, 1857, p. 694.
- = *Radiolites nouleti* Bayle, 1908; Toucas, p. 72, lám. 13, figs. 18, 19.

Los tabiques forman celdillas redondeadas y es frecuente la presencia de estructura compacta en muchas zonas de la capa externa de la valva derecha. Las láminas están inclinadas hacia el umbo y presentan pliegues más o menos marcados en todo el contorno de la valva. La cresta ligamentaria es corta y los diámetros medidos oscilan entre 4 y 6,3 cm.

Edad: Corresponde al Campaniense inferior.

Discusión: Los ejemplares estudiados presentan las mismas características morfológicas descritas por TOUCAS (1908) para *Radiolites nouleti* Toucas.

Género *Radiolitella* Douvillé, 1904

Radiolitella pulchellus (Vidal)

- = *Sphaerulites pulchellus* Vidal, 1878, lám. 4, figs. 1-3.
- = *Praeradiolites pulchellus* Vidal, 1907; Toucas, p. 39, lám. 5, figs. 13, 14.

La valva derecha es cónica; la región dorsal es ligeramente arqueada y carece de pliegues. Estos están bien desarrollados en las regiones ventral y posterior. Las estructuras sifonales están formadas por dos pliegues. La estructura de la capa externa de la valva derecha presenta variaciones, de uno a otro individuo, en la proporción de estructura celular en relación con la estructura compacta. Las celdillas están limitadas por tabiques anchos y son de morfología redondeada; las de la zona interna de la capa son más grandes

que las de la zona externa. La cresta ligamentaria es triangular y corta. Los diámetros medidos son de 5,5 cm.

Edad: Esta especie se distribuye desde el Campaniense superior hasta el Maastrichtiense inferior.

Discusión: Los ejemplares estudiados presentan una estructura compacta en gran parte de la capa externa de la valva derecha, al igual que ocurre con los sintipos de esta especie.

Género *Rosellia* Pons, 1977

Rosellia nov. sp. Vicens, 1992

= *Rosellia*? nov. sp. Vicens, 1992, p. 217, lám. 70, fig. 3; lám. 71, figs. 1-5; lám. 74, fig. 2.

La principal característica de esta especie son sus anchos tabiques, que forman celdillas redondeadas y de gran tamaño. La valva derecha es cilíndrica y las láminas de la capa externa están plegadas en todo el perímetro de la valva. Los pliegues se hallan más marcados en la región ventral y posterior, junto a las bandas sifonales. Estas bandas están limitadas por dos pliegues que se diferencian del resto. La cresta ligamentaria es larga y estrecha. Se trata de los radiolítidos que alcanzan mayor tamaño en la zona de estudio. Se han medido diámetros de 8 y 12 cm, pero también se han encontrado fragmentos de individuos que podrían llegar a los 18 ó 20 cm de diámetro.

Edad: Su posición bioestratigráfica comprende desde el comienzo del Campaniense hasta la base del Campaniense superior.

Discusión: Los ejemplares estudiados presentan características similares a las descritas por VICENS (1992) en el Pirineo oriental para la especie que denominó *Rosellia* nov. sp. Vicens; la diferencia de la especie *Radiolites aurigerensis* Toucas por el tamaño de los tabiques y de las celdillas en la capa externa de la concha, que es mayor en *Rosellia* nov. sp. Vicens. VICENS (1992) atribuye esta especie al género *Rosellia* Pons basándose en la estructura de la capa externa de la concha. En el presente estudio se ha preferido mantener la nomenclatura empleada por VICENS (1992) y denominar a esta especie *Rosellia* nov. sp. Vicens.

Análisis bioestratigráfico

La distribución bioestratigráfica de todas las especies reconocidas aparece reflejada en la figura 3. A partir de estas especies se han podido diferenciar tres asociaciones distribuidas a lo largo de todo el Campaniense e incluidas en la Formación Salinas de Jaca. Estas asociaciones se han comparado con las establecidas para el Pirineo catalán.

Asociación A1, constituida por las siguientes especies: *Hippurites canalicatus* Roland du Roquand, *Praeradiolites fuxeensis* (Astre), *Rosellia* nov. sp. (Vicens), *Radiolites nouleti* Toucas, *Vaccinites archiaci* (Douvillé) y *Praeradiolites subtoucasi* Toucas.

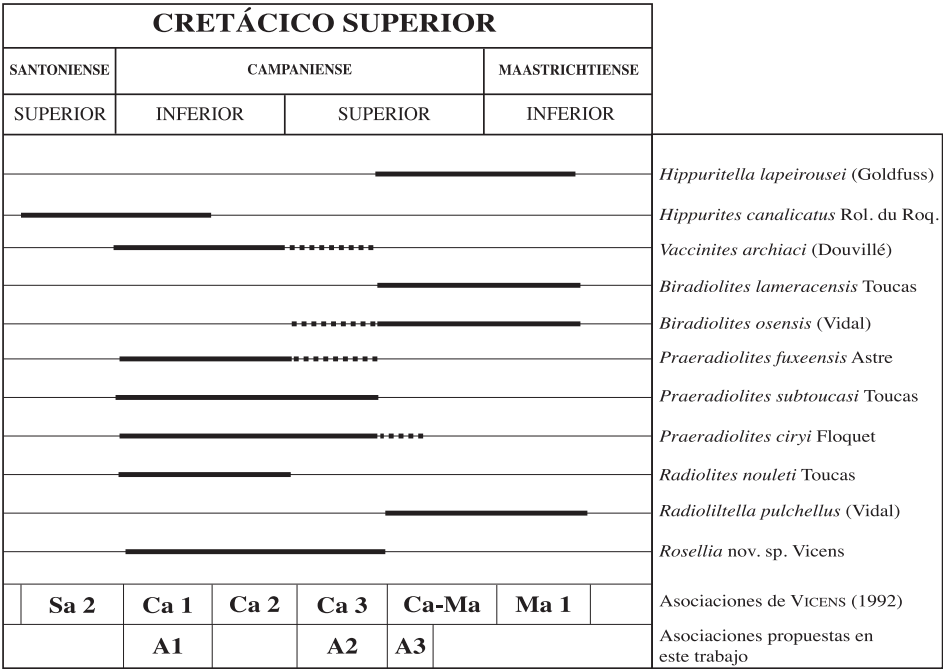


Fig. 3. Distribución bioestratigráfica de las especies de rudistas halladas en el Prepirineo aragonés.

La presencia de *Hippurites canalicatus* Roland du Roquand limita el intervalo bioestratigráfico de esta asociación a la primera mitad del Campaniense inferior. Consideramos que la asociación A1 es equivalente a la asociación Ca1 establecida por VICENS (1992) y a la asociación Ca1 de PAS-CUAL *et al.* (1989), quienes las atribuyen al Campaniense inferior. La asociación A1 se desarrolla en el sector centro-oriental del área estudiada (series de Aniés, Gratal, Arguis, Salto del Roldán y Vadiello).

Asociación A2. Esta asociación está compuesta por las siguientes especies: *Biradiolites osensis* (Vidal), *Vaccinites archiaci* (Douvillé), *Praeradiolites subtoucasi* Toucas y *Rosellia* nov. sp. (Vicens).

La asociación A2 se sitúa en la primera mitad del Campaniense superior y equivale a la asociación Ca3 propuesta por VICENS (1992) y a la asociación Ca3 de PASCUAL *et al.* (1989). Esta asociación es la que alcanza mayor extensión horizontal, se halla en todas las series. En el Salto del Roldán y en el pantano de la Peña su desarrollo es mínimo.

Asociación A3. Comprende las siguientes especies: *Hippuritella lapei-rousei* (Goldfuss), *Biradiolites lameracensis* Toucas, *Biradiolites osensis* (Vidal) y *Radiolitella pulchellus* (Vidal).

La asociación A3 aparece en el sector centro-oriental, desde Aniés hasta Vadiello, y en los sectores de Aniés y Gratal comprende además a la especie *Praeradiolites ciryi* Floquet. La asociación A3 equivale a la asociación Ca-Ma de VICENS (1992), a la asociación 6a de PHILIP y BILOTTE (1983) y a la Ma1 de PASCUAL *et al.* (1989), de edad Campaniense superior. Sin embargo, la presencia en los sectores citados de la especie *Praeradiolites ciryi* Floquet restringe el intervalo bioestratigráfico de esta asociación al comienzo de la segunda mitad del Campaniense superior.

CONCLUSIONES

El análisis sistemático de las comunidades de rudistas contenidas en la Formación Salinas de Jaca ha permitido diferenciar once especies de rudistas y sentar las bases para la taxonomía de dichos organismos en el Prepireneo aragonés. Se han diferenciado tres asociaciones de rudistas, que datan con gran precisión bioestratigráfica las rocas que las contienen como Campaniense inferior (asociación A1), comienzos del Campaniense superior (asociación A2) y mitad del Campaniense superior (asociación A3).

BIBLIOGRAFÍA

- BAYLE, E. 1857. Nouvelles observations sur quelques espèces de Rudistes. *Bull. Soc. Géol. France* (2), 14: 647-719.
- BILOTTE, M. 1985. Le Crétacé supérieur des plates-formes est-pyrénéennes. Actes du Laboratoire de Géologie sédimentaire et Paléontologie de l'Université Paul-Sabatier, Toulouse. *Strata*, serie 2, 5.

- DECHASEAUX, C.; COOGAN, A. H.; COX, L. R., y PERKINS, B. F. 1969. Superfamily Hippuritacea Gray, 1848. En MOORE, R. C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, part N (Mollusca 6, Bivalvia), Geological Society of America and University of Kansas, 2: 776-817.
- DOUVILLÉ, H. 1893. Études sur les rudistes. Revision des principales espèces d'Hippuritides (troisième partie). *Mém. Soc. Géol. France, Paléont.*, 6, 3: 57-94.
- FLOQUET, M. 1991. *La plate-forme Nord-Castillane au Crétacé Supérieur (Espagne)*. 2 tomos, 422 pp. Mémoires géologiques de l'Université de Dijon.
- MASSE, J. P., y PHILIP, J. 1974. Définition, position systématique, répartition stratigraphique et évolution du genre *Agriopleura* Kühn (Rudiste). *Géologie Méditerranéenne*, 1 (2): 53-62.
- MOLINA, E. 1985. Excursión al Cretácico superior y Paleógeno del Prepirineo Oscense en el sector de Arguis. *Memorias I Jornadas de Paleontología*, Zaragoza.
- PASCUAL, O.; PONS, J. M., y VICENS, E. 1989. Rudist Horizons in the Montsec (South Central Pyrenees). In WIEDMANN, J. (ed.), *Cretaceous of Western Tethys*. Preceedings 3rd. International Cretaceous Symposium, Tubinga: 215-230.
- PHILIP, J., y BILOTTE, M., 1983. Les Rudistes du Sénonien de la France. Précisions stratigraphiques sur le Dordonien. *Géologie Méditerranéenne*, 10 (3-4): 183-192.
- PONS, J. M. 1977. *Estudio estratigráfico y paleontológico de los yacimientos de Rudistidos del Cretácico superior del Prepirineo de la provincia de Lérida*. Publ. Geol. Univ. Autònoma Barcelona, 3: 1-105; 6 figs., 4 tablas, 87 láms., Bellaterra.
- SKELTON, P. W. 1979. Preserved ligament in a radiolitid rudist bivalve and its implication of mantle margin feeding in the group. *Paleobiology*, 5 (2): 90-106.
- SKELTON, P. W. y GILI, E. 1991. Paleoecological classification of rudist morphotypes. *Proceeding first Conference on Rudist (Beograd, 1988)*. Serbian Geological Society. *Special publication* 2: 265-287.
- TOUCAS, A. 1903-4. Études sur la classification et l'évolution des Hipurites. *Mém. Soc. Géol. France. Paléontologie*, 30: 1-128.
- TOUCAS, A. 1908. Études sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. 2^{ème} partie, Sphaerulites et Radiolites. *Mém. Soc. Géol. France, Paléont.* (36), 16: 47-78, 28 figs., 7 láms. París.
- VICENS, E. 1992. *Estudio de la fauna de rudistas (Hippuritidae y Radiolitidae) de los materiales cretácicos del Pirineo oriental: implicaciones bioestratigráficas*. Tesis de Doctorado, Universitat Autònoma de Barcelona. 3 vols.: 247 pp., 189 figs., 79 láms., 42 tablas.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PETROGRÁFICAS DEL MAGMATISMO DEL SECTOR SURPIRENAICO DE DENUY (HUESCA)

E. ARRANZ YAGÜE¹
C. GALÉ BORNAO¹
M. LAGO SAN JOSÉ¹

RESUMEN.—Un magmatismo básico e indiferenciado (basaltos y piroclastos), de carácter pluriepisódico, está bien representado en el sector surpirenaico de Denuy (Huesca). La presencia de enclaves epizonales (pórfidos granodioríticos) con edad Estefaniense C y el desarrollo de una esquistosidad alpina que afecta al afloramiento indican una edad de emplazamiento tardihercínica. La abundancia de enclaves granulíticos de la corteza inferior señala un ascenso del magma a favor de fracturas profundas. El desarrollo de tres episodios piroclásticos, englobando los enclaves citados, indica un proceso freatomagmático donde el ascenso rápido del magma puede reconocerse por el desarrollo de texturas de descompresión en las granulitas.

ABSTRACT.—A basic, unevolved and pluriepisodic magmatism (basalts and pyroclasts), is exposed in the vicinity of Denuy (Central Pyrenees, Huesca). The emplacement age must be comprised in the post-Stephanian C - Oligocene interval as is deduced from the presence of granodiorite porphyry xenoliths and alpine schistosity. The occurrence of granulitic xenoliths, with decompressional textures (e. g. kelyphitic rims), carried up

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. E-50009 ZARAGOZA.

from the lower crust, evidences a fast ascent of the magma, through the entire crust. On the other hand, the three recognized pyroclastic episodes, composed of highly fragmented basaltic clasts, suggest a phreatomagmatic eruption.

KEY WORDS.—Late-hercynian magmatism, petrology, xenoliths, Central Pyrenees, Denuy.

INTRODUCCIÓN

El estudio geológico realizado por los investigadores de la Universidad de Leiden (MEY, 1967a y b, 1968) en los valles de los ríos Baliera y Noguera Ribagorzana (Pirineo Central, Huesca) puso de manifiesto la existencia de pequeños afloramientos, próximos entre sí, de rocas ígneas básicas cerca de la localidad de Denuy (Huesca). Este estudio, cuyos objetivos eran básicamente cartográficos —dada la inexistencia de estudios previos en esta zona—, era muy somero en cuanto a aspectos puramente petrológicos y mineralógicos, así como respecto al intervalo temporal en el que se enmarca este volcanismo. El estudio que se plantea aquí está encaminado a la caracterización petrográfica y petrológica, junto al estudio de las asociaciones minerales presentes, con el fin de caracterizar estos materiales, situándolos dentro del contexto geodinámico posthercínico en este sector pirenaico.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El área de estudio se encuentra situada en el valle de Castanesa (Pirineo Central, Huesca), en las proximidades de las localidades de Denuy y Ribera (Fig. 1), y presenta una extensión areal total de 1,8 km².

Desde el punto de vista geológico, el área objeto de estudio se encuentra (Fig. 2) al sur del sector central de la Zona Axial Pirenaica —ZAP—, más concretamente en la unidad geológico-estructural denominada Sector de Cabalgamientos de Castanesa —SCC— (GARCÍA-SANSEGUNDO, 1991-1992 y 1992), situado entre el límite meridional de la ZAP y el flanco sur del anticlinorio de Sierra Negra (Fig. 2). Esta unidad comprende un conjunto imbricado de cabalgamientos, que delimitan láminas cabalgantes y

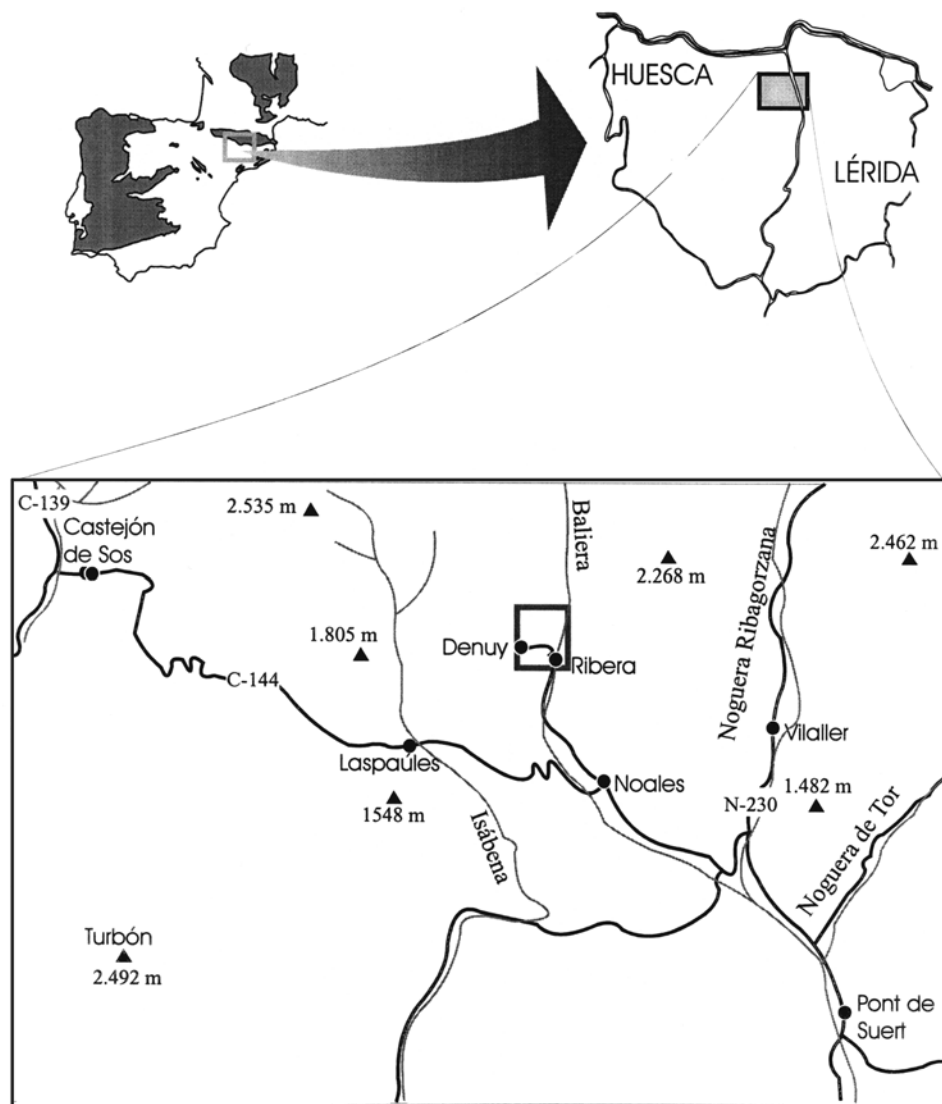


Fig. 1. Localización geográfica del área de estudio.

está constituido por materiales paleozoicos de edad Devónico a Pérmico, con afloramientos minoritarios de materiales triásicos en facies Buntsandstein y Muschelkalk. Los materiales hercínicos están afectados por un metamorfismo regional de bajo grado (facies esquistos verdes).

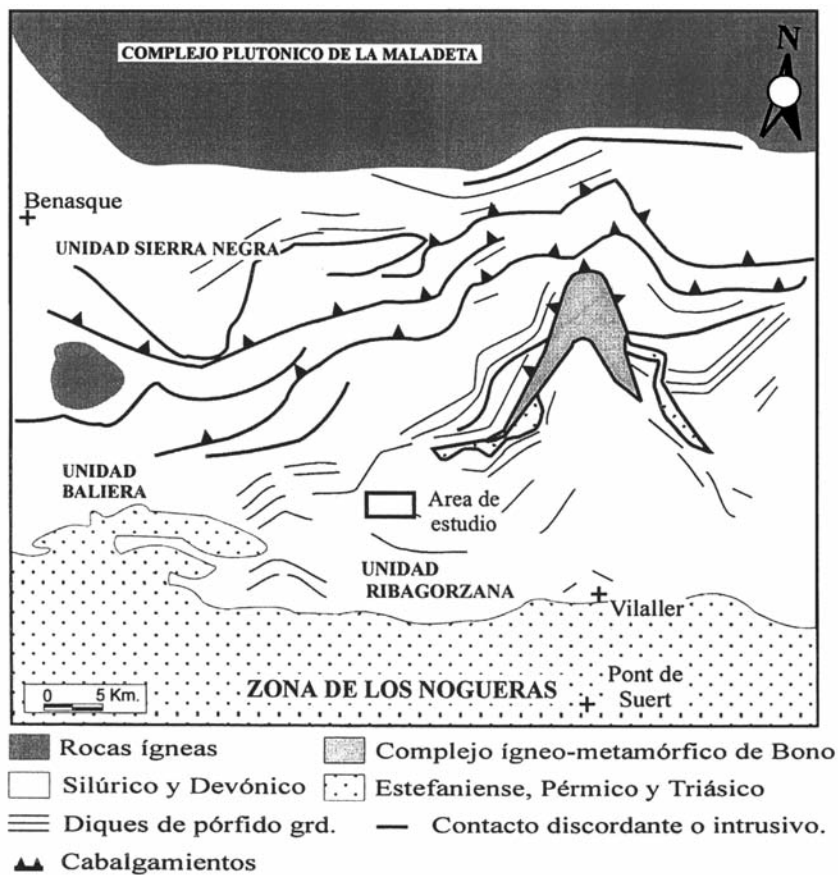
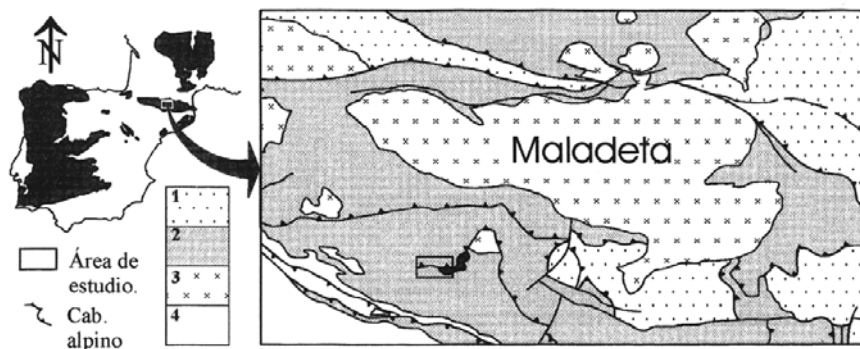


Fig. 2. Situación geológica en el contexto de ZAP.

Los afloramientos estudiados se encuadran, en el SCC, dentro de la Lámina de Rialp, al sur del cabalgamiento de Bono. Los materiales estudiados afloran entre la serie pelítica de la Fm. Vilaller, de edad Devónico Medio (GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 1990), constituida por pizarras con intercalaciones arenosas o calcáreas, fuertemente plegadas y esquistosas.

RESULTADOS

Descripción general de los afloramientos

Los materiales estudiados constituyen dos tipos de afloramientos (Fig. 3): el volumen principal de naturaleza volcano-sedimentaria y un conjunto de diques subvolcánicos de naturaleza basáltica.

El **afloramiento principal** está constituido por materiales volcanoclásticos que presentan cierta esquistosidad e incluyen tanto materiales del zócalo hercínico como pórfidos granodioríticos —con edad propuesta Estefaniense C— (GARCÍA BELLÉS, 1998, y GARCÍA BELLÉS *et al.*, 1998a y b) y otros enclaves máficos y de granulitas hercínicas. El afloramiento presenta una morfología lenticular definida por un contacto basal discordante sobre los materiales devónicos encajantes y una superficie de cabalgamiento que constituye su límite superior, la cual superpone, de nuevo, los materiales devónicos sobre el afloramiento volcanoclástico (Fig. 3). El material encajante está constituido por limolitas y argilitas con pasadas arenosas afectadas por una esquistosidad de flujo, muy penetrativa, y corresponde litoestratigráficamente a la Formación Pizarras de Vilaller (MEY, 1967a, b y 1968; ARCHE, 1971), de edad Devónico medio (GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 1990).

El segundo tipo de afloramiento está constituido por **diques** de naturaleza basáltica, con morfología tabular —si bien se encuentran plegados—, situados por encima del cabalgamiento antes citado, y un dique andesítico ubicado en las proximidades de la localidad de Ribera, de 1,80 m de espesor máximo, con un acuñaamiento hacia el E (Fig. 3). Los rasgos morfológicos de este último dique no han podido ser determinados con precisión dado que sus contactos se presentan cubiertos en la mayor parte de su longitud de afloramiento. El encajante, tanto de los diques basálticos como del

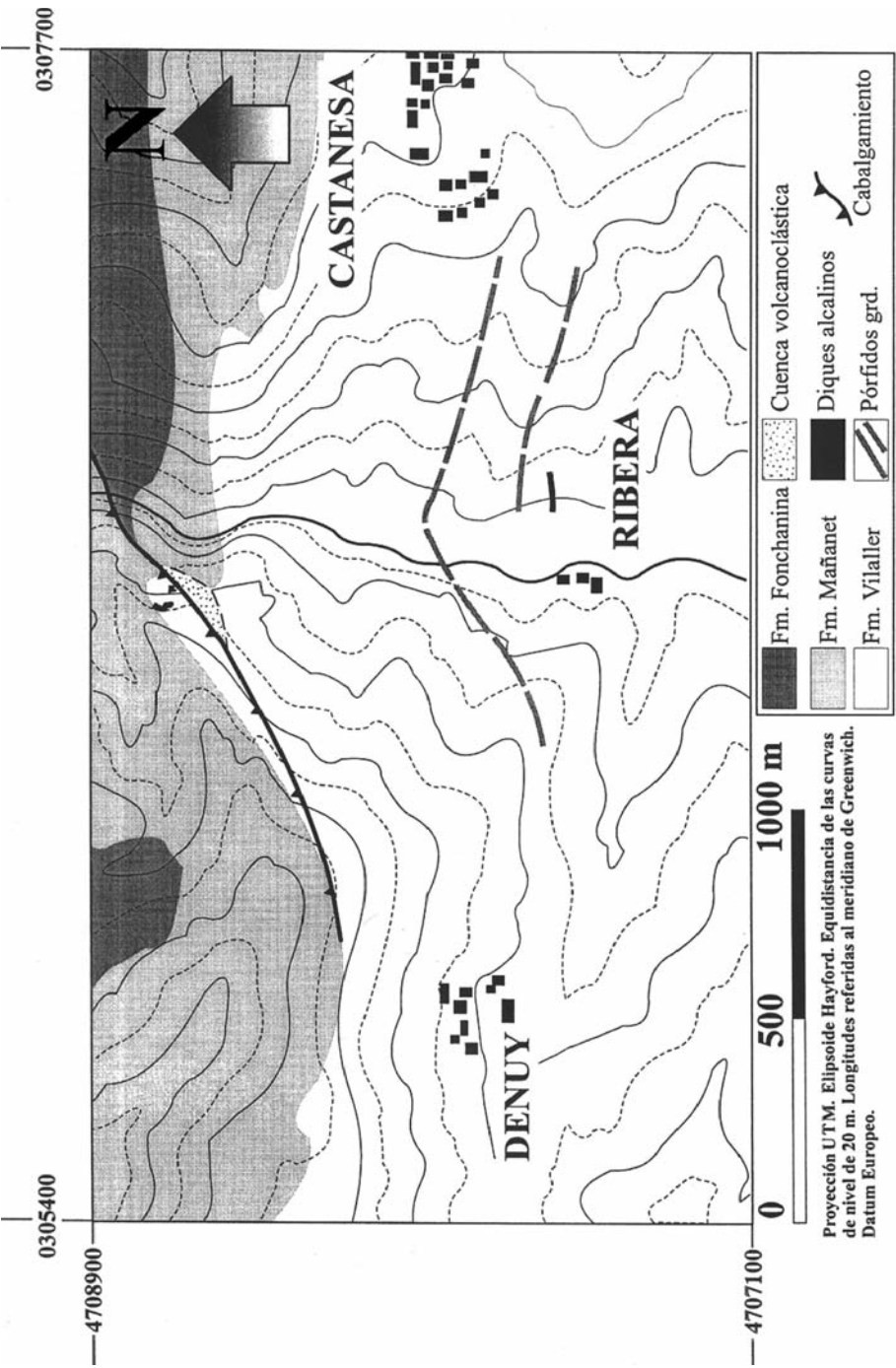


Fig. 3. Mapa geológico del área de estudio.

dique andesítico de Ribera, lo constituyen, también, los materiales de la Fm. Vilaller.

Características estructurales

Los afloramientos de diques basálticos y el afloramiento volcanoclástico principal forman parte, respectivamente, de los bloques superior e inferior del cabalgamiento que secciona a techo el afloramiento volcanoclástico. En el ámbito de la zona estudiada, esta estructura presenta una continuidad lateral de 1.500 m. El desplazamiento de este cabalgamiento debió de ser reducido (no se trataría, por lo tanto, de un cabalgamiento principal), puesto que los materiales implicados en el bloque superior e inferior del mismo corresponden a una misma unidad litológica (Fm. Vilaller).

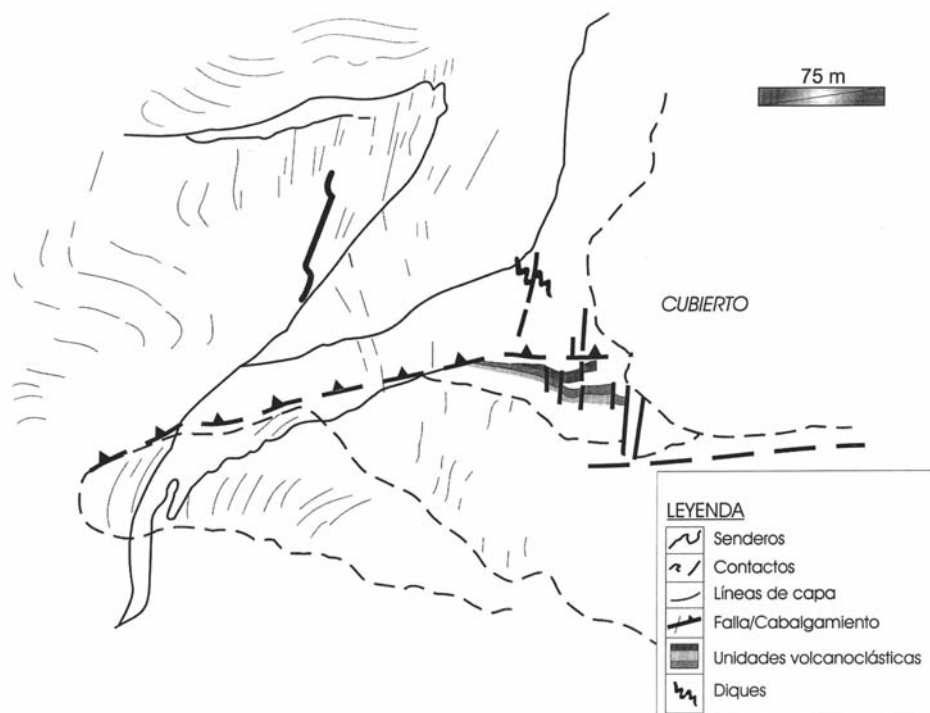


Fig. 4. Esquema fotogeológico.

La estructura interna del afloramiento volcanoclástico (Fig. 4) presenta una alternancia de unidades de distinta competencia —reflejo de una marcada diferencia granulométrica—, que se acuñan hacia el O, coincidente, a grandes rasgos, con la que se puede deducir de la correlación de los perfiles estratigráficos realizados (Fig. 5).

Los materiales volcanoclásticos se encuentran afectados por una anisotropía planar penetrativa con una orientación constante respecto a la superficie de depósito. En detalle, la petrofábrica de estos materiales se caracteriza por conjuntos de superficies oblicuas con una orientación compatible con una deformación interna por cizalla simple. Por otro lado, en el bloque superior del cabalgamiento los diques aparecen intensamente deformados (plegados) y afectados por esquistosidad de plano axial cuya orientación media coincide con la que presentan las pizarras devónicas encajantes (Fig. 4).

A partir de estos datos estructurales, y teniendo en cuenta los relativos a la composición y edad de emplazamiento de otros magmatismos análogos en el Pirineo (LASHERAS, 1998; LASHERAS *et al.*, 1999a, b y c; INNOCENT *et al.*, 1994), establecemos la existencia de una etapa esquistosa post-hercínica a la que se asocia la deformación de los diques citados y del material volcanoclástico. Las relaciones geométricas entre la estratificación del encajante y la esquistosidad permiten reconstruir dos modelos de deformación sinesquistosa. Por un lado, un plegamiento sinesquistoso desarrollado en los materiales del bloque superior del cabalgamiento y, por otra parte, un aplastamiento rotacional esquistoso en los materiales del bloque inferior. En este segundo caso juegan un papel importante la presión litostática sobre los materiales del bloque inferior —asociada a la carga generada por la serie sedimentaria suprayacente— y la deformación por cizalla ligada al desplazamiento horizontal del bloque superior. De acuerdo con este modelo estructural, el desarrollo de esquistosidad en la zona estudiada podría relacionarse con la deformación interna asociada al emplazamiento de un sistema de cabalgamientos de orientación O-E. La edad alpina de la esquistosidad es compatible con los datos aportados por SEGURET (1972) en la zona situada al N de la localidad de Laspaúles (Huesca) —próxima al área de estudio—, donde la serie permotriásica se encuentra afectada por una esquistosidad de fractura subvertical.

Descripción del depósito volcano-sedimentario

El afloramiento principal está constituido por tres tipos de materiales: 1) materiales volcanoclásticos, 2) fragmentos de basaltos y 3) enclaves de naturaleza diversa; coexisten enclaves epizonales y de pórfidos granodioríticos (GARCÍA BELLÉS, 1998, y GARCÍA BELLÉS *et al.*, 1998a y b) junto con enclaves de roca granulítica —representantes de la corteza inferior—, enclaves máficos profundos y megacristales de clinopiroxeno.

Con el objetivo de analizar los depósitos volcano-sedimentarios se han realizado —y correlacionado— cuatro perfiles estratigráficos en aquellos sectores del afloramiento volcanoclástico más favorables (Fig. 5). En dos de los perfiles realizados (perf. 1 y 2) la secuencia comienza por un tramo basal de grano grueso que presenta una marcada orientación de flujo en sus clastos, lo que parece indicar un flujo de dirección aproximada N-S y sentido hacia el S. La base de los perfiles 2 y 4 incluye fragmentos de basalto masivo de dimensiones métricas. El primer nivel que se identifica de forma continua corresponde al material volcano-sedimentario más fino, que, para el perfil 1, constituye la práctica totalidad de la secuencia tras el nivel grueso basal (Fig. 5); a techo se identifica un nivel de grano grueso intensamente brechificado. Esta secuencia «grueso-fino» se repite en los perfiles 2, 3 y 4, de modo que en el perfil con una mejor representación de todos los términos —perfil 2— se observan tres secuencias «grueso-fino» sucesivas. En algunos de los perfiles aparecen niveles de granulometría intermedia que suponen la transición gradual entre los tramos gruesos y finos. El levantamiento de los perfiles ha permitido hallar diferencias en el contenido y la tipología de los enclaves presentes en cada uno de los tramos identificados (Fig. 5). A partir de estas observaciones se ha podido establecer un predominio de material piroclástico y de enclaves sedimentarios en la secuencia 1; la secuencia 2 muestra la mayor variedad de tipos de enclaves, que con frecuencia alcanzan el tamaño de bloque, y, por último, la secuencia 3 presenta menor contenido de enclaves con predominio de megacristales de piroxeno y enclaves máficos.

Esta sucesión de secuencias (Fig. 5) implica el desarrollo de una actividad explosiva pluriepisódica, de al menos tres episodios, cada uno de los cuales parece representar un mismo proceso pero con distintas condiciones físicas

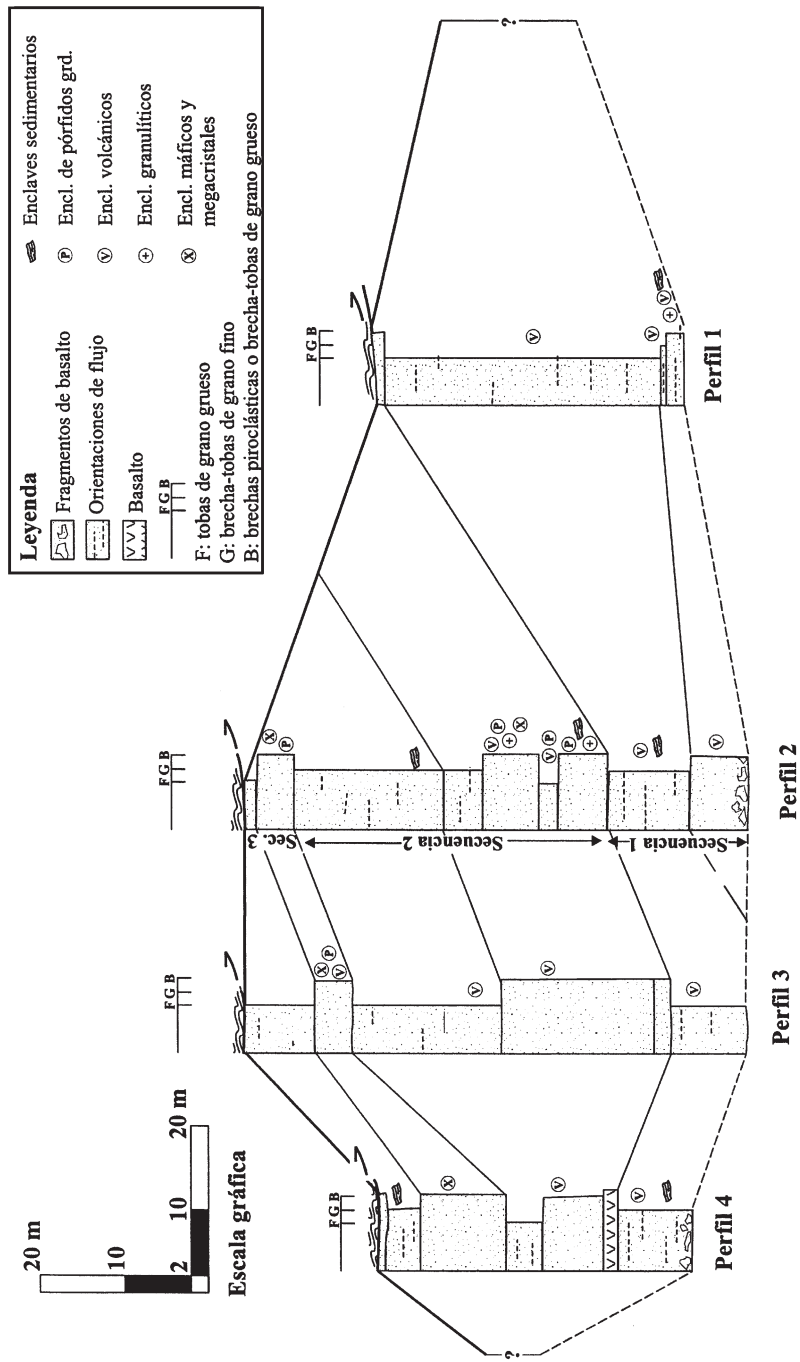


Fig. 5. Perfiles estratigráficos.

—velocidad de ascenso, explosividad del magma, etc.—, originando la variación en tipología y en tamaño de los enclaves extruidos en cada episodio.

Litotipos establecidos

Dentro de los distintos tipos de materiales estudiados se han establecido diferentes litotipos con variable interés y significado dentro de este magmatismo.

a) A escala macroscópica diferenciamos dos **litotipos volcanoclásticos** que, a su vez, son los que se han considerado para la realización de los perfiles estratigráficos del afloramiento (Fig. 5). El primer tipo corresponde a una brecha piroclástica² —clastos con diámetros superiores a 64 mm— o brecha-toba de grano grueso —clastos con diámetro superior a 10 mm—. El segundo tipo está constituido por brechas-tobas de grano fino (clastos con diámetro inferior a 10 mm) y tobas de grano grueso.

Las *brechas piroclásticas* y *brechas-tobas de grano grueso* son rocas con textura granosoportada y cemento carbonatado y/o clorítico, fuertemente heterométricas y con una marcada orientación de flujo. Los clastos son, predominantemente, fragmentos de basalto vesicular, así como fragmentos de borde enfriado. Con cierta frecuencia los enclaves constituyen el núcleo de algunos fragmentos basálticos, lo que indica un enfriamiento rápido de la lava a su alrededor. Los clastos basálticos presentan morfologías muy irregulares que sugieren una fragmentación en estado plástico e, incluso, formas amoldadas a los clastos adyacentes que indican una deformación post-depósito por compactación. El resto de los clastos (enclaves), cuando no muestran envueltas lávicas, presentan morfologías condicionadas por las anisotropías propias del tipo de roca.

Las *brechas-tobas de grano fino* y *tobas de grano grueso* son también rocas heterométricas con textura tanto soportada por la matriz como grano-soportada, que, en afloramiento, poseen un aspecto laminado por compac-

² Los términos de clasificación empleados en este capítulo corresponden a los propuestos por McPHIE *et al.*, 1993.

tación (dicha laminación no se observa como carácter intrínseco a la roca en el estudio petrográfico). Presentan también cementos carbonatados y cloríticos. En conjunto, es una roca con predominio de clastos basálticos vesiculares y xenocristales (megacristales de clinopiroxeno y cristales de espinela y minerales opacos) que, en su granulometría más fina, constituyen la matriz de la roca. En este litotipo los enclaves están presentes en mayor proporción y son de naturaleza más diversa; predominan los enclaves redondeados de granulita, los de pórfidos granodioríticos y los megacristales de piroxeno. Son frecuentes las envueltas lávicas, sobre todo alrededor de los fragmentos de pórfido y de los megacristales. La heterometría de este litotipo tiene, además, un carácter bimodal donde los enclaves —granulitas, pórfidos granodioríticos y megacristales— poseen diámetros muy superiores al diámetro promedio de los fragmentos basálticos, lo que sugiere que la fragmentación de la lava se produjo previamente a la expulsión explosiva de los fragmentos y posiblemente en relación con la intervención de agua freática en niveles subsuperficiales.

b) Dentro de los **enclaves** establecemos cuatro grupos, de distinto interés y significado, que son los siguientes: 1) enclaves de naturaleza sedimentaria, 2) pórfidos granodioríticos claramente similares a los estudiados por GARCÍA BELLÉS (1998) y GARCÍA BELLÉS *et al.* (1998a y b), 3) megacristales de piroxeno y 4) granulitas.

Los *enclaves sedimentarios* corresponden, en su mayoría, a rocas detríticas que, de modo ocasional, presentan una marcada esquistosidad, visible con microscopio. El tamaño y la morfología de estos enclaves son muy variables, con tamaños desde 1 x 0,5 cm hasta los 25 x 20 cm y formas en general elipsoidales, con variación morfológica de redondeados a subangulosos. El contacto con la lava suele ser neto, más o menos irregular, y el grado de reacción que presentan con la lava encajante es variable, pasando de zonas sin reacción significativa hasta zonas con desarrollo de una corona de reacción —de 5-6 mm de espesor— con generación en la lava de bordes enfriados. De forma aislada se observa la penetración de venas de lava de escaso espesor —1-3 mm— que favorecen la reacción, escasa, del enclave con la lava.

Los *enclaves de pórfidos granodioríticos* son de gran importancia por dos motivos: a) marcan un límite inferior de edad, post-Estefaniense-C,

para este magmatismo al ser acarreados por el mismo y b) su comprobada afinidad calco-alcalina representa un episodio magmático previo que GARCÍA BELLÉS (1998) y GARCÍA BELLÉS *et al.* (1998a y b) consideran está ligado, de forma tardía, al emplazamiento del Complejo Plutónico de la Maladeta. El contacto de este tipo de enclaves con la lava que los incluye es relativamente neto, pero con desarrollo de venas penetrativas hacia el interior del enclave; en algunos casos presentan bordes, discontinuos, de reacción y, en las zonas más permeadas, cierta disgregación en fragmentos del enclave.

Los *megacristales de piroxeno* son de gran importancia para este magmatismo, puesto que caracterizan las primeras etapas evolutivas del mismo, bien como segregado inicial o bien como residuo refractario. Estos enclaves presentan formas subredondeadas a subelípticas y tamaños centimétricos (hasta 8 cm). Suelen presentar pequeños bordes de reabsorción por parte del fundido y fracturas internas. No se observan, en ningún caso, situaciones de inyecciones penetrativas de lava en su interior.

El estudio de los *enclaves de rocas granulíticas* es de gran interés por ser estas las únicas rocas conocidas hasta el momento representantes de la corteza inferior tardihercínica en este sector del Pirineo. Los ejemplares muestreados se dividen en dos grupos, en función de criterios discriminantes de índole petrográfica: granulitas ácidas y granulitas básicas. Estos enclaves muestran morfologías elipsoidales o subredondeadas; son el grupo que suele presentar mayores tamaños —sobre todo en lo que se refiere a las granulitas ácidas, puesto que estos enclaves presentan una distribución bimodal de tamaños, coincidente con los dos grupos establecidos para este estudio—. Son rocas de tamaño de grano medio a grueso, con texturas granoblásticas-heteroblásticas; localmente se observan incipientes bandeados pero, en general, la disposición de los distintos minerales no muestra orientaciones preferentes. Entre los minerales principales no suelen observarse texturas reaccionales y el distinto hábito de los minerales impide el desarrollo de un mosaico poligonal, que sí se observa, con claridad, entre blastos del mismo mineral. Destacamos la presencia, en los blastos de granate —presentes en los ejemplos de granulita ácida—, de *microcracks* internos y, en algunos casos, coronas de quelifita (compuesta por plagioclasa y ortopiroxeno). Estas características que presentan los blastos de granate son

propias de una descompresión brusca de la roca ligada a un ascenso rápido del enclave. Por otra parte, estos enclaves no suelen presentar bordes de reacción con la lava ni otras evidencias de interacción con el magma que los transportó —salvo en algún ejemplo de granulita básica—, lo que sugiere un tiempo de residencia del enclave muy corto dentro del magma, ligado a un ascenso rápido del mismo.

c) En cuanto a las **rocas subvolcánicas** estudiadas en el sector de Denuy, hemos considerado cuatro litotipos con diferente representación dentro de este magmatismo.

El litotipo de *Basalto Piroxénico Vesicular* presenta un grado de alteración variable, importante en el piroxeno y selectiva en plagioclasa y en la pasta. Macroscópicamente es un basalto oscuro de grano muy fino; con lupa se identifican fenocristales aislados de piroxeno, no orientados, y vesículas rellenas por carbonato. Microscópicamente es un basalto porfídico hipocristalino de grano fino con textura seriada en los piroxenos —fenocristales y mesocristales—, con una proporción de mesostasia (plagioclasa, augita, biotita y opacos) y un porcentaje destacado de vidrio (50%). Las vesículas —frecuentes (20-25%)—, redondeadas, con un tamaño entre 0,04 y 3,6 mm, están rellenas por calcita monocristalina.

BASALTO Px VESICULAR

Mineral	Xtal.	LAVA
Espinela	Xe	
Piroxeno		(Chl)
Plagioclasa		(carbonatos)
Biotita		----
Opacos		- - -
Vesículas		(Chl + carbonatos)
Pasta		_____

Fig. 6. Secuencia de cristalización del litotipo Basalto Piroxénico Vesicular.

La asociación mineral común (Fig. 6) consta de espinela (< 1%), piroxeno (10%), plagioclasa (10%), biotita (15%), magnetita (5%), vidrio y vesículas de calcita (50%). Los piroxenos, con cierta seriación de tamaño

(0,44 a 1,2 mm), son inequidimensionales y varían de subidiomorfos a alotriomorfos; están totalmente desestabilizados y alterados a una asociación criptocristalina de clorita y carbonato, con morfologías relictas, coronas de reacción asociadas y, en ocasiones, desarrollo de golfos de corrosión. La plagioclasa, alterada y reemplazada por carbonato criptocristalino, se presenta como formas relictas de microcristales, idiomorfos, de tamaño uniforme, dispersos y sin orientaciones preferentes, formando parte de la mesostasia. La biotita, subidiomorfa a alotriomorfa, se presenta en microcristales heterométricos formando parte de la mesostasia. La *magnetita*, microcristalina, presenta gradación de tamaños con cristales equidimensionales, formando parte, principalmente, de la mesostasia.

El litotipo de *Basalto Piroxénico con Enclaves* se caracteriza por la significativa y frecuente presencia de enclaves poliminerálicos (Opx, Cpx y Sp) de carácter profundo y, de forma esencial, por la ausencia de plagioclasa y biotita. Macroscópicamente es un basalto oscuro, de grano muy fino, donde se aprecian a escala de lupa frecuentes enclaves, fenocristales de piroxeno y aisladas vesículas de carbonatos. Los enclaves tienen una distribución aleatoria y su tamaño varía entre 5 y 20 mm. Microscópicamente es un basalto porfídico hipocristalino de grano fino, con textura seriada en los piroxenos y una alta proporción de vidrio (50%). Con carácter subordinado citamos vesículas, no orientadas, con formas variadas, desde ovoidales a redondeadas, rellenas por calcita.

BASALTO Px CON ENCLAVE

Mineral	ENCLAVE	LAVA
Sp	—	
Opx	—	
Cpx		— — — — —
Opacos		— — — — —
Vesículas		— — — — —

Fig. 7. Secuencia de cristalización del litotipo Basalto Piroxénico con Enclaves.

La asociación mineral (Fig. 7) consta de piroxeno (45%) y magnetita (5%), mientras que el vidrio equivale a un 50% del total de la roca. El piro-

xeno, seriado y con alteración a clorita y carbonato, comprende dos generaciones distintas. El piroxeno inicial (30-35%), representado por fenocristales inequidimensionales, subidiomorfos y de gran tamaño, presenta, con cierta frecuencia, coronas de reacción y golfos de corrosión como resultado de procesos de reabsorción parcial. La segunda generación, posterior, es más abundante (65-70%) y constituye la mesostasia. Comprende microcristales o microlitos, idiomorfos, con hábito tabular. La magnetita también presenta dos generaciones distintas. La temprana (25%) consta de microcristales idiomorfos, coetáneos o ligeramente posteriores a la primera generación de piroxeno, mientras que los cristales de la segunda generación, más abundantes, son de menor tamaño y se encuentran dispersos en la mesostasia. Los enclaves, redondeados, muestran coronas de reacción con la lava. Tienen textura granuda hipidiomorfa y la asociación mineral más típica es de ortopiroxeno (70%), espinela (25-30%) y, en ocasiones, clinopiroxeno (0-5%). Todas las fases presentan un grado de alteración variable y es frecuente la presencia de texturas de intercrecimiento Opx-Cpx, con predominio del primero.

El litotipo de *Basalto Olivínico-Piroxénico* es al que aparecen asociados los megacristales de clinopiroxeno; presenta una proporción de pasta variable y una gradación en la composición mineral, desde términos con plagioclasa y contenido bajo en clinopiroxeno a términos ricos en clinopiroxeno sin plagioclasa. Macroscópicamente es un basalto oscuro, de grano fino; a escala de lupa se reconocen fenocristales aislados de olivino alterado y xenocristales de piroxeno. Se identifican, también, vesículas aisladas. Microscópicamente es un basalto microcristalino, de textura porfídica, en ocasiones con asociaciones glomeroporfídicas de fenocristales y/o microcristales tabulares de clinopiroxeno. Tiene una alta proporción de vidrio (> 50%), el tamaño del grano es de fino a muy fino y las vesículas —de redondeadas a ameboidales— están rellenas de calcita, feldespato potásico (variedad adularia) y, ocasionalmente, de clorita.

La asociación mineral más común (Fig. 8) es espinela (0-1%), olivino (10-15%), piroxeno (15-30%), plagioclasa (0-10%), adularia (0-1%) y magnetita (0-5%). El *olivino*, alterado a clorita, se presenta como fenocristales tempranos y microcristales más tardíos. Son cristales inequidimensionales, idiomorfos a subidiomorfos y los que tienen el menor tamaño resul-

BASALTO Ol-Px

Mineral	Xtal.	LAVA
Olivino		(Chl)
Espinela	----	
Cpx 1	Xe	
Cpx 2	-Xe-	
Pl		<u>Fx mx ml</u>
Vesículas		<u>Fx mx</u>
Kfs		(Carbonatos + Qtz)
Cuarzo		---
Opacos		-----
Pasta		-----

Fig. 8. Secuencia de cristalización del litotipo Basalto Olivínico-Piroxénico.

tan alojados en la mesostasia. Los clinopiroxenos comprenden varias generaciones; los iniciales —xenocristalinos— son alotriomorfos y de gran tamaño (promedio en 2 mm), con su parte más interna desestabilizada y alterada a carbonato y clorita, mientras que, en su parte más externa, el piroxeno permanece más inalterado y con zonación óptica. Los piroxenos más tardíos, con zonación óptica, idiomorfos y de hábito tabular, presentan una gradación de tamaño de fenocristal a microlito —que forma parte de la mesostasia—. Los microcristales de la mesostasia son la fase más abundante y desarrollan asociaciones glomeroporfídicas de cristales tabulares. La plagioclasa se presenta como fenocristal y microcristal, con una abundancia relativa muy variable. Son cristales inequidimensionales, idiomorfos, con maclado polisintético bien desarrollado y hábito tabular con tendencia a desarrollos aciculares en los microcristales. El feldespato potásico —variedad adularia— aparece en agregados fibroso-radiales, rellenando cavidades, o como cristales alotriomorfos de cristalización tardía en la mesostasia. La magnetita se presenta en cristales con acentuado desarrollo. La primera generación —Mt1— (20%), de mayor tamaño, está constituida por cristales alotriomorfos a subidiomorfos y es coetánea o, incluso, previa a los fenocristales de piroxeno, mientras que la segunda generación —Mt2— (50%) es coetánea y/o posterior al piroxeno microcristalino, con desarrollo en asociaciones de cristales que rodean a los fenocristales de

piroxeno. La última generación de magnetita —Mt3— (30%) es la fase con menor tamaño y se presenta en cristales, no orientados, de idiomorfos a subidiomorfos, dispersos en la mesostasia.

El litotipo de *Andesita con Apatito* aparece solo en el dique de Ribera. Es una andesita de color gris y grano muy fino, donde solo es posible reconocer, a escala de lupa, fenocristales de anfíbol junto con aisladas vesículas. Microscópicamente es una andesita microcristalina, de textura porfídica, con escasa proporción de vidrio (10-15%) y alto grado de alteración con reemplazamiento por carbonato criptocristalino en la mesostasia y el vidrio. Las vesículas, escasas, de redondeadas a ovoidales, están rellenas por dos fases minerales: una inicial —con mayor desarrollo— de calcita y otra posterior de cuarzo.

Mineral	ANDESITA con Apatito
Circón	—
Apatito	Fx mx ml
Anfíbol	(Chl) (Chl)
Plagioclasa	 (carbonatos)
Opacos	— — — —
Cuarzo	— — — —

Fig. 9. Secuencia de cristalización del litotipo Andesita con Apatito.

La asociación mineral (Fig. 9) es de circón (< 2%), apatito (35%), anfíbol (5%), plagioclasa (40%), magnetita (< 5%) y cuarzo (5%). El apatito aparece como cristales idiomorfos de tres generaciones distintas. La primera generación (Ap1), de mayor tamaño y menor proporción (20%), está formada por fenocristales equidimensionales, mientras que la segunda generación (Ap2) —50%— comprende microfenocristales inequidimensionales de hábito tabular y la tercera (Ap3) incluye microlitos inequidimensionales e inequigranulares, con morfología variable y que, junto a la plagioclasa —modalmente más abundante—, forman la mesostasia. El anfíbol se presenta solo como relictos de grandes fenocristales, totalmente alterados y delimitados por óxidos y, ocasionalmente, por cloritas. La plagioclasa cristaliza en microlitos idiomorfos y forma la parte principal de la mesostasia. Está totalmente alterada y reemplazada por carbonato cripto-

cristalino, de modo que solo es reconocible por su morfología tabular relicta. La magnetita forma parte de la mesostasia, en escasa proporción, según microlitos subidiomorfos, dispersos. El cuarzo aparece en el interior del anfíbol alterado adoptando formas oclares o bien cristalizando como fase tardía de la mesostasia.

DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES ESTABLECIDAS

El estudio de las rocas básicas aflorantes en las proximidades de Denuy y Ribera (Huesca) ha permitido establecer su carácter basáltico, indiferenciado, así como el desarrollo de términos subvolcánicos (basaltos) y explosivos (piroclastos). Su composición petrológica (olivino, clinopiroxeno, plagioclasa, espinela y magnetita) es compatible con una afinidad alcalina que, de confirmarse por criterios geoquímicos, puede indicar una relación, temporal y/o petrogenética, con el magmatismo basáltico de edad Pérmico superior, aflorante al NO del Pirineo navarro (Macizo de Cinco Villas; LASHERAS, 1998). La geometría del depósito permite establecer tres secuencias correspondientes a tres etapas explosivas dentro de un mismo proceso magmático.

La edad de este magmatismo puede situarse entre el Estefaniense C y previa a la orogenia alpina. El límite inferior está fundamentado por la presencia de enclaves de pórfidos granodioríticos atribuidos al Estefaniense C (GARCÍA BELLÉS, 1998) y, de otra parte, el límite superior lo indica la presencia, en los materiales volcanoclásticos y los diques, de una esquistosidad grosera, coincidente con la alpina propuesta para este sector por SEGURET (1972); a su vez, no se conoce un magmatismo básico e indiferenciado con edad alpina, por lo que es razonable proponer, a falta de dataciones radiométricas, la edad de emplazamiento en el Pérmico superior o previa al Triásico.

La presencia de enclaves granulíticos (básicos y ácidos), representantes de la corteza inferior, junto con la ya citada abundancia de enclaves epizociales (pórfidos granodioríticos y enclaves sedimentarios), indican que este magmatismo se emplazó a favor de fracturas profundas que, al menos, afectaron a la base de dicha corteza inferior. A su vez, el desarrollo de términos

piroclásticos, con un elevado grado de fragmentación del material basáltico, muestra un emplazamiento freatomagmático. El ascenso rápido del magma se deduce del desarrollo de bordes enfriados, con gran vesicularidad, en los fragmentos del basalto, así como de la abundancia de enclaves profundos (granulitas) sin bordes de reacción con el magma y, por último, de la presencia de texturas atribuibles a procesos de descompresión en las granulitas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto de Estudios Altoaragoneses en su convocatoria de 1998.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCHE, A. (1971). *Estudios estratigráficos de las cabeceras de los ríos Ésera y Pique, Pirineos Centrales. España-Francia*. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid, 197 pp.
- GARCÍA BELLÉS, J. (1998). *Petrología y geoquímica de diques y sills en el borde sur del Complejo Plutónico de la Maladeta (Zona Axial Pirenaica). Provincias de Huesca y Lérida*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Zaragoza, 143 pp.
- GARCÍA BELLÉS, J.; LAGO, M.; ARRANZ, E., & VALENZUELA, J. I. (1998a). Petrología, geoquímica y emplazamiento de diques de composición granodiorítica al sur del complejo plutónico de la Maladeta (Zona Axial Pirenaica). *Geogaceta*, 23, pp. 59-62.
- GARCÍA BELLÉS, J.; LAGO, M.; ARRANZ, E., & VALENZUELA, J. I. (1998b). Emplazamiento tardihercínico de diques relacionados con el complejo plutónico de la Maladeta. Pirineo Axial. *Geogaceta*, 24, pp. 131-134.
- GARCÍA-LÓPEZ, S.; GARCÍA-SANSEGUNDO, J., y ARBIZU, A. (1990). Datos estratigráficos y paleontológicos de la sucesión devónica del área del río Baliera (Zona axial, Pirineos centrales españoles). *Geogaceta*, 7, pp. 33-35.
- GARCÍA-SANSEGUNDO, J. (1991-1992). *Estratigrafía y estructura de la Zona Axial Pirenaica en la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça*. Tesis doctoral, Univ. de Oviedo. Publicada en *Bol. Geol. Min.*, 102-6, 103-1, 103-2 y 103-3 (1991-1992).
- GARCÍA-SANSEGUNDO, J. (1992). Estratigrafía y estructura de la Zona Axial Pirenaica en la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça. *Bol. Geol. Min. Publicación especial*, Ed. ITGE, Madrid, 167 pp.

INNOCENT, C.; BRIQUEU, L., y CABANIS, B. (1994). Sr-Nd isotope and trace element geochemistry of late Variscan volcanism in the Pyrenees: magmatism in post-orogenic extension? *Tectonophysics*, 238, pp. 161-181.

LASHERAS, E. (1998). *Geología, petrología y geoquímica del magmatismo pérmico en el Pirineo navarro*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Zaragoza, 159 pp.

LASHERAS, E.; LAGO, M.; GARCÍA, J., & ARRANZ, E. (1999a). Petrología de diques dole-
ríticos y basaltos, Pérmico superior, en el Macizo de Cinco Villas (Pirineo Navarro). *Geogaceta*, 25, pp. 115-118.

LASHERAS, E.; LAGO, M.; GARCÍA, J., & ARRANZ, E. (1999b). Geoquímica del magma-
tismo, Pérmico superior, en el Macizo de Cinco Villas (Pirineo Navarro). *Geogaceta*, 25, pp. 119-122.

LASHERAS, E.; LAGO, M.; GARCÍA, J., & ARRANZ, E. (1999c). Emplazamiento de *sills*
del Pérmico superior en el Macizo de Cinco Villas (Pirineo Navarro). *Geogaceta*, 25,
pp. 123-126.

MCPHIE, J.; DOYLE, M.; ALLEN, R. (1993). *Volcanic textures; a guide to the interpre-
tation of textures in volcanic rocks*. Ed. Centre for Ore Deposits and Exploration Stu-
dies, University of Tasmania, 198 pp.

MEY, P. H. W. (1967a). The geology of the Upper Ribagorzana and Baliera Valleys,
sheet 9, Central Pyrenees, Spain. *Leidse Geologische Mededelingen*, 41, pp. 153-220.

MEY, P. H. W. (1967b). Evolution on the Pyrenees basin during the late Paleozoic.
Canada Soc. Petrol. Geol. Mem., 2, pp. 1157-1166.

MEY, P. H. W. (1968). Geology of the Upper Ribagorzana and Tor Valleys, sheet 8,
Central Pyrenees, Spain. *Leidse Geologische Mededelingen*, 41, pp. 229-292.

RUDNICK, R. L. (1992). Xenoliths-samples of the Lower Continental Crust. In D. M.
FOUNTAIN, R. ARCULUS & R. W. KAY (eds.), *Continental Lower Crust*. Developments
in Geotectonics, 23. Ed. Elsevier, pp. 269-316.

SEGURET, M. (1972). *Étude tectonique des nappes et séries décollées de la partie cen-
trale du versant sud des Pyrénées. Caractère synsédimentaire, rôle de la compression
et de la gravité*. Thèse Doctorat d'État. Publ. USTELA. Série Géol. Struct. 2, Montpe-
llier, 155 pp.

SPERA, F. J. (1980). Aspects of magma transport. In R. B. HARGRAVES (ed.), *Physics of
Magmatic Processes*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, pp. 265-323.

**CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES FISIOGRÁFICOS,
GEOLÓGICOS Y CLIMÁTICOS DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS
LAGARTIJAS DE ALTA MONTAÑA DE LOS PIRINEOS
(*IBEROLACERTA* ARRIBAS 1997; SUBGÉN. *PYRENESAURA*
ARRIBAS 1999) Y OTROS LACÉRTIDOS DEL PISO ALPINO
DE LOS PIRINEOS**

Óscar J. ARRIBAS¹

RESUMEN.—*Iberolacerta bonnali* es endémica del Pirineo central y vive desde el macizo de Arriel, al oeste, hasta Aigüestortes al este, de 1.700 hasta 3.062 m. Su área de distribución se caracteriza, frente a la de las otras tres *Iberolacerta* pirenaicas, por el mayor tamaño de los macizos montañosos que habita, por presentarse la especie en localidades graníticas y por el amplio espectro de tipos de rocas que habita. Por otro lado, sus localidades presentan menores insolaciones y radiaciones, como corresponde a la parte de la cordillera con mayor influencia atlántica habitada por la especie. *I. aranica* es endémica del macizo de Maubérme y sus contrafuertes, desde los 1.940 m hasta, al menos, los 2.668 m. Habita también zonas de pastizal pedregoso. Su área presenta mayores medias de acumulación de nieve en invierno y primavera. *I. aurelioi* es endémica de los macizos del Montroig, Pica d'Estats y de la Coma Pedrosa, donde habita desde los 2.100 m hasta

¹ oarribas@pie.xtec.es

los 2.940 m. Su área se caracteriza por recibir mayores cantidades de radiación e insolación, por poseer menor superficie alpina y la altura máxima de los macizos y porque únicamente están habitadas las zonas de rocas paleozoicas (cuarcitas cambroordovícicas). En cuanto a otras especies de lacértidos presentes en el piso alpino: *Lacerta agilis* habita localidades caracterizadas por insolaciones y radiaciones elevadas respecto a otros lacértidos pirenaicos; las localidades habitadas por *Zootoca vivipara* no presentan rasgos característicos, ya que vive a lo largo de los Pirineos y en simpatria con las otras especies, y *Podarcis muralis* habita mayoritariamente las partes más externas y con mayor insolación del Pirineo.

ABSTRACT.—*Iberolacerta bonnali* is endemic from the Central Pyrenees, where inhabits from the Arriel Massif in the west, to the Aigüestortes mountains in the east. His range is characterized by the greater size of the mountain massifs which inhabits, and by to present granitic (igneous) rock substrates. By other side, his localities are also characterized by lesser insulations and sun radiations, as corresponds to the pyrenaean parts with greater atlantic influence. *I. aranica* is endemic from the Maubermé Massif and its spurs. His area appears characterized by greater snow accumulations both in winter and spring. *I. aurelioi* is endemic from the Montroig, Pica d'Estats and Coma Pedrosa massifs. His area is characterized by the greater insulations and sun radiations, and by the presence of lesser alpine belt surface and absolute heights of the inhabited massifs. Also, he inhabits only paleozoic rocks (mainly cambroordovician quartzites). In respect to other species present in the alpine belt: *Lacerta agilis* appears in localities characterized by high insolation and sun radiations in respect to other pyrenaean lizards. *Zootoca vivipara* do not present specific traits as lives in all the pyrenaean range and frequently sympatrically with all the other species here studied. *Podarcis muralis* appears in the comparatively more outer parts, with greater insulations, from the Pyrenees.

KEY WORDS.—Canonical Correspondence Analysis, biogeography, physiographic characteristics, *Lacertidae*, *Iberolacerta aranica*, *I. aurelioi*, *I. bonnali*, *Lacerta agilis*, *Zootoca vivipara*, *Podarcis muralis*, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la sistemática y la evolución de cualquier grupo de seres vivientes requiere un adecuado conocimiento de su distribución y de las características que a esta conciernen. Asimismo, el estudio de la corología

de un grupo pasa por un inventario de las características del medio físico que nos defina el marco en el que se desarrollan los procesos históricos relacionados con su persistencia y diferenciación. Todo ello constituye un paso previo a la elaboración de hipótesis biogeográficas.

En el caso de las especies de montaña los macizos actúan como islas continentales: responden a los cambios en el nivel del bosque tal y como las verdaderas islas responden a los cambios en el nivel batimétrico (véanse, por ejemplo, VUILLEUMIER, 1970; BROWN, 1971; BROWN, 1978; JOHNSON, 1975; DAVIS *et al.*, 1988; LOMOLINO *et al.*, 1989; KRATTER, 1992). Existe una interacción dinámica entre el límite del arbolado y la distribución de las especies alpinas.

Un resumen sobre la distribución y características de las lagartijas de alta montaña de los Pirineos puede consultarse en ARRIBAS (1997a y b) y ARRIBAS & MARTÍNEZ RICA (1997c) y han sido objeto de una detallada revisión en ARRIBAS (1996).

Nuestro objetivo es caracterizar las zonas habitadas por *Iberolacerta* respecto a las ocupadas por otros lacértidos de montaña de los Pirineos (*Lacerta*, *Zootoca* y *Podarcis*) y, en segundo lugar, hallar los rasgos característicos de las zonas habitadas por cada una de las tres especies pirenaicas de *Iberolacerta*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Nomenclatura

Las lagartijas de montaña pirenaicas han sido incluidas en el género *Iberolacerta* (*Pyrenesaura*) (ARRIBAS, 1997c, 1999b). Si bien el tema de la taxonomía a nivel genérico de los lacértidos dista mucho de estar estabilizada, la monofilia y el rango equivalente al de otros géneros de lacértidos para *Iberolacerta* pueden verse en HARRIS, ARNOLD & THOMAS (1998). El nombre genérico *Lacerta* solo es utilizable para el grupo de los lagartos verdes (*Lacerta* s. str.) (MAYER & BENYR, 1994). En cuanto al resto de la nomenclatura genérica, se sigue la propuesta de ARNOLD (1973, 1989), actualizada por MAYER & BISCHOFF (1996).

Prospección de campo

A lo largo de siete años, desde 1989 hasta 1995, se recorrió una fracción representativa de la totalidad de las zonas alpinas de la cadena pirenaica. Se ha prospectado un total de 70 cuadrículas UTM (Universal Transverse Mercator) de 10 km de lado que incluyen en parte de su interior zonas supraforestales de ambiente alpino, en general por encima de 2.000 m, desde el pico de Arlés en Navarra hasta la zona de Ull de Ter en Girona (Fig. 1).

Los resultados concretos de la distribución de cada especie serán publicados por partes en un futuro cercano, si bien un adelanto en cuadrícula 20 x 20 (incompleto para *I. bonnali*, cuya área es continua en cuadrícula 10 x 10) puede encontrarse en ARRIBAS, 1997a y b; 1997c, en rev., y en ARRIBAS & MARTÍNEZ-RICA, 1997).

Estudio general de las características del área de distribución

Una vez efectuada la matriz de presencia de las tres especies estudiadas, así como de las otras especies de lacértidos ocasionalmente presentes en el piso alpino, se ha procedido a realizar un análisis multivariante de las características del hábitat que distinguen las zonas habitadas por cada especie.

Variables estudiadas

Para ello se han recopilado para todas las localidades estudiadas, con datos en el terreno y mediante mapas geológicos y topográficos, los siguientes parámetros abióticos (entre paréntesis se dan las abreviaturas utilizadas en la figura 4):

- 1) ALTURA: Altura sobre el nivel del mar de la localidad prospectada. En caso de tratarse de un rango se ha tomado la media de ese rango.
- 2) VERTIENTE (vert.): Vertiente de los Pirineos en que se encuentra la localidad en cuestión. Variable codificada que aumenta con la exposición meridional (1, vert. norte; 2, zona axial; 3, vert. sur).
- 3) EDAD DE LA ROCA: Extraída de los mapas de ZWART (1979) (1, Cámbrico; 2, Ordovícico; 3, Silúrico; 4, Devónico; 5, Carbonífero; 6, Pérmico y Triásico —Permotrías—; 7, Jurásico; 8, Cretácico; 9, Eoceno; 10, Oligoceno; 11, Mio-plioceno; 12, Pleistoceno-Holoceno).

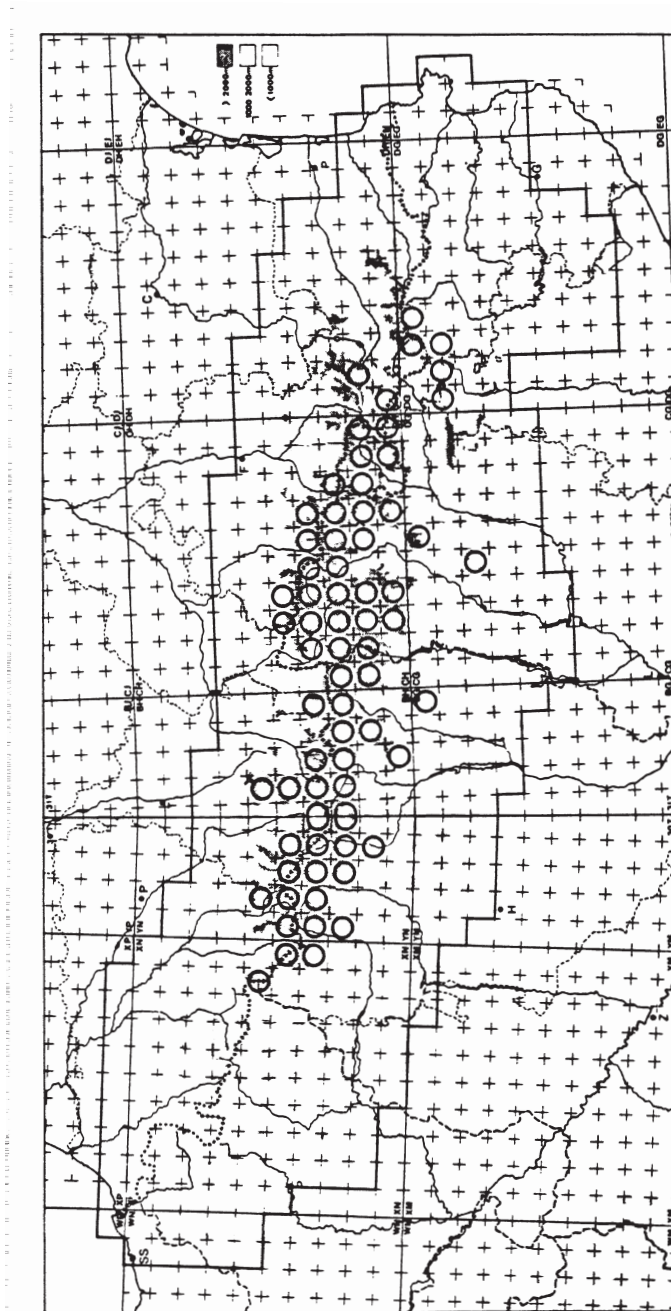


Fig. 1. Zonas prospectadas. Se incluyen todas las cuadrículas UTM 10 x 10 prospectadas que incluyen en su interior zonas supraforestales de piso alpino.

- 4) TIPO DE ROCA (tip. roc.): 0, ígnea; 1, silícica; 2, calcárea. La secuencia representa una serie inversa al proceso erosivo de la cobertera pirenaica y representativa de un transecto hipotético desde la zona axial hacia las sierras exteriores del Prepirineo.
- 5) MORFOLOGÍA DE LA ROCA (morf.): Esta variable representa una estimación del valor de refugio de cada tipo de roca. Según el tipo de roca y su grado de meteorización, pueden existir gran cantidad de fisuras por unidad de superficie o muy pocas. Lo hemos cuantificado de la siguiente manera: Series silíceas: 1, granitos, etc.; 2, gneis; 3, esquistos; 4, pizarras. Series calizas: 1, mármol; 2,5, calizas (lapiatz).
- 6) TARDIGLACIAR NORTE: Extensión desde la zona del macizo donde se encuentra la localidad en cuestión hacia el norte hasta la zona estimada a la que llegaba el nivel del bosque durante el Tardiglaciario (extraída de MONTSERRAT MARTÍ, 1992).
- 7) TARDIGLACIAR SUR: Igual que el anterior pero desde el eje del macizo hacia el sur. Ambas variables suponen una estimación lineal de la extensión de la zona deforestada (es decir, de la superficie de las «islas» alpinas) al término de la última glaciación hacia el N y el S de la localidad en cuestión.
- 8) ALTURA MÁXIMA (alt. máx.): Altura máxima del macizo donde se encuentra una localidad dada. Es una estimación de la capacidad tamponadora del macizo frente a cambios en el nivel del bosque, como los acaecidos durante los periodos Atlántico y Subboreal (periodo hipsitérmico), cuando el nivel del bosque estuvo hasta 200 m más alto que en la actualidad y pudo llegar a cubrir totalmente algunas de las zonas que presentan actualmente fisonomía alpina (véase, p. ej., OZENDA, 1985). Asimismo, es un estimador indirecto del área total alpina y de su diversidad de hábitats (véase, por ej., JOHNSON, 1975).
- 9) SUPERFICIE DEL PISO ALPINO (superf.): Estimación de la superficie planimétrica de cada macizo o sección más o menos diferenciada del Pirineo. Se usa como estimación de la superficie alpina de cada macizo donde se encuentran las localidades y está relacionado con la diversidad de hábitats dentro de este piso.
- 10) SUPERFICIE CAMBIO CLIMÁTICO (camb. cl.): Superficie planimétrica estimada igual que en el caso anterior pero para una cota 800 m más alta que el límite inferior actual del piso alpino, que es lo que los modelos establecidos para la estimación del efecto del cambio climático predicen para los Alpes (OZENDA & BOREL, 1995). Nos da idea de las probabilidades de supervivencia de la especie en cuestión si se produce el cambio climático en la magnitud predicha y sigue siendo, además, una estimación de la superficie planimétrica de las partes superiores del piso alpino.
- 11) SUPERFICIE GRANÍTICA: Calculada a partir de los mapas geológicos de ZWART (1979). Posteriormente se ha utilizado para calcular la superficie granítica relativa (var. 30) a la superficie alpina total de cada macizo (var. 9), por lo que no entra en los cálculos definitivos.
- 12) SITUACIÓN GEOGRÁFICA: Expresa la contigüidad de los macizos y su posición relativa, numerándolas de oeste a este.

- 13) DISTANCIA A LA PARTE AXIAL (dist. axial): Distancia de la localidad al eje de la cordillera. Se utiliza como medida del grado de aislamiento de las poblaciones.
- 14) INNIVACIÓN ENERO (inniv. E): Nieve acumulada en enero en la zona en cuestión. Los datos han sido extraídos del estudio del programa ERHIN (MOPTMA, 1994) y las localidades se han aproximado a la pértiga de medida más cercana con la misma orientación.
- 15) INNIVACIÓN ABRIL (inniv. A): Como el anterior, pero para el mes de abril.
- 16) PLUVIOSIDAD MEDIA ANUAL (pluv.): Pluviosidad anual, extraída de los mapas de las cartas de vegetación de Francia, hojas de Luz (DUPIAS *et al.*, 1982) y de Foix (GAUSSEN, 1964).
- 17) TEMPERATURA MEDIA ANUAL: Temperatura media anual, extraída de los mapas de vegetación de Francia, hojas de Luz (DUPIAS *et al.*, 1982) y Foix (GAUSSEN, 1964).
- 18) HORAS DE SOL ANUALES: Número medio de horas de sol al cabo del año. Extraído de ARLERY (1970) y LINES ESCARDO (1970).
- 19) INSOLACIÓN DE MAYO: Número medio diario de horas de insolación directa durante este mes. Extraído de FONT TULLOT (1984).
- 20) INSOLACIÓN DE JUNIO: Véase el 17.
- 21) INSOLACIÓN DE JULIO: Véase el 17.
- 22) INSOLACIÓN DE AGOSTO: Véase el 17.
- 23) INSOLACIÓN DE SEPTIEMBRE: Véase el 17.
- 24) INSOLACIÓN DE OCTUBRE: Véase el 17.
- 25) RADIACIÓN DE MAYO: Valor medio para dicho mes de la radiación global (insolación directa más insolación difusa) expresado en kWh por día y por m de superficie. Extraído de FONT TULLOT (1984).
- 26) RADIACIÓN DE JUNIO: Véase el 23.
- 27) RADIACIÓN DE JULIO: Véase el 23.
- 28) RADIACIÓN DE AGOSTO: Véase el 23.
- 29) RADIACIÓN DE SEPTIEMBRE: Véase el 23.
- 30) RADIACIÓN DE OCTUBRE: Véase el 23.
- 31) PORCENTAJE DE GRANITO: Se calculó la superficie planimétrica granítica del piso alpino de los distintos macizos a partir de los mapas de ZWART (1979) (var. 11) y se comparó con la superficie total del piso alpino de dichos macizos.

En los valores de radiación e insolación se ha optado por incluir solo los meses durante los que se puede dar actividad de las lagartijas. Alguna de las

variables, como la radiación de agosto, fue eliminada a priori ya que no presentaba diferencias a lo largo de la cordillera. La situación geográfica relativa (var. 12) ha sido omitida en los cálculos a posteriori ya que se ha observado que falseaban la independencia de los resultados. Como se comprobó que las variables de insolación de los distintos meses estaban muy fuertemente correlacionadas, se incluyeron después todas en una variable compuesta de INSOLACIÓN DE VERANO (ins. ver.).

Análisis de los datos

Con la matriz de datos, se ha procedido a efectuar un Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) mediante el programa CANOCO v. 3.12 (Canonical Community Analysis) (TER BRAAK, 1986, 1987a, 1987b) que permite la interrelación de dos matrices de datos (localidades-taxones y localidades-variables ambientales) para producir una sola representación gráfica de los resultados. Esto supone un avance respecto a otros tipos de representación multivariante ya que permite la interrelación de tres niveles de datos distintos (muestras, variables ambientales y especies).

Localidades y especies quedan representadas en la gráfica por puntos (huecos y llenos, respectivamente) y los parámetros ambientales de variación continua mediante vectores. En nuestro caso nos interesan las especies y las variables ambientales, relacionadas a través de las distintas muestras (localidades) estudiadas.

La proyección de especies y localidades (muestras) representa los patrones fundamentales de la variación espacial de la composición de las comunidades, en la medida en que son explicados por las variables ambientales. La representación de las especies y las variables ambientales juntas indican la distribución de las especies en función de su óptimo en el gradiente marcado por las variables ambientales. La longitud de cada vector es igual a la tasa de cambio de la media ponderada tal y como es representada en el diagrama de ordenación; es decir, es una estimación de cuánto difieren las distribuciones de las especies a lo largo de esa variable ambiental. Así pues, la longitud de los vectores nos indica la importancia discriminatoria de dicha variable (REYMENT & JÖRESKOG, 1993).

Se han efectuado dos acercamientos distintos:

a) Se ha realizado un primer análisis para caracterizar las zonas habitadas por *Iberolacerta* (sin tener en cuenta la especie en cuestión) respecto a la presencia de otras especies de lacértidos que habitan el piso alpino (*Podarcis muralis*, *Zootoca vivipara* y *Lacerta agilis*).

b) Posteriormente, se han realizado otros análisis de los mismos datos para caracterizar por separado el hábitat de cada una de las tres especies pirenaicas (*I. bonnali*, *I. aranica* y *I. aurelioi*). En sucesivos acercamientos se han ido concretando la importancia relativa de las variables y su influencia en la caracterización del área de las especies.

Los tablas con resultados numéricos con las correlaciones de las variables ambientales, muestras y especies y las estructuras factoriales de los distintos ejes, representados aquí gráficamente (Figs. 2, 3 y 4), pueden obtenerse mediante solicitud al autor.

RESULTADOS: CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE *IBEROLACERTA* PIRENAICAS

Factores asociados a la presencia de Iberolacerta

El primero de los Análisis Canónicos de Correspondencias (CCA) ha sido efectuado con 148 muestras (localidades) pero teniendo en cuenta solo la presencia de cualquier especie de *Iberolacerta* (ya que puede considerárselas como equivalentes ecológicas y vicariantes geográficas) respecto a los otros lacértidos que habitan ocasionalmente en el piso alpino pirenaico (*Podarcis muralis*, *Lacerta agilis* y *Zootoca vivipara*).

Los dos primeros ejes (Fig. 2) combinados (las especies y las variables ambientales explican el 78,6% de la varianza total: 53,5% y 25,1% respectivamente) ofrecen valores propios de 0,45 y 0,21 cada uno.

En la representación gráfica aparece muy diferenciado *L. agilis* en la parte positiva de ambos ejes. Esto se debe a que las especies con baja representatividad (bajo número de localidades o presencia excepcional) muestran una separación muy clara y son poco significativas a la hora del pro-

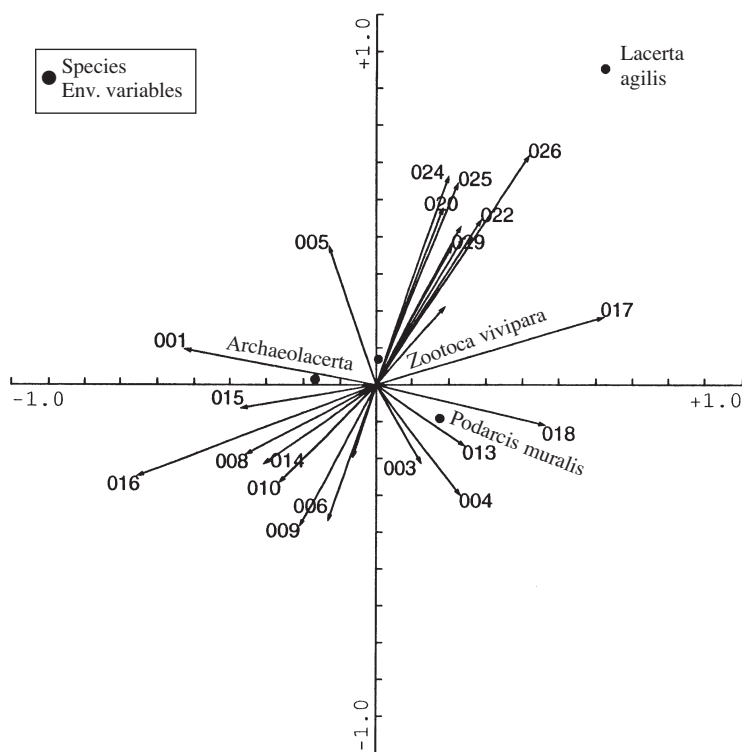


Fig. 2. Proyección de los dos primeros ejes del Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) que representan los distintos géneros de lagartijas que se hallan en el piso alpino de los Pirineos, en función de las localidades que habitan y de las características ambientales de estas. Los dos primeros ejes explican el 78,6% de la varianza total (eje 1, 53,5%; eje 2, 25,1%) (véase la explicación en el texto).

cesado de los datos. *L. agilis* aparece asociada a los valores pirenaicos más altos de radiaciones e insolaciones durante los meses de actividad. Esta especie, a pesar de ser centroeuropea y de clima continental, presenta una elevada termofilia en sus localidades ibéricas, centradas en la zona de la fosa de la Cerdaña y áreas adyacentes (ARRIBAS, 1995, 1999a), donde están resguardadas tanto de los frentes de lluvias atlánticos como del denominado frente mediterráneo o catalán (precipitación procedente del SE). La presencia de *L. agilis* está negativamente relacionada con la pluviometría anual (var. 16) y la innivación de enero y abril (vars. 14 y 15), así como con otras variables como las superficies alpinas o la altura máxima, variables

estas últimas que se explican porque la parte del Pirineo que habita no es muy alta y en realidad se trata de una especie del piso subalpino y montaño que solo localmente alcanza el piso alpino (ARRIBAS, 1995, 1999a).

Zootoca vivipara aparece poco diferenciada en nuestro análisis, ya que habita el Pirineo de extremo a extremo y en sus localidades no aparece ligada a factores del substrato geológico, al ser una lagartija adaptada a desplazarse entre la vegetación herbácea y arbustivo-rastrera. Además, muy frecuentemente es simpátrica con cualquiera de los otros taxones estudiados.

La presencia de *Podarcis muralis* está relacionada con la distancia al eje del Pirineo (var. 13) y con la posición meridional de las localidades en cuestión (var. 2), ya que es más frecuente en localidades exteriores y meridionales dentro del piso alpino del Pirineo. En las partes más axiales es menos frecuente o es reemplazada por *Iberolacerta* sp. También aparece correlacionada con el número de horas de sol anuales, hecho que refleja una mayor dependencia de la especie con la temperatura durante el centro del verano, quizá relacionado con la estabilidad térmica durante la incubación —más larga— de sus huevos o simplemente porque habita preferentemente zonas más benignas y exteriores, que reciben una mayor insolación que la parte más axial. Naturalmente, como corresponde a una especie de zonas más bajas que alcanza aquí su límite superior, está negativamente relacionada con la altura (var. 1) y aparece a alturas relativamente bajas del piso alpino.

La presencia de cualquier especie de *Iberolacerta* está claramente ligada a la altura (var. 1), lo que indica que son las lagartijas que habitan mayores alturas dentro de la zona estudiada. También aparecen positivamente correlacionadas con el amplio abanico de variables (pluviometría, altura máxima del macizo, innivación de enero, etc.) y negativamente con la temperatura (var. 17). Esto es razonable en especies que habitan las partes centrales y más altas de la cordillera, caracterizadas por unas condiciones ambientales muy similares y concretas a lo largo de todo el Pirineo (GAUSEN, 1964; DUPIAS *et al.*, 1982), con temperaturas medias anuales del orden de 0 °C y gran precipitación. Es interesante constatar la marcada correlación positiva con los gruesos de nieve de primavera (es decir, la acumulada del invierno más la precipitada en primavera), no tanto con los del

invierno (la precipitada solo durante el invierno, más uniforme). Este hecho podría estar relacionado con el papel protector de la nieve frente a las bajas temperaturas externas, que evitaría igualmente un inicio demasiado temprano de la actividad (en condiciones tróficas y térmicas desfavorables) de los individuos. Al igual que muchos otros organismos de ambientes alpinos, estas especies son oportunistas en cuanto al momento de emergencia primaveral (regido por la fusión nival), pero conservadoras por lo que respecta al fin de la época de actividad, regido por el fotoperiodo (datos propios).

Factores que distinguen las áreas de distribución de las tres especies de Iberolacerta pirenaicas

Se ha efectuado un segundo Análisis Canónico de Correspondencias con las mismas matrices de datos, esta vez para determinar qué características distintivas presenta cada sección de Pirineo habitada por las diferentes especies de *Archaeolacerta*. Los dos primeros ejes explican la totalidad de la varianza de la relación entre las especies y las variables ambientales (50,2% y 49,8% respectivamente): valores propios de 0,99 y 0,98, por lo que el análisis resulta muy explicativo.

El primer eje puede ser interpretado como una representación de la cordillera pirenaica de oeste a este (longitud geográfica), en la que las tres especies de *Iberolacerta* aparecen representadas según su posición geográfica relativa en esta. Las variables que aparecen asociadas a este eje son, pues, las que distinguen las partes más occidentales del Pirineo de las más orientales (Fig. 3).

La parte más occidental y central, habitada por *I. bonnali*, aparece, en las localidades en que se encuentra esta especie, fuertemente correlacionada con los parámetros que expresan tamaño de los macizos montañosos (tanto actual como durante el Tardiglacial: superficie, Tardiglacial N, Tardiglacial S, altura máxima, cambio climático, etc.), ya que esta especie habita los macizos más altos y con mayor representación del piso alpino de los Pirineos. Es por tanto el taxón que tiene mayor superficie de hábitat en la cota a la que podría retirarse en piso alpino si se cumplen los modelos de cambio climático desarrollados hasta la fecha (GUISAN *et al.*, 1995). *I. bon-*

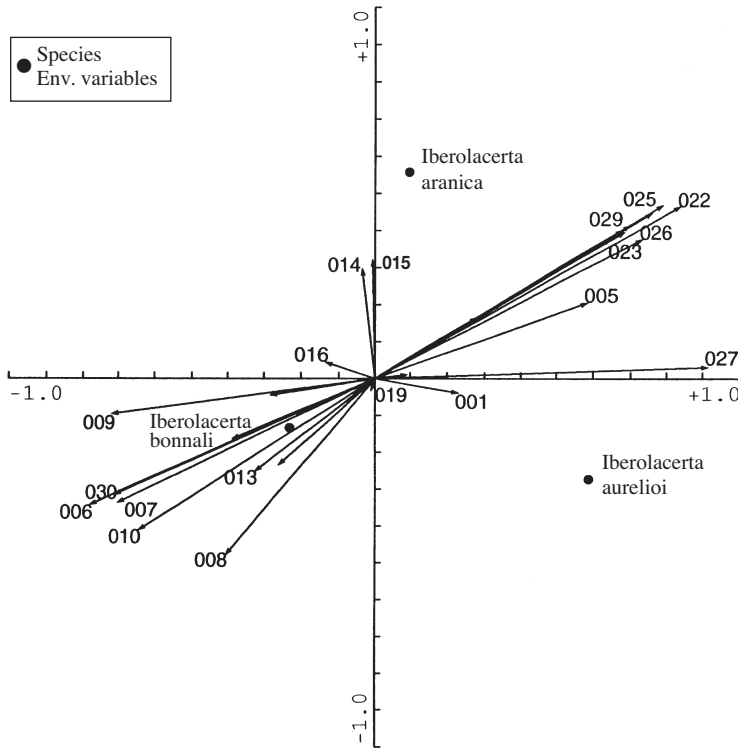


Fig. 3. Proyección de los dos primeros ejes del Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) que representan las tres especies de *Iberolacerta* que se hallan en el piso alpino de los Pirineos, en función de las localidades que habitan y de las características ambientales de estas. Los dos primeros ejes explican la totalidad de la varianza (eje 1, 50,2%; eje 2, 49,8%) (véase la interpretación del análisis en el texto).

nali aparece también correlacionada con el porcentaje de superficie alpina granítica, ya que es la única de las tres especies pirenaicas que habita sobre este sustrato. Por otro lado, esta especie aparece negativamente correlacionada con las insolaciones y radiaciones durante el periodo de actividad (excepto la insolación de mayo y la de agosto, esta última previamente eliminada ya que no presentaba diferencias dentro del área de los tres taxones), lo que resulta explicable, ya que habita las partes de mayor influencia oceánica de la cordillera. La variable edad de la roca también presenta sus valores máximos en *I. bonnali*, ya que, aunque habita sustratos paleozoi-

cos igual que los otros dos taxones, también aparece sobre sustratos geológicamente más modernos (mesozoicos y cenozoicos).

I. aurelioi aparece diferenciada hacia la parte positiva del primer eje, directamente correlacionada con los valores máximos de radiación e insolación arriba reseñados, ya que habita en las partes más alejadas del polo de oceanidad pirenaico, que son las más luminosas. Parece tener particular importancia la radiación de julio, mientras que la correlación negativa con los valores que representan superficie, altura... de los macizos estudiados indica que las poblaciones de esta especie se asientan sobre áreas montañosas de superficies y alturas máximas más reducidas, axiales y compuestas de rocas paleozoicas, aunque las localidades donde se ha encontrado *I. aurelioi* son en general algo más altas que las de *I. bonnali*, fenómeno habitual en toda la fauna y flora del piso alpino pirenaico, cuyo límite inferior se sitúa más arriba cuanto más al este nos desplazamos.

El segundo eje puede ser interpretado como un gradiente norte-sur respecto al eje de la cadena, donde *I. aranica* aparece diferenciada hacia la parte positiva de dicho eje, ya que habita la parte axial pirenaica que queda un poco excéntrica al norte del eje principal, en las montañas al norte del valle de Arán. Esta parte presenta una correlación importante con los grosores de nieve de enero y abril, que serían comparativamente mayores en esta zona respecto a las medias ponderadas de esta variable en las otras especies. Esto no es de extrañar, ya que la zona, situada de facto en la vertiente norte pirenaica, presenta una elevada precipitación y persistencia de nieve hasta el final de la primavera. El examen de las otras variables nos indica que, por su posición geográficamente intermedia en el Pirineo (y en el eje 1), las localidades de *I. aranica* se encuentran en un área con mayor insolación que la mayor parte de las localidades de *I. bonnali* —al menos teórica, ya que en la práctica la vertiente norte pirenaica sufre muchas más nieblas que la luminosa vertiente sur, aunque con frecuencia estas se sitúan más abajo de las zonas alpinas habitadas por *I. aranica*—; y que, por otro lado, la zona habitada por esta especie es de las que presentan una menor altura máxima, lo que la hace más sensible a los efectos del posible cambio climático.

Como puede apreciarse en la figura 3, los distintos valores de radiación e insolación de final de primavera y verano parecen estar muy correlacio-

nados. En efecto, la insolación de agosto explica por sí sola el 0,88 del 1,99 de varianza explicada por el análisis. Si le añadimos la radiación de julio (1,31 acumulado) y la insolación de junio (1,81 acumulado) podemos observar que estas tres variables explican por sí solas el 90,9% de la variabilidad total entre las localidades de las tres especies, por lo que nos enmascaran los posibles efectos de las otras variables.

Para poder explorar con más detalle la significación de las demás variables, hemos calculado la media de la insolación de esos meses de actividad (ins. ver.) y hemos repetido el análisis (Fig. 4). El resultado es muy similar, con dos ejes que expresan el 100% de la varianza de la relación especies-variables ambientales. Los dos primeros ejes muestran valores propios de

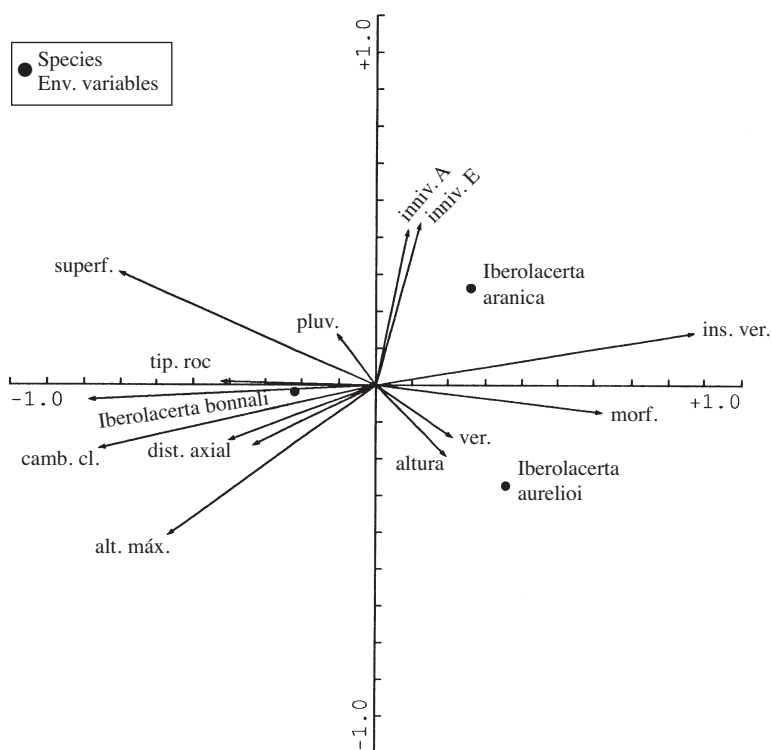


Fig. 4. Como 1,6 pero uniendo las radiaciones e insolaciones del periodo de actividad de las lagartijas en una sola variable (ins. ver.). Los dos primeros ejes explican el total de la varianza (eje 1, 68,9%; eje 2, 31,1%) (véase la interpretación en el texto).

0,973 y 0,439 (1,41 acumulado respecto al total, que es 2) (eje 1: 68,9% y eje 2: 31,1% de la varianza total de la relación especies-variables ambientales). El eje 1 sigue representando un gradiente este-oeste si cabe aún más marcado, y el eje 2, el transecto norte-sur. Las variables más importantes son la superficie del piso alpino (valor prop., 0,16), la insolación de verano (0,14) y la altura máxima de los macizos (0,12).

Como puede verse en la figura 4, la parte más occidental de la cordillera, habitada por *I. bonnali*, presenta respecto a *I. aranica* y sobre todo respecto a *I. aurelioi* mayor superficie y altura de la parte alpina de los macizos, mayor extensión de la franja deforestada en el Tardiglaciario, tanto hacia el norte como hacia el sur, mayor abundancia de rocas calizas (concordante con la presencia de substratos meso y cenozoicos habitados por esta especie) y mayor distancia al eje de la cadena, sin duda debido a que presenta poblaciones excéntricas a esta (Neouvielle y Bigorre) que no aparecen en las otras *Iberolacerta* pirenaicas. Paralelamente, a esta parte de la cadena corresponden los menores valores de insolación (mayor atlantici-dad) y de rocas sedimentarias metamorfizadas (pizarras y esquistos), que constituyen el 100% del hábitat de *I. aurelioi*, caracterizada esta última por tendencias contrarias en las variables mencionadas, ya que aparece en el otro extremo del eje que *I. bonnali*.

En el eje 2 ganan importancia los valores de innivación de enero y abril y, en menor medida, la pluviometría como factores característicos de las zonas habitadas por *I. aranica*, debidas a las características del área explicadas más arriba.

CONCLUSIONES

Las especies de *Iberolacerta* pirenaicas habitan localidades caracterizadas por poseer alturas más elevadas, pluviometrías (e innivaciones) y alturas máximas de los macizos mayores y temperaturas medias menores que los óptimos de las otras especies de lacértidos que ocasionalmente habitan en el piso alpino pirenaico.

Lacerta agilis habita localidades caracterizadas por unas insolaciones (y radiaciones) elevadas respecto a otros lacértidos pirenaicos. Las localidades

habitadas por *Zootoca vivipara* no presentan rasgos característicos, ya que vive a lo largo de los Pirineos y en simpatría con las otras especies. *Podarcis muralis* aparece asociada a las exposiciones más meridionales y a mayores insolaciones.

Por lo que respecta a las tres especies de lagartijas de alta montaña pirenaicas:

El área de *I. bonnali* se caracteriza por el mayor tamaño de los macizos montañosos que habita, por presentar localidades graníticas y un amplio espectro de tipos de rocas habitadas por esta especie. Por otro lado, sus localidades se caracterizan por menores insolaciones y radiaciones, como corresponde a la parte de mayor influencia atlántica de la cordillera. El área de *I. aurelioi* se caracteriza por recibir mayores cantidades de radiación e insolación, por poseer menor superficie alpina y altura máxima de los macizos y por habitar únicamente zonas de rocas paleozoicas (cuarcitas cambroordovícicas). El área de *I. aranica* presenta medias mayores de acumulación de nieve, tanto en invierno como en primavera.

Globalmente, las variables más importantes que distinguen entre sí las áreas de distribución de las distintas especies de *Iberolacerta* pirenaicas son las insolaciones de verano (insolación de agosto, radiación de julio e insolación de junio) y, en menor medida, la superficie del piso alpino y la altura máxima de los macizos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARLERY, R. 1970. The climate of France, Belgium, the Netherlands and Luxembourg. In WALLÉN, C. C. (ed.). *Climates of Northern and Western Europe*, pp. 135-160. Elsevier. Amsterdam-London-New York.
- ARNOLD, E. N. 1973. Relationships of the palaearctic lizards assigned to the genera *Lacerta*, *Algyroides* and *Psammotriton* (Reptilia: Lacertidae). *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.)*, 25: 289-366.
- ARNOLD, E. N. 1989. Towards a phylogeny and biogeography of the Lacertidae: relationships within an Old-World family of lizards derived from morphology. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.)*, 55 (2): 209-257.
- ARRIBAS, Ó. 1995. Morphology and taxonomic revalidation of *Lacerta agilis garzoni* Palacios & Castroviejo, 1975. *Proceedings of the 2nd. international symposium on the Lacertids of the Mediterranean Basin*.

- ARRIBAS, Ó. 1997a. *Lacerta aranica*. En *Distribución y biogeografía de los anfibios y reptiles de España y Portugal* (J. M. PLEGUEZUELOS, ed.). Monografías de la AHE, vol. 3: 213-215.
- ARRIBAS, Ó. 1997b. *Lacerta aurelioi*. En *Distribución y biogeografía de los anfibios y reptiles de España y Portugal* (J. M. PLEGUEZUELOS, ed.). Monografías de la AHE, vol. 3: 216-218.
- ARRIBAS, Ó. J. 1997c. *Morfología, filogenia y biogeografía de las lagartijas de alta montaña de los Pirineos*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 353 pp. (8 pp. y microficha. Publ. UAB).
- ARRIBAS, Ó. J. 1999a. Distribución y estatus de *Lacerta agilis* y *Zootoca vivipara* en Cataluña. *Bull. Soc. Cat. d'Herp.* (1999), 14: 10-21.
- ARRIBAS, Ó. J. 1999b. Phylogeny and relationships of the mountain lizards of Europe and Near East (*Archaeolacerta* Martens, 1921, *sensu lato*) and their relationships among the Eurasian Lacertid Radiation. *Russian Journal of Herpetology*, 6 (1): 1-22.
- ARRIBAS, Ó. & MARTÍNEZ-RICA, J. P. 1997. *Lacerta bonnali*. En *Distribución y biogeografía de los anfibios y reptiles de España y Portugal* (J. M. PLEGUEZUELOS, ed.). Monografías de la AHE, vol. 3: 219-221.
- BROWN, J. H. 1971. Mammals on mountaintops: nonequilibrium insular biogeography. *Amer. Nat.*, 105: 467-478.
- BROWN, J. H. 1978. The theory of insular biogeography and the distribution of boreal birds and mammals. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 2: 209-227.
- DAVIS, R.; DUNFORD, C.; LOMOLINO, M. V. 1988. Montane mammals of the American Southwest: the possible influence of post-Pleistocene colonization. *J. Biogeogr.*, 15: 841-848.
- DUPIAS, G.; IZARD, M.; MONTSERRAT, P. 1982. *Carte de la Végétation de la France n° 76. Luz*. Centre National de la Recherche Scientifique. Toulouse.
- FONT TULLOT, I. 1984. *Atlas de la radiación solar en España*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- GAUSSEN, H. 1964. *Carte de la Végétation de la France, n° 77. Foix*. Centre National de la Recherche Scientifique. Toulouse.
- GUISAN, A.; TESSIER, L.; HOLTEN, J. I.; HAEBERLI, W. & BAUMGARTNER, M. 1995. Understanding the impact of climate changing on mountain ecosystems: an overview. In GUISAN, A. et al. (eds.), *Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains*, pp. 15-37. Ed. Conserv. Jard. Bot. Genève.
- HARRIS, D. J.; ARNOLD, E. N. & THOMAS, R. H. 1998. Relationships of lacertid lizards (Reptilia: Lacertidae) estimated from mitochondrial DNA sequences and morphology. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 265: 1939-1948.
- JOHNSON, N. K. 1975. Controls of the number of bird species of montane islands in the Great Basin. *Evolution*, 29: 545-567.
- KRATTER, A. W. 1992. Montane avian biogeography in southern California and Baja California. *J. Biogeogr.*, 19: 269-283.

- LINES ESCARDO, A. 1970. The climate of the Iberian Peninsula. In WALLÉN, C. C. (ed.), *Climates of Northern and Western Europe*, pp. 195-221. Elsevier. Amsterdam-London-New York.
- LOMOLINO, M. V.; BROWN, J. H.; DAVIS, R. 1989. Island biogeography of montane forest mammals in the American Southwest. *Ecology*, 70: 180-194.
- MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- MAYER, W. & BENYR, G. 1994. Albumin-Evolution und Phylogenese in der Familie Lacertidae (Reptilia: Sauria). *Ann. Naturhist. Mus. Wien.*, 96 B: 621-648.
- MAYER, W. & BISCHOFF, W. (1996). Beiträge zur taxonomischen Revision der Gattung *Lacerta* (Reptilia: Lacertidae). Teil 1: *Zootoca*, *Omanosaura*, *Timon* und *Teira* als eigenständige Gattungen. *Salamandra*, 32(3): 163-170.
- MONTSERRAT MARTÍ, J. M. 1992. *Evolución glaciaria y postglaciaria del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 6. CSIC. Jaca.
- MOPTMA. 1994. *La nieve en las cordilleras españolas. Programa ERHIN, año 1991/1992*. Dirección General de Obras Hidráulicas. MOPTMA. Madrid.
- OZENDA, P. 1985. *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson. Paris.
- OZENDA, J. & BOREL, J. L. 1995. Possible responses of mountain vegetation to a local climatic change: the case of the western Alps. In GUIBAN *et al.* (eds.), *Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains*, pp. 137-144. Ed. Conserv. Jard. Bot. Genève.
- REYMENT, R. & JÖRESKOG, K. G. 1993. *Applied Factor Analysis in the Natural Sciences*. Cambridge.
- TER BRAAK, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179.
- TER BRAAK, C. J. F. 1987a. *CANOCO. A FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (vers 2.1)*. TNO Institute of applied computer science. Wageningen. Holland.
- TER BRAAK, C. J. F. 1987b. Ordination. In JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F. & VAN TONGEREN, O. F. R. (eds.), *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*, pp. 91-159. Pudoc. Wageningen.
- VUILLEUMIER, F. 1970. Insular biogeography in continental regions. I. The Northern Andes of South America. *Amer. Nat.*, 104: 373-388.
- ZWART, H. J. 1979. The geology of the Central Pyrenees. *Leidse Geologische Mededelingen*, 50 (1): 1-74.

ESQUEMA GENERAL DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DEL ALTO ARAGÓN

José Antonio CUCHÍ OTERINO¹

RESUMEN.—El Alto Aragón alberga un amplio número de unidades hidrogeológicas. Ante la inexistencia de un trabajo de conjunto, se realiza un avance de las características de estas.

ABSTRACT.—The Alto Aragón hosts a large number of hydrogeological units. Lacking an overall work, a first approach is done on the subject.

KEY WORDS.—Karstic aquifers, fissured aquifers, porous aquifers, Huesca, Upper Aragon.

INTRODUCCIÓN

El Alto Aragón es rico en aspectos ambientales de todo tipo, desde las crestas pirenaicas hasta los llanos monegrinos. Esta riqueza se extiende también al ámbito hidrogeológico, pues existen formaciones de características muy diversas. Estas unidades se recargan directamente por las precipitaciones, alimentan numerosos manantiales, sostienen los cursos superfi-

¹ Escuela Universitaria Politécnica de Huesca. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA.

ciales durante los estiajes y abastecen a poblaciones, granjas y regadíos. A pesar de su interés, se conocen solo parcialmente. El presente estudio resume el estado actual de los conocimientos sobre las mismas.

Desde un punto de vista hidrogeológico, las formaciones geológicas, bajo condiciones de saturación, se clasifican en acuíferos, acuitardos y acuicludos. Los dos primeros almacenan y transmiten agua; se diferencian, bajo un punto de vista utilitario, en función de una menor o mayor capacidad para suministrar agua con que satisfacer diferentes necesidades. Los acuicludos se definen como impermeables y son prácticamente inexistentes en términos reales.

Los acuíferos descargan en manantiales de diversa magnitud y en ellos pueden perforarse pozos productivos. Tradicionalmente se clasifican en fracturados, kársticos y detríticos. Los acuitardos, en materiales de baja permeabilidad, pueden producir pequeños manantiales y rezumes.

ACUÍFEROS FRACTURADOS

En los acuíferos de tipo fracturado, el flujo se produce a través de fracturas de la roca. El movimiento del agua es lento y solo conlleva una mínima disolución o alteración de la roca. Este tipo de acuíferos es típico de rocas plutónicas donde la roca sana presenta una elevada impermeabilidad pero cuya permeabilidad se incrementa por fracturación y alteración.

La superficie cubierta por granitos es relativamente reducida en Huesca y confinada en batolitos próximos o a caballo de la frontera francesa: Respomuso, Panticosa, Barrosa, Bagüena, Llardana, Montes Malditos. De edad tardihercínica, han sido fracturados por las orogenias hercínica y alpina y presentan grandes fallas subverticales, con desigual distribución.

A partir de algunas de las fracturas importantes, ampliadas por acción glaciaria, se generaron las cubetas que albergan en la actualidad parte de los glaciares y neveros. Resultado directo del glaciario son muchos de los ibones pirenaicos, en especial en la zona de Sallent-Panticosa (Arrieles, Respomuso, Bachimaña, Azules) y Benasque (Batisiells, Literola, Cre güena). La acción glaciaria barrió los posibles depósitos de alteración, refres-

cando la superficie de los batolitos, a diferencia de lo que sucede en zonas como las Guillerics de Girona, Salamanca o Madrid.

Por recarga de aguas de lluvia o fusión nival, y posiblemente también desde los ibones, a través de los sistemas de fracturas se han desarrollado sistemas de acuíferos, aún poco estudiados. La descarga se produce a través de manantiales de caudales modestos. No se han definido áreas de recarga singulares, asociables a manantiales singulares.

Manantiales fríos se conocen en Campoplano, Bachimaña y Remuñé. En general son modestos rezumes que solo se hacen patentes tras lluvias o deshielo y para cuyas aguas puede suponerse un corto recorrido y escaso tiempo de permanencia. En ocasiones, los manantiales quedan enmascarados por masas de derrubios o materiales morrénicos.

Más conocidos son los manantiales termales de los balnearios de Panticosa y Benasque. Con temperaturas de emergencia que no superan los 50 °C, sus aguas descienden algunos kilómetros de profundidad y su tiempo de residencia puede superar la decena de miles de años. Aunque frías y surgiendo en una facies litológica diferente, las aguas de La Puda de Villarrué presentan una facies química del tipo de granitos.

En general las aguas de los granitos presentan una baja mineralización y facies bicarbonatado-sódica. En las manifestaciones termales, con aguas reductoras, se aprecia la presencia de sulfhídrico libre, así como concentraciones elevadas en flúor, boro y metales pesados.

Razones orográficas, bajas producciones y mínima demanda hacen que los acuíferos en granito no sean explotados, excepto en dos balnearios. En Panticosa se han completado dos galerías y un sondeo. El sondeo más antiguo y exitoso es el de Tiberio, cercano a la iglesia y realizado manualmente en la década de 1950. Otra galería, más reciente, se sitúa bajo la fuente de San Agustín y se ha empleado en la accidentada vida de la embotelladora. El sondeo, de aguas surgentes, se marcó junto a la fuente del Carmen.

La dolerita toleítica, también conocida como ofita, es una roca plutónica de color verde oscuro que se encuentra en masas aisladas, de dimensiones reducidas, intruidas en las arcillas evaporíticas del Keuper. Aparecen

desde Guara por Naval, Camporrells, Estopiñán, Purroy de la Solana, Bonansa y Aulet. Habitualmente fracturados, presentan una alteración característica en bolos. Muy poco conocidos a efectos hidrológicos, parecen utilizarse, a través de un pozo, para abastecimiento de Nachá.

ACUÍFEROS KÁRSTICOS

Los acuíferos de tipo kárstico se desarrollan en rocas carbonatadas, calizas y dolomías. También son karstificables los conglomerados calizos y los yesos. La disolución de la roca por el agua de recarga, además de un efecto hidrológico directo, produce un paisaje característico, así como el marco deportivo de los cañones y cavidades.

En el *karst*, el flujo de agua produce la disolución de la roca que la alberga. Las zonas de recarga son relativamente secas, pobres en corrientes de agua y con un paisaje seco, áspero y accidentado, surcado por dolinas y lapiares.

El flujo subterráneo produce ocasionalmente cavidades útiles para la espeleología que permiten acceder a auténticos ríos subterráneos. Las surgencias pueden ser espectaculares por sus bruscas variaciones de caudal.

Las formaciones carbonatadas del Alto Aragón se extienden por una parte sustancial de la provincia y abarcan casi toda su historia geológica. Las masas más importantes pertenecen al Paleozoico (Devónico y Carbonífero), al Mesozoico (Trías, Lías y Cretácico) y al Terciario (Eoceno). Aunque se encuentran dolomías, dominan las calizas, de relativa pureza y buena karstificación. Durante el Oligoceno, consecuencia del desmantelamiento de la cadena pirenaica, se formaron los conglomerados prepirenaicos con cantos predominantemente calizos y cemento calcáreo.

Los acuíferos kársticos del Alto Aragón fueron agrupados por parte del IGME en los sistemas 67 (sinclinal de Jaca) y 68 (sinclinal de Tresp). El sinclinal de Boltaña-Sarsa de Surta actuaría a modo de división entre ambas unidades. Esta agrupación, carente de sentido estructural, es meramente formal en torno a las depresiones intramontañosas derivadas de la mayor erosión diferencial de las margas de las cuencas de Jaca y Graus.

La realidad es más compleja, pues puede definirse un conjunto de unidades paleozoicas y otro de unidades cretácico-eocenas.

Calizas paleozoicas

Las calizas paleozoicas aparecen en el Pirineo axial, en continuidad a ambos lados de la frontera y en zonas de abrupta topografía. Por haber sufrido dos orogenias, presentan un elevado grado de fracturación y complicación estructural.

Aunque poco estudiadas, se identifican varias áreas karstificadas en Candanchú, alto Gállego, Viadós-Estós y valle de Benasque. Situadas en el área más lluviosa de Aragón, con una importante componente nival, la recarga se potencia en los campos de dolinas presentes en todas las zonas señaladas. Las más desarrolladas se encuentran en el Portalet, Soba y Barrancs.

Se conocen varios sumideros, especialmente en Benasque. Además de los sumideros de Bardamina y Renclusa, el más espectacular es el Forau de Aigualluts, que deriva aguas de los glaciares de Aneto-Maladeta y Salenques hacia el valle de Arán. Esta y otras surgencias en la vertiente norte atlántica indican que la divisoria hidrológica subterránea no coincide con la superficial.

Algunos sistemas de transporte subterráneos han sido parcialmente explorados en Aguas Tuertas (Ansó), collado de Estós y especialmente en el alto valle de Benasque: Renclusa, Peña Blanca y Barrancs. Uno de los más interesantes es el que sirve de emisario al lago de Alba. Sus aguas reaparecen en las fuentes del mismo nombre, tras un recorrido en la zona de contacto calizas devónicas-granito.

Además de manantiales bien definidos, como la fuente del Gállego en el Portalet, es posible que parte de la descarga se produzca mediante flujos ascendentes, como indican los sondeos surgentes en Rioseta y Benasque.

Como la demanda de agua de la zona es satisfecha por aguas superficiales y por manantiales sin regular, no se ha trabajado mucho en este tipo de acuíferos. Hay que señalar los estudios en el túnel carretero de Canfranc

y los sondeos para innivación artificial y abastecimiento militar en Candanchú y Cerler.

Calizas cretácicas y eocenas

Existe un gran número de acuíferos en las calizas del Cretácico y Eoceno que cubren una amplia extensión en la mitad norte del Alto Aragón. A efectos descriptivos se pueden diferenciar las unidades pirenaicas y las prepirenaicas, separadas por los materiales terrígenos de las depresiones interpirenaicas, que forman la Canal de Berdún, Val Ancha, Ribera de Fiscal-Fueva y Cuenca de Graus-Benabarre y las depresiones satélites de Arguis, Nocito, Rodellar, Campo y Villacarli.

Los acuíferos en calizas cretácicas y eocenas pirenaicas están muy desarrollados en los pliegues y cabalgamientos que forman el murallón calizo que caracteriza el Pirineo desde La Mesa de los Tres Reyes y Peña Ezcaurri hasta la zona del Turbón y Sopeira.

La red fluvial subdivide diversos macizos: Ezcaurri, Alanos, Peña Forca, Bisaurín, Aspe, Lecherines, Collarada, Telera, Tendeñera, Otal, Monte Perdido, Peña Montañesa, Cotiella, Chía, Turbón, Sopeira. En cada uno de ellos existen uno o varios sistemas kársticos todavía insuficientemente delimitados y conocidos. En la mayor parte de los casos se trata de típicos *karst* alpinos, con un fuerte control estructural, a favor de pliegues anticlinales de vergencia sur.

En general, las diversas unidades tienen un esquema conceptual clásico con accidentadas zonas de alimentación en cotas elevadas, sistemas de cavidades bien desarrolladas y manantiales importantes en las foces y conostos del sistema fluvial.

Las zonas de recarga son pobres en suelos, con abundancia de lapiales, simas y dolinas. Estas últimas, de moderadas dimensiones, pueden encontrarse en Zuriza, Alanos, Castillo de Acher, Collarada, Otal, Ordesa, Cotiella y Turbón. El drenaje superficial es pobre, con sumideros como Gurrundué. Algunos ibones (Samán, Bucuesa, Asnos, Helado de Monte Perdido, Basa de la Mora y Armeña) tienen emisarios subterráneos.

Las características de las zonas de recarga, muy pobres en drenaje superficial, favorecen una rápida infiltración y un elevado porcentaje de lluvia eficaz. Se desconocen la superficie y límites de recarga de la mayor parte de las unidades.

En la mayoría de los macizos calizos se conocen sistemas de cavidades con tramos activos reconocidos por actividades espeleológicas. Por ello, en la información disponible, predominan las redes fósiles sobre las activas. Hay referencias de algunas tinciones, generalmente realizadas para definir conexiones sumidero-surgencia.

Es frecuente la presencia de surgencias espectaculares, acompañadas de *troppleins* y controladas por niveles impermeables de *flysch* o margas. Las más conocidas, por espectaculares, son las de Villanúa, Santa Elena de Biescas (Traconeras y Batanes), Cotatuero, Soaso, Fuenblanca de Añisclo y Escuaín en el Parque Nacional de Ordesa; Fornos en el Irués; San Pedro en el Turbón y San Cristóbal en el Isábena. Fuertemente estacionales, se estima que pueden alcanzar en algunos momentos caudales superiores al metro cúbico por segundo. Es también habitual la presencia de *troppleins*, como El Rebeco en Villanúa y Graners en el Irués. Existe muy poca información sobre los caudales de las surgencias, incluso de las más importantes.

Del conjunto de unidades pueden destacarse las de Larra y Ordesa. La primera es un sistema muy estructurado que confluye hacia Kakueta, en la vertiente francesa. Al noroeste de Zuriza, bajo la hoya de la Solana se encuentran las cabeceras del río subterráneo de San Jorge. En el entorno de Ordesa, existe una serie de sistemas de grandes dimensiones y fuertes gradientes, condicionados por la estructura geológica e influenciados por el glacialismo. En muchos casos, las surgencias aparecen por encima de los cauces actuales.

También existen varios ejemplos de *karst* de mesa en las *klippes* calizas desplazadas sobre materiales impermeables. Peña Montañesa tiene varias surgencias importantes en el contacto con el *flysch* en San Victorián, Moli-niás y Fuente Marina. Esta última puede estar conectada con el *tropplein* del Garonazo. El mismo esquema se repite en los Castillos Mayor y de Acher.

La calidad de las aguas de estas surgencias es, generalmente, de tipo bicarbonatado cálcico con mineralización débil-media y manifiesta presencia de tobas en algunas surgencias, como el espectacular edificio de Santa Elena de Biescas. Se conoce un caso de *termokarst*, la denominada fuente de Puyarruego, en la entrada por Añisclo al Parque Nacional de Ordesa.

Abundantes surgencias en el Pirineo kárstico se utilizan para abastecimiento de poblaciones. Sirva como ejemplo Batanes, en el valle de Lasieso, que se usa para el abastecimiento de Biescas. Canfranc, Escuaín o Aguascalas son también poblaciones que se suministran de aguas kársticas. Se embotellan aguas de este origen en Bisaurri y Vilas del Turbón. En esta última localidad se usan, además, para un balneario de agua fría.

En el Prepirineo se encuentran varios acuíferos kársticos, especialmente relacionados con las calizas de la formación Guara del Eoceno inferior. Son de menor entidad, dada la menor pluviometría. La unidad más desarrollada se encuentra en la Ribagorza oriental, en el entorno del polje de Saganta, relacionada con las lagunas de Estaña y surgencias como Font Rodona de Estopiñán. En la sierra de Guara existen otros sistemas relacionados con los campos de dolinas de Cupierlo que drenan hacia Bastarás y las diversas surgencias del Alcanadre. Algunos *troppleins* tienen cierta espectacularidad (Balaguer y Solencios de Bastarás, Santa Cilia, Morrano y Pedruel). *Vivero* y *mandraula* son términos locales para *tropplein* en Morrano y Purroy de la Solana.

Las características químicas de sus aguas son similares a las pirenaicas. Existe un termalismo moderado en los Baños de Nueno y Alquézar, así como en El Grado, Graus y Puyvert.

Manantiales como la Trinidad de Rasal, Petrolanga, Fuenmayor de San Julián de Banzo, Font Rodona de Estopiñán y otras se utilizan para abastecimiento o riego. En las calizas del Prepirineo se han perforado pozos con éxito en Nueno, San Julián de Banzo, Bierge, Olvena, Tolva, Benabarre, Saganta y Camporrells. También se han producido fracasos en Aniés y Yaso.

ACUÍFEROS DETRÍTICOS

Los acuíferos en materiales detríticos o porosos se caracterizan porque el agua circula entre partículas singulares que pueden estar parcialmente



Fig. 1. Acuíferos kársticos en el Alto Aragón.



Fig. 2. Acuíferos fisurados en el Alto Aragón.

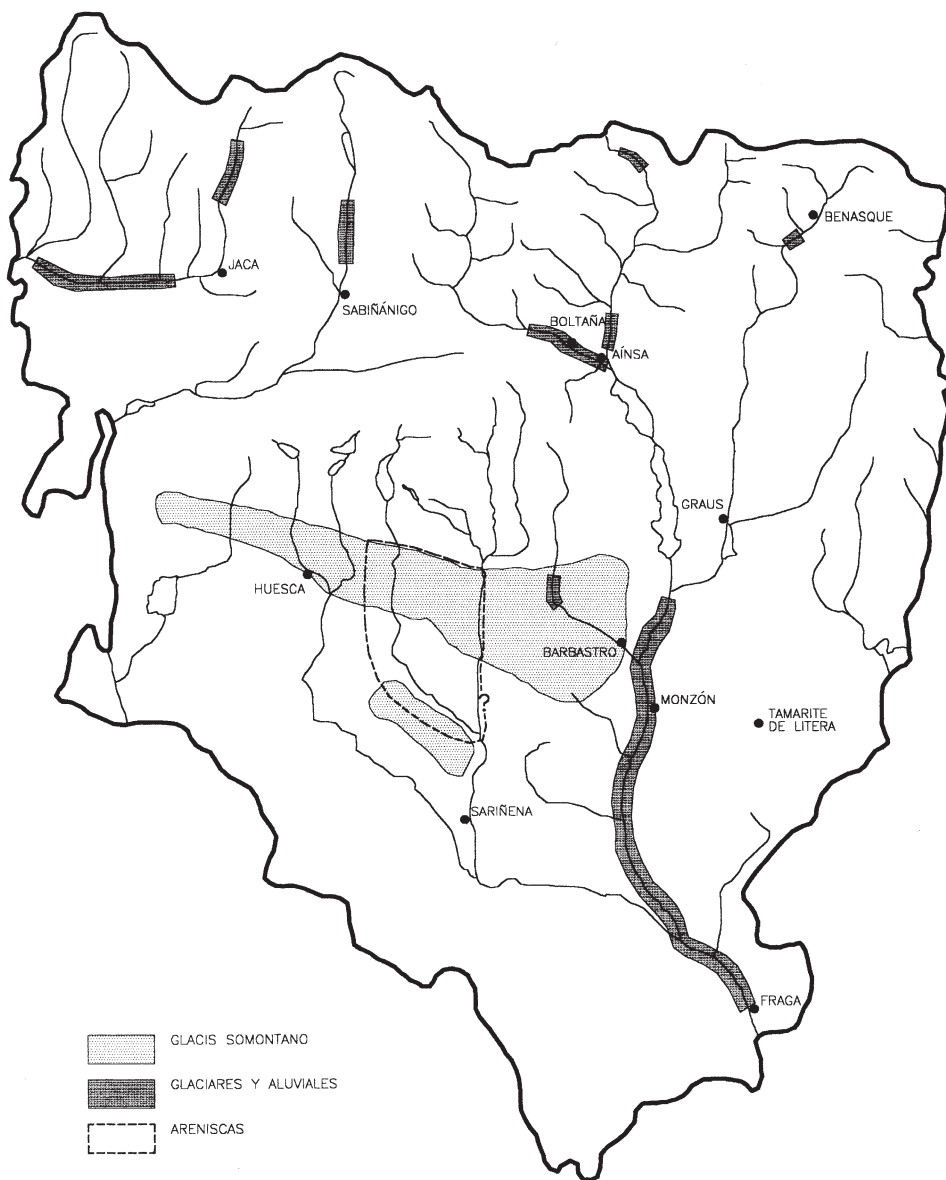


Fig. 3. Acuíferos porosos en el Alto Aragón.

cementadas. Carecen, al contrario de los acuíferos kársticos y fracturados, de conductos preferenciales de flujo.

En el Alto Aragón, los materiales geológicos que albergan estos acuíferos se pueden diferenciar entre consolidados y no consolidados, en función de su cementación. Los primeros, geológicamente recientes, son las morrenas glaciares, terrazas fluviales, glacis de tipo somontano y rellenos de vales. Los segundos son las areniscas periféricas del Mioceno del valle del Ebro.

Materiales no consolidados

1. Morrenas glaciares

En la zona pirenaica se encuentran acumulaciones de materiales detríticos derivados del flujo del hielo durante el Pleistoceno. Son materiales heterométricos, mal clasificados, que presentan grandes bloques, gravas y lentejones de arenas y arcillas. Forman morrenas finales como las de Senegüé y Castiello de Jaca o aparecen en posición lateral, elevados sobre el fondo de los grandes valles, como en el barranco de Arás, Fragen, Duáscaro, Cruz de Guardia, Gistaín, Bisaurri, Cerler y Llauset.

De mayor extensión son los rellenos de base presentes en las cabeceras de los valles pirenaicos, con espesores localmente considerables: Villanúa-Castiello en el Aragón; Biescas-Senegüé en el Gállego; Linás y Planduviar en el Ara; Castejón de Sos en el Ésera; Bono y Vilaller en el Noguera Ribagorzana.

La recarga de agua de estos materiales es directa por lluvia y fusión de nieve, así como la recarga/descarga con los ríos que los atraviesan. En algunos casos parecen recibir agua de acuíferos kársticos o fisurados sepultados bajo las morrenas.

Las morrenas finales, de poca extensión, no tienen importancia práctica. Las laterales, también de limitada extensión, presentan algunos manantiales utilizados por pequeñas localidades como Fragen o para abrevaderos de montaña (Duáscaro, Cruz de Guardia). Los materiales de fondo poseen mayores dimensiones y reservas, con niveles potenciométricos próximos a

la superficie. Como ya se ha señalado, la relación con las aguas superficiales es posiblemente muy intensa. Prácticamente no se utilizan, quizás por la existencia de otros recursos y por la dificultad de conseguir pozos productivos dada la heterogeneidad y baja estabilidad de los materiales, la profundidad irregular del sustrato rocoso y la baja conductividad hidráulica.

2. Depósitos fluviales

Las gravas fluviales constituyen el ejemplo clásico de acuífero detrítico con materiales bien clasificados, buena porosidad intergranular y alta conductividad hidráulica. Evidentemente su génesis está ligada a cursos fluviales, activos o formando terrazas. Estos depósitos se encuentran a lo largo de todos los cursos de agua, con especial desarrollo en Cinca, Noguera Ribagorzana y Gállego, aguas abajo de las sierras exteriores. Además, en las depresiones intramontañas pueden encontrarse depósitos fluviales junto con rellenos mixtos de tipo fluvio-glacial y torrencial.

Su geometría es relativamente sencilla, con límites laterales bien definidos y la base definible, con relativa facilidad, mediante sondeos eléctricos verticales.

Forman acuíferos de tipo libre, alimentados por lluvia pero sobre todo por pérdidas de cauces naturales y de redes de riego. La relación de los situados en cauces activos con las aguas superficiales es importante dado que, durante las avenidas, las aguas superficiales recargan los acuíferos mientras que estos alimentan el caudal de base del río durante los periodos secos. Los acuíferos, topográficamente en resalte, también tienen drenaje difuso lateral, reconocibles por la presencia de freatofitas.

Sus aguas se han captado tradicionalmente mediante pozos y galerías abiertos manualmente para abastecimiento de pequeños núcleos y usos agropecuarios. Sondeos más modernos se utilizan en el abastecimiento de Ayerbe y Sabiñánigo.

Sus aguas suelen ser, en cuanto a sus características químicas naturales, de tipo bicarbonatado cálcico. Pero el intensivo uso, agropecuario y urbano, de su superficie y la alta transmisividad vertical de las gravas favorecen

la contaminación de sus aguas. Es habitual la presencia de elevados niveles de nitratos y microorganismos patógenos. Posiblemente puedan encontrarse otros contaminantes.

3. Glacis

Una parte significativa de la zona meridional de la provincia está cubierta por abanicos aluviales de tipo glacis-somontano, denominados *sasos* y *sardas*. Los depósitos suelen estar formados por gravas aluviales, de origen cercano o heredados, mal clasificados y con abundante matriz terrígena. Localmente están cementados por carbonato cálcico. El espesor total no supera habitualmente las pocas decenas de metros; pueden encontrarse paleorreliieves, especialmente paleocanales, que aumentan la potencia local del depósito. Los límites laterales son relativamente sencillos de definir.

En ellos se encuentran modestos acuíferos, recargados por parte de la precipitación que cae sobre su superficie, pérdidas de cursos superficiales y redes de riego. Generalmente son de tipo libre, con espesores saturados reducidos del orden del metro. Localmente se pueden encontrar confinados por depósitos limosos holocenos, como en Miquera. Pueden definirse decenas de unidades de este tipo, tanto en las depresiones interpirenaicas como en los somontanos y Monegros. Solo ocupan algunos centenares de hectáreas, como los de Huesca, Apiés, Loscorrales, Siétamo, Azlor, Bierge, Salas Bajas, Arcusa o Purroy de la Solana. Pero es evidente la importancia, actual o pasada, de manantiales como las fuentes de Cillas, del Ibón y del Pastor en Huesca, el Aquillán en Ibieca o la que da nombre a la monegrina Cartuja de las Fuentes. Varias de las surgencias se conocen como *ibones*, mientras que las zonas de rezume se denominan *paúles* y eran utilizadas en el pasado para pastoreo comunal de las dulas.

El trabajo en este tipo de unidades es todavía muy incompleto y posiblemente pudieran adscribirse a las mismas fuentes tan emblemáticas como la de Santa Orosia, en Yebra de Basa, y San Medardo de Benabarre.

Algunos cientos de pozos se han excavado en estas unidades, especialmente en el entorno de Huesca. La mayor parte se han realizado con exca-

vadora, hasta el inicio de las margas miocenas, localmente denominado *salagón*. Paredes y galerías horizontales se consolidan mediante tuberías de hormigón de amplio diámetro que actúan también como depósito enterrado.

Una parte de la superficie cubierta por estos materiales ha sido puesta en regadío a lo largo del presente siglo, por los canales de Aragón y Cataluña, Monegros y Cinca, con un incremento sustancial en la recarga y elevación de los niveles potenciométricos. Algunos de los efectos se detectan en la zona de Sariñena. El proceso, al menos parcialmente, parece controlado por la elevada transmisividad lateral y la construcción de drenes.

Sus aguas tienen las mismas características y problemas que las de los acuíferos de tipo fluvial.

4. Rellenos de vales monegrinas

Las vales de fondo plano monegrinas son el resultado del relleno de barrancos con perfil en uve por sedimentos finos de procedencia local. Por recarga local de una pequeña parte de las reducidas precipitaciones, se produce un flujo de agua en la base de los rellenos, manifestado en muchos casos por la presencia de tamarices y otras freatofitas.

Aunque pobres, estos recursos hidráulicos se han utilizado, en pozos de gran diámetro y galerías subterráneas, para explotaciones agropecuarias e incluso para abastecimiento de poblaciones como Castejón de Monegros.

Químicamente responden a la geoquímica de la zona central del Mioceno, el Ebro, con una conductividad media o alta, elevada dureza y facies variables que pueden llegar a ser de tipo de sulfatado-clorurado sódico.

Materiales consolidados

1. Areniscas miocenas

Consecuencia de la paleogeografía miocena del actual valle del Ebro fue la presencia de un importante abanico aluvial cuyo ápice estaba situado en la zona de Alquézar. En su zona media se produjo la acumulación de

importantes depósitos de arenas, con abundantes paleocanales, separados por niveles de arcillas. Estos materiales parcialmente litificados como formación Sariñena conforman el paisaje de una parte significativa de la provincia, desde Montearagón hasta El Tormillo. Sensibles a la erosión, conforman los cortados y montes «tubo» de Gabarda, Piracés y Alberuela de Tubo.

En estos materiales, recubiertos parcialmente por los glaciares del Somontano, se encuentra un acuífero, posiblemente multicapa. Los niveles conductivos serían los de arenas, limitados por las capas de lutitas. El límite natural por el oeste parece estar en la línea Monflorite-Albero Alto. Por el este tal vez limite con el Alcanadre, aunque pudiera prolongarse hacia el Cinca. En la recarga pueden intervenir, además de los sasos suprayacentes, posibles pérdidas, sin confirmar, del Botella y el Guatizalema.

Es posible que existan niveles confinados, a la vista de los artesianismos detectados en Monflorite y Callén. Se han perforado algunas decenas de sondeos por rotopercusión, del orden de un centenar de metros, en Novales, Sesa y Blecua. La productividad es limitada, con descensos de varias decenas de metros del nivel potenciométrico para tiempos cortos y bombeos de unos pocos litros por segundo. Los rendimientos sostenibles no parecen adecuados para riegos de tipo extensivo, pero pueden sostener explotaciones pecuarias alejadas de las redes de riego o urbanas.

Las aguas tienen una mineralización débil-media, de tipo bicarbonatado cálcico.

La presencia de arenas no consolidadas, en sondeos a testigo continuo, en las cercanías del repetidor de Piracés plantea la posibilidad de que la cementación de las areniscas sea solo superficial, como resultado de la precipitación del carbonato cálcico por efecto directo de la evaporación en afloramientos difusos.

2. Yesos monegrinos

En las plataformas yesíferas del centro del valle del Ebro, a caballo entre Bujaraloz y Candanos, existe una unidad compleja asociada a las

lagunas endorreicas monegrinas. Aflorada inicialmente en pozos manuales, se ha obtenido más información por sondeos realizados con motivo de los trabajos previos de los regadíos de Monegros II.

La recarga puede ser local, aunque se ha planteado la hipótesis de un origen pirenaico. El barranco de La Valcuerna actúa como dren.

Son aguas con rasgos de salmueras, de tipo sulfatado y clorurado sódico, con conductividades superiores a las del agua de mar.

ACUITARDOS

El resto de las unidades geológicas del Alto Aragón pueden considerarse como acuitardos, en sentido genérico. Entre ellas se hallan los niveles lutíticos del Paleozoico, las arcillas del Keuper y del Garum, las margas grises, el *flysch* y las areniscas del Eoceno, las margas rojas de Olsón y los conglomerados oligocenos, así como las arcillas del Mioceno.

A pesar de una baja permeabilidad general, localmente pueden almacenar y conducir agua. Se exponen a continuación algunos ejemplos.

Evaporitas, arcillas y calizas del Trías

Asociados a los diversos diapiros y afloramientos del Keuper, existen manantiales salados. Algunos han sido utilizados para beneficio de sal y aparecen toponímicamente reflejados por la franja central de la provincia desde Salinas de Jaca, Nueno, Vadiello, Chasa de Rodellar, Naval, Salinas de Hoz y de Trillo, Estada, Aguinaliu, Juseu, Estaña y Camporrells.

Existe muy poca información sobre estos acuíferos, donde posiblemente los elementos conductivos sean las calizas grises tableadas del Muschelkalk. Los caudales son modestos.

Las aguas tienen facies sulfato-clorurado sódica, con mineralización media a elevada. Se utilizan para obtención de sal en Naval y Peralta de la Sal. También se han usado con fines terapéuticos en los balnearios de Estadilla y Camporrells. Las aguas de Naval presentan un ligero termalismo.

Conglomerados prepirenaicos

Aunque los conglomerados prepirenaicos calizos pueden también karsificarse, en el Alto Aragón solo actúan como conductos finales de sistemas desarrollados en calizas, como Solencio de Bastarás. En general son impermeables, aunque conducen algo de agua y producen los rezumes de las ermitas de San Julián de Lierta, San Martín de la Val d'Onsera y San Cosme y San Damián.

Otras manifestaciones de menor interés

Surcadas por numerosas cárcavas, las margas grises del Eoceno forman las depresiones intrapirenaicas más importantes, desde la Canal de Berdún hasta Campo y Roda de Isábena. Aunque se pueden considerar como impermeables, es posible detectar pequeños flujos de agua a través de algunas de las fracturas que las cortan.

En la confluencia del Aurín con el Gállego, algunos pozos de unas pocas decenas de metros permiten considerar la existencia de un acuífero de características y extensión desconocidas. Es posible que sea recargado por la red local de riego.

En el Ésera, entre Graus y Morillo de Liena, existen fuentes de cierta entidad, como la que surge en el barranco de San Martín de Caballera y abastece a Santaliestra.

Salvo en este último caso, estas aguas no tienen importancia práctica. En el pasado tuvieron un uso terapéutico en los balnearios de Arro y Tiermas, fuente de Matamoros (Senegüé) y Baños de Assoveral.

Pueden ser aguas reducidas, con olor a sulfhídrico debido a la presencia de materia orgánica y sulfatos en las margas. La salinidad es variable; pueden calificarse como salmueras en algunos rezumes.

Ligeramente más reciente, el *flysch* Eoceno forma las suaves sierras, desde Ansó a Jánovas, en la transición desde las murallas calcáreas pirenaicas hasta las canales margosas. Este material se caracteriza por una alternancia decimétrica de materiales duros y blandos, así como por sus com-

plicados pliegues de pequeña escala. Algo de agua circula por estos materiales, formando rezumes que fueron terapéuticamente utilizados en la Ribera de Fiscal, por la presencia de azufre de origen bacteriano.

Por último, pueden señalarse las modestas manifestaciones hídricas en la formación Campodarbe (fuentes del Monrepós, Bonés y Molino Escartín), en las margas y areniscas de la Fm. Belsué (Fuendediós de Lecina, Fuente de Pila en Rodellar, Fuente de Otín, etc.) y el Estefano Pérmico pirenaico. En estos casos el flujo de agua se realiza a favor de capas de areniscas.

CONCLUSIONES

Es evidente que la riqueza hidrogeológica del Alto Aragón es comparable a sus valores biológicos, paisajísticos y de patrimonio cultural. A pesar de ello y del evidente interés práctico, el grado de conocimiento de estas unidades se puede calificar de francamente bajo.

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo resume las observaciones efectuadas en campo a lo largo de un dilatado periodo de tiempo. Parte de ello ha sido realizada en trabajos de investigación financiados por el Instituto de Estudios Altoaragoneses, la Diputación Provincial de Huesca y la Universidad de Zaragoza. También ha colaborado un amplio número de profesores y alumnos de la Escuela Universitaria de Huesca. Por último, el conocimiento del territorio no hubiera sido posible sin los programas deportivos y la compañía y experiencia de los montañeros de Peña Guara.

DETERMINACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL EN LA PROVINCIA DE HUESCA¹

Rafael Carmelo DÍAZ ARA²
Dolores FERNÁNDEZ ROMERA³

RESUMEN.—Se han determinado varios parámetros físico-químicos relacionados con la calidad de la miel en 50 muestras de la provincia de Huesca, tomadas entre 1997 y 1998. Los valores encontrados no superan los niveles máximos permitidos por las legislaciones aragonesa y española, por lo que cabe deducir que la calidad es excelente en relación con los parámetros estudiados, excepto para el HMF en algunas muestras.

ABSTRACT.—Several physical-chemical parameters related to the quality of the honey in 33 samples of the province of Huesca, taken between 1997 and 1998, have been determined. The obtained values do not exceed the maximum levels permitted by the legislations of Aragon and Spain, therefore it can be deduced that the quality is excellent in comparison to studied parameters, except for the HMF in some samples.

KEY WORDS.—Honey, physical-chemical parameters, quality, legislation, Huesca.

¹ Este trabajo ha sido subvencionado por el Instituto de Estudios Altoaragoneses.

² Escuela Universitaria Politécnica de Huesca. Departamento de Química Analítica. Ctra. Zaragoza, s/n. E-22071 HUESCA.

³ Ingeniero técnico en Explotaciones Agropecuarias.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el consumo de productos alimentarios ha experimentado una serie de cambios importantes. Uno de ellos es la información que el consumidor tiene sobre los niveles de calidad, contenido nutritivo, etc. Esta información es automáticamente asimilada con una determinada marca a la que el consumidor recurre habitualmente.

Así, las distintas categorías de alimentos, que hasta hace pocos años eran bienes homogéneos e indiferenciados, sufren un proceso de diferenciación y ordenación, conseguido mediante investigación, promoción y publicidad y cuyos costes representan un porcentaje cada vez más importante en la estructura de las empresas de transformación y distribución de alimentos.

Por ello, las Denominaciones de Origen representan un reto económico, cuya importancia puso de manifiesto la Comisión Europea, al presentar en 1988 el *Libro blanco sobre la consecución del mercado interior*, con una comunicación al Consejo y al Parlamento sobre la legislación comunitaria de los productos alimentarios que incluye cinco párrafos acerca de las especificaciones de calidad. Ya en España, y en concreto en Aragón, existe legislación sobre los requisitos necesarios para la obtención de la marca C de calidad alimentaria para la miel (*Boletín Oficial de Aragón*, 1991).

La miel es un producto alimentario tradicional y a cuya producción se dedica un considerable número de apicultores en la provincia de Huesca. El presente trabajo pretende determinar algunos parámetros analíticos, contemplados en las legislaciones nacional y aragonesa, sobre la calidad de la miel (*Boletín Oficial del Estado*, 1986; *Boletín Oficial de Aragón*, 1991) para evaluar posteriormente su calidad.

Los límites establecidos por las dos legislaciones en cuanto a los parámetros analizados en el presente trabajo quedan reflejados en la tabla I.

Tabla I. Límites máximos permitidos por la legislación sobre la calidad de la miel.

	Norma española	Norma aragonesa
Humedad (%)	20	18
Cenizas (%)	0,6	0,6
Cond. eléct. (mS·cm ⁻¹)	4,5	4,5
HMF (mg/100g)	40	30
Acidez libre (meq/kg)	40	40

Las muestras se han tomado in situ. Para contactar con los apicultores que las han suministrado se ha contado con la ayuda de la Asociación ADS de Barbastro, que ha facilitado el listado de sus asociados. Se comenzó a tomarlas a finales de diciembre de 1997 y se finalizó a mediados de marzo de 1999. Las determinaciones analíticas se han llevado a cabo durante ese período en los laboratorios de Química Analítica de la Escuela Universitaria Politécnica de Huesca. Todos los parámetros se han determinado tres veces para cada muestra. Los datos que aparecen en las tablas correspondientes son los valores medios para tres determinaciones.

PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

Instrumentación, material y reactivos

Espectrofotómetro de absorción UV-visible, modelo Unicam UV-2; medidor de pH/mV Orion, modelo 920 A; conductímetro Analytical Control, modelo 120; mufla y estufas de desecación; cápsulas de porcelana; material de vidrio de uso general, y reactivos de calidad analítica.

Toma de muestras

La procedencia de las muestras aparece en la tabla II. La fecha que figura es aquella en la que el apicultor ha envasado la miel.

Tabla II. Procedencia de las muestras altoaragonesas de miel.

MUESTRA	LOCALIDAD	TIPO DE MIEL	FECHA	OBSERVACIONES
1	EL GRADO	MIL FLORES	SEP. 1997	Mezclada y calentada al sol
2	BISCARRUÉS	MIL FLORES	SEP. 1997	
3	BISCARRUÉS	MIL FLORES	SEP. 96-97	
4	IBIECA	MIL FLORES	SEP. 1997	
5	GURREA DE GÁLLEGO	ROMERO	MAY. 97	
6	ALMUDÉVAR	MIL FLORES	SEP. 97	
7	ALMUDÉVAR	ROMERO	MAY. 97	
8	ANIÉS	MIL FLORES	SEP. 97	
9	AYERBE	MIL FLORES	JUN. 97	
10	LOARRE	MIL FLORES	AGOS. 97	
11	TRINIDAD, TURUÑANA, LOARRE...	MIL FLORES	OCT. 97	

MUESTRA	LOCALIDAD	TIPO DE MIEL	FECHA	OBSERVACIONES
12	BOLEA	ROMERO	ABR. 97	
13	ARDISA, PIEDRAMORENA, ERÉS	ROMERO	ABR. 97	
14	TRINIDAD, BOLEA	MIL FLORES	JUN. 97	
15	ALBERUELA DE LA LIENA	MIL FLORES	SEP. 97	Mala cristalización Calentada
16	BUERA	MIL FLORES	SEP. 95	
17	ALQUÉZAR	MIL FLORES	MAY. 97	
18	HUERTA DE VERO	ROMERO	ABR. 97	
19	HUERTA DE VERO	MIL FLORES	MAY. 97	
20	HUERTA DE VERO	NECTAR	SEP. 97	Sudoraciones
21	HUESCA	MIL FLORES	JUN. 97	
22	HUESCA	ROMERO	MAY. 97	
23	HUESCA	MIELATO	SEP. 97	
24	HUESCA	MIL FLORES	SEP. 97	
25	HUESCA	MIL FLORES	SEP. 97	
26	LAGUNARROTA	MIL FLORES	SEP. 97	
27	SARIÑENA	MIL FLORES	SEP. 97	
28	BINÉFAR	ROMERO	MAY. 97	
29	BINÉFAR	GIRASOL	SEP. 97	
30	BINÉFAR	ROMERO	MAY. 97	
31	BINÉFAR	ROMERO-TOMILLO	MAY. 97	
32	BINÉFAR	MIL FLORES	SEP. 97	
33	BINÉFAR	ROMERO	MAY. 97	
34	BARBASTRO	MUCHO ROMERO	MAY. 98	
35	BARBASTRO	ROMERO	MAY. 98	
36	BARBASTRO	MIL FLORES	SEP. 98	Girasol Colmena fija
37	BARBASTRO	MIL FLORES	NOV. 98	
38	LECINA	ROMERO	MAY. 98	
39	LECINA	MIL FLORES	SEP. 98	
40	BARBASTRO	MIL FLORES	SEP. 98	
41	BARBASTRO	ROMERO	MAY. 98	
42	AÍNSA	MIL FLORES	SEP. 98	
43	VARIAS ZONAS	ROMERO	MAY. 98	
44	VARIAS ZONAS	EUCALIPTO	SEP. 98	
45	VARIAS ZONAS	MIL FLORES	SEP. 98	
46	BIERGE	ROMERO	MAY. 98	
47	BIERGE	MIL FLORES	SEP. 98	
48	BARBASTRO	ROMERO	MAY. 98	
49	CASTIGALEU	ROMERO	MAY. 98	
50	CAGIGAR	MIL FLORES	SEP. 98	

Determinación de humedad

El contenido de agua en la miel está relacionado con factores como el clima y la humedad ambiental, zona geográfica, proximidad y abundancia

de la zona de néctar y las prácticas agrícolas. Por ejemplo, en Estados Unidos se ha comprobado que las mieles producidas en la zona oeste tenían menos agua que las correspondientes a las zonas del este y del norte. Ello se debe a características estacionales de las zonas de producción (WHITE *et al.*, 1962). Existen también diferencias en el contenido de agua según el origen floral (PERSANO y AMORINI, 1985). Las de madroño presentan una humedad mayor, mientras que las de girasol, rododendro, esparceta y la miel de mielato tienen tendencia a ofrecer valores más bajos.

Es un dato esencial, pues, una vez conocido, se puede prever la existencia de transformaciones posteriores, condicionantes para la conservación del producto, posible fermentación, peso específico o forma de cristalización. Por último, el contenido de agua afecta al sabor, calidad y, en definitiva, al valor comercial de la miel.

Por otra parte, ha de tenerse en cuenta que la miel es un producto higroscópico y por ello puede variar su contenido de agua hasta alcanzar el equilibrio con la humedad ambiental. Los intercambios de humedad con la atmósfera constituyen, en principio, un fenómeno de superficie pero con una difusión progresiva hacia el interior de la masa. En la miel cristalizada el intercambio es mucho más lento por estar dificultados estos fenómenos de difusión interna.

Para determinar la cantidad de agua en la miel se efectúa una medida del índice de refracción, a 20 °C, seguida de la conversión en porcentaje de humedad utilizando las tablas de Chataway (HART, 1991). El contenido de humedad puede variar entre el 13 y el 25%, pero el límite de la norma española es del 20%. Los valores obtenidos a 20 °C, expresados en tanto por ciento, han sido los que aparecen en la tabla III.

Tabla III. Resultados en la determinación de contenido de humedad en miel.

Nº de muestra	Índice de refracción	Humedad
1	1,4997	14,80
2	1,5043	13,12
3	1,5020	13,92
4	1,5008	14,36
5	1,4996	14,80
6	1,5012	14,20
7	1,4970	15,84

Nº de muestra	Índice de refracción	Humedad
8	1,5002	14,60
9	1,5002	14,60
10	1,4992	15,00
11	1,4962	16,23
12	1,5034	13,43
13	1,4987	15,20
14	1,4962	16,24
15	1,4993	15,03
16	1,4961	16,28
17	1,5031	13,61
18	1,5001	14,65
19	1,4987	15,21
20	1,4995	14,90
21	1,5047	13,24
22	1,5029	13,55
23	1,4858	16,21
24	1,4948	16,72
25	1,4985	15,26
26	1,4938	17,07
27	1,4958	16,31
28	1,5019	13,95
29	1,4963	15,98
30	1,5037	13,25
31	1,4996	14,82
32	1,4997	14,88
33	1,4957	16,34
34	1,5028	13,45
35	1,5026	13,69
36	1,5018	13,98
37	1,5028	13,61
38	1,5028	13,61
39	1,5015	14,10
40	1,5032	14,35
41	1,5029	13,55
42	1,5008	14,34
43	1,5018	13,94
44	1,5001	14,65
45	1,5018	13,94
46	1,5001	14,34
47	1,5007	14,38
48	1,4999	14,71
49	1,5038	13,18
50	1,4998	14,75

Determinación de cenizas

El contenido total de elementos minerales (cenizas) en la miel puede ser muy variable, con valores inferiores al 0,1% para mieles de origen floral y 1% o valores incluso superiores para las de mielato (cuyo origen es indirecto: ciertos himenópteros excretan un líquido dulce que es recolectado por las abejas y que da lugar a la miel de mielato). En pequeña cantidad tienen alto valor biológico, al encontrarse en forma de sales fácilmente asimilables por el organismo. El potasio representa un tercio de las cenizas totales, seguido del calcio, magnesio y sodio. La composición final de elementos minerales en la miel depende de muchas variables, pero se puede considerar que se modifica en función de los siguientes factores: a) existencia de los mismos en el suelo o en la atmósfera; b) absorción específica de ciertos nutrientes; c) mecanismos de secreción en las células del néctar y velocidad de transporte iónico; d) presencia del polen, y e) manipulación, filtrado, materiales usados, etc. por parte del apicultor.

Los elementos minerales de la miel también han sido utilizados para detectar contaminaciones inorgánicas (JONES, 1987) y como indicador ambiental (FERNÁNDEZ *et al.*, 1994).

La determinación de este parámetro se realiza mediante la calcinación de la muestra a 550 °C y la posterior pesada del residuo hasta que el peso es constante. Este procedimiento requiere un considerable tiempo de manipulación de la muestra hasta la determinación definitiva, por lo que varios autores han propuesto la sustitución de este método por la medida de la conductividad eléctrica, de evaluación más sencilla. Sin embargo, aunque existe una buena correlación entre ambos métodos, hay diferencias significativas en cuanto a lo que realmente se determina en cada uno de ellos, por cuanto que la determinación de cenizas por calcinación sirve para estimar las materias solubles e insolubles en agua, tales como silicatos y carbonatos, mientras que con las medidas de conductividad se detectan solamente las sustancias solubles en agua.

Los resultados obtenidos, expresados en tanto por ciento, se muestran en la tabla IV.

Tabla IV. Resultados obtenidos en la determinación de cenizas (P_2 , peso de la cápsula vacía; P, peso de la cápsula con miel, y P_1 , peso de la cápsula con las cenizas).

Nº de muestra	P_2	P	P_1	Cenizas
1	2,3010	7,3022	2,3041	0,06
2	2,2844	7,2849	2,2873	0,06
3	2,3122	7,3137	2,3148	0,05
4	2,3331	7,3319	2,3362	0,06
5	2,3055	7,4225	2,3061	0,10
6	2,3057	7,3392	2,3149	0,18
7	2,3114	7,3428	2,3162	0,10
8	2,2986	7,4091	2,3076	0,18
9	2,2848	7,4213	2,2933	0,17
10	2,2942	7,3633	2,3003	0,12
11	2,3048	7,5204	2,3088	0,08
12	2,2878	7,2993	2,2906	0,05
13	2,2794	7,3941	2,2837	0,08
14	2,3436	7,3507	2,3506	0,14
15	2,3014	7,3497	2,3046	0,06
16	2,3173	7,3113	2,3210	0,07
17	2,3131	7,3182	2,3175	0,09
18	2,3120	7,3507	2,3137	0,03
19	2,2882	7,3082	2,3137	0,03
20	2,2926	7,3789	2,3060	0,26
21	2,3227	7,3968	2,3299	0,14
22	2,3143	7,6794	2,3199	0,10
23	2,3063	7,4761	2,3179	0,22
24	2,2956	7,3022	2,3107	0,10
25	2,2977	7,3030	2,3058	0,12
26	2,3049	7,3057	2,3076	0,05
27	2,2989	7,3119	2,3012	0,05
28	2,2976	7,3019	2,3001	0,06
29	2,2679	7,2695	2,2703	0,05
30	2,2664	7,2685	2,2707	0,09
31	2,2681	7,2733	2,2736	0,11
32	2,2669	7,2685	2,2708	0,08
33	2,8116	7,2868	2,8142	0,06
34	2,3843	7,3877	2,3897	0,11
35	2,3374	7,3384	2,3645	0,08
36	2,3646	7,3649	2,3663	0,05
37	2,3312	7,3522	2,3563	0,10
38	2,4038	7,4077	2,4105	0,13

Nº de muestra	P ₂	P	P ₁	Cenizas
39	2,2744	7,3864	2,3884	0,04
40	2,3099	7,3102	2,3131	0,06
41	2,3113	7,3081	2,3271	0,12
42	2,2888	7,2897	2,2909	0,04
43	2,3602	7,3603	2,3648	0,09
44	2,3751	7,3745	2,4040	0,09
45	2,5355	7,5353	2,5493	0,07
46	2,6722	7,6729	2,6770	0,10
47	2,2698	7,2704	2,2739	0,08
48	2,3130	7,3146	2,3182	0,10
49	2,2885	7,2889	2,2906	0,04
50	2,3125	7,3129	2,3152	0,05

Determinación de la conductividad eléctrica

Una disolución de miel ofrece una determinada capacidad para conducir la corriente eléctrica, que se encuentra directamente relacionada con el contenido en sustancias capaces de conducirla, como los ácidos orgánicos, las proteínas y especialmente los iones disociados de las sales minerales. Otros elementos conductores son azúcares y polioles (ACCORTI *et al.*, 1986).

La medida de la conductividad eléctrica de la miel, al igual que el contenido en cenizas, nos orienta sobre los orígenes (floral o mielato) e incluso permite detectar si ha habido alimentación artificial. Existe una relación entre la conductividad eléctrica y el contenido en sustancias minerales (ORTIZ, 1992; ORTIZ *et al.*, 1995), estudiada por diversos investigadores. Igualmente se conoce la correlación entre la conductividad en materia húmeda (10 g de miel en 74 g de agua) y disoluciones al 20% en materia seca (SANCHO *et al.*, 1991).

Se mide la conductividad eléctrica de una disolución de miel al 20% de materia seca a 20 °C, expresando la conductividad en milisiemens·cm⁻¹ (mS·cm⁻¹). Para superar la norma deberá ser inferior a 4,5. En la tabla V se muestran los resultados obtenidos.

Tabla V. Datos de conductividad eléctrica obtenidos en el análisis de miel.

Muestra	Conductividad	Muestra	Conductividad
1	0,368	26	0,252
2	0,375	27	0,180
3	0,366	28	0,199
4	0,387	29	0,155
5	0,115	30	0,267
6	0,151	31	0,310
7	0,260	32	0,223
8	0,293	33	0,181
9	0,143	34	0,116
10	0,263	35	1,406
11	0,354	36	0,233
12	0,232	37	0,571
13	0,231	38	0,271
14	0,409	39	0,215
15	0,343	40	0,766
16	0,223	41	0,149
17	0,247	42	0,142
18	0,049	43	0,209
19	0,311	44	0,434
20	0,274	45	0,362
21	0,105	46	0,174
22	0,203	47	0,185
23	0,440	48	0,183
24	0,147	49	0,441
25	0,425	50	0,267

Determinación del hidroximetilfurfural

La miel, como producto azucarado, es también susceptible de transformaciones y envejecimiento que afectan a las características organolépticas, terapéuticas, antisépticas, enzimáticas y vitamínicas. El envejecimiento natural y el calentamiento incrementan las cantidades de hidroximetilfurfural (HMF) y se favorece en mieles con mayor acidez (LEE & NAGY, 1988). Esta propiedad hace que el contenido de HMF sea utilizado como indicador de la pérdida de calidad de la miel. La curva de formación del HMF en función del tiempo no es lineal. Se ha estudiado la cinética de la reacción y

los últimos trabajos publicados indican que puede ser autocatalítica de segundo orden o exponencial de primer orden (SHALLENBERGER & MAT-TICK, 1983; IBARZ *et al.*, 1989). El HMF es el resultado de la descomposición de monosacáridos (especialmente de la fructosa) en medio ácido. Las mieles frescas suelen tener un contenido de HMF comprendido entre 0,06 y 0,20 mg / 100 g. Para que los contenidos de HMF estén dentro de la norma española deben tener un máximo de 40 mg / 100 g de miel. Su determinación se realiza en la zona del ultravioleta, por medidas de absorbencia a 284 y 336 nm. Los resultados, expresados en mg / 100 g, aparecen reflejados en la tabla VI.

Tabla VI. Valores encontrados en la determinación de hidroximetilfurfural.

Nº de muestra	HMF	Nº de muestra	HMF
1	522,85	26	28,61
2	29,22	27	26,05
3	29,51	28	27,28
4	26,34	29	32,39
5	27,98	30	38,44
6	22,64	31	26,88
7	26,74	32	25,41
8	23,32	33	29,01
9	23,45	34	12,28
10	26,36	35	23,65
11	27,39	36	38,85
12	25,04	37	8,50
13	20,57	38	20,02
14	27,91	39	15,51
15	28,99	40	18,53
16	21,20	41	22,22
17	26,53	42	51,98
18	24,21	43	45,29
19	27,34	44	19,77
20	28,66	45	12,58
21	27,99	46	23,65
22	30,05	47	30,04
23	34,34	48	9,89
24	26,27	49	15,87
25	31,05	50	29,88

Determinación de la acidez

Todas las mieles presentan reacción ácida, carácter que tiene un marcado efecto en el sabor. El pH de la miel presenta unos valores medios de 3,91 para las mieles florales y de 4,45 para las de mielato. Existen marcadas diferencias entre las mieles de origen floral y las de mielato. Estas últimas son ricas en elementos minerales y muestran valores altos de pH (CRANE, 1975). Algunos tipos de miel presentan unas características diferenciales según el origen floral (GRANDI *et al.*, 1980). Estas mieles, por sus características naturales, poseen una acidez elevada y sobrepasan los límites legales. Se han estudiado las determinaciones de acidez en materia seca y húmeda y se ha demostrado que, estadísticamente, conducen a resultados similares. Igualmente se ha analizado la evolución del pH en mieles del País Vasco (SANCHO *et al.*, 1990) y se han encontrado valores medios de 4,10 y disminuciones con el tiempo que obedecen a la ecuación $\text{pH} = 4,13 - 0,01 \cdot n^\circ$ de meses (siendo $R = 0,9934$ el coeficiente de correlación). La acidez contribuye, junto con los azúcares, peróxido de hidrógeno y otros factores, a dar estabilidad microbiológica al producto final. En la miel se distinguen tres tipos de acidez: libre, láctónica y total.

La acidez libre valora principalmente los ácidos orgánicos libres presentes en la miel. El más importante es el glucónico, que se forma a partir de la glucosa por acción del enzima D - glucosa oxidasa. El resto de los ácidos orgánicos pueden ser de origen animal (como el ácido fórmico) o provenientes de las plantas libadas (como el cítrico, málico, oxálico o succínico). Los ácidos orgánicos que se encuentran en forma de lactonas constituyen la acidez láctónica. Esta supone una reserva potencial de acidez, ya que, cuando la miel se alcaliniza, las lactonas originan los ácidos correspondientes. La suma de los dos tipos de acidez conforma la acidez total.

Se ha llevado a cabo una valoración ácido-base para la determinación de la acidez libre y láctónica, obteniendo primero el pH o acidez actual de la miel. La acidez libre se determina por valoración potenciométrica con una base hasta $\text{pH} = 8,5$; el valor límite es de 40 meq/kg según la norma española. La acidez láctónica se analiza por valoración retroceso, hasta alcanzar un $\text{pH} = 8,3$. Los resultados que se han obtenido se muestran en la tabla VII y se expresan en meq/kg.

Tabla VII. Valores obtenidos en la determinación de los distintos tipos de acidez de la miel.

Muestra	pH	Acidez libre	Acidez lactónica	Acidez total
1	4,33	20,85	3,16	24,84
2	4,04	15,63	1,79	17,42
3	3,61	21,88	3,85	25,73
4	4,60	20,52	2,48	22,99
5	3,91	24,24	2,65	26,88
6	3,88	12,22	3,32	15,55
7	4,12	10,55	3,33	13,88
8	4,41	18,37	1,98	20,37
9	4,07	11,41	2,66	14,08
10	3,91	19,90	5,21	25,11
11	3,82	30,15	1,98	32,13
12	4,39	10,75	3,17	13,93
13	4,09	11,09	3,35	14,44
14	4,18	21,90	1,99	23,89
15	4,07	19,75	2,16	21,90
16	3,85	17,16	1,49	18,58
17	4,11	13,82	3,12	16,94
18	4,16	10,20	1,77	11,96
19	4,11	19,64	3,08	22,73
20	4,40	31,82	2,27	33,65
21	4,12	21,00	6,00	27,00
22	4,07	14,85	2,28	17,13
23	3,98	19,97	2,95	22,92
24	3,76	20,99	2,95	23,95
25	4,01	17,99	4,30	22,29
26	4,08	19,17	2,11	21,28
27	3,68	19,89	1,40	21,29
28	3,64	20,38	2,92	23,29
29	3,74	15,75	6,12	21,87
30	3,77	20,55	1,91	22,46
31	4,20	20,71	1,90	22,62
32	3,89	16,75	5,45	22,20
33	3,89	16,75	4,27	22,84
34	4,06	20,05	5,44	25,49
35	3,60	17,56	7,97	25,52
36	4,79	21,71	2,41	24,12
37	4,09	19,24	4,78	24,01

Muestra	pH	Acidez libre	Acidez lactónica	Acidez total
38	4,27	24,15	1,59	22,74
39	4,20	17,05	3,12	20,17
40	4,69	17,89	5,49	23,38
41	4,20	19,85	2,95	22,79
42	4,46	18,20	2,78	20,97
43	4,33	20,34	2,61	22,94
44	4,31	17,23	2,61	19,84
45	4,30	18,35	2,10	20,45
46	4,13	19,04	2,61	21,65
47	3,95	16,40	4,30	20,71
48	3,92	18,54	3,12	21,66
49	4,12	22,78	2,78	25,56
50	3,99	19,53	5,50	25,03

CONCLUSIONES

Se han determinado por triplicado cinco parámetros físico-químicos relacionados con la calidad de la miel: humedad, cenizas, pH, acidez (libre, lactónica y total), conductividad eléctrica e hidroximetilfurfural, para 50 muestras de miel de distintas poblaciones de la provincia de Huesca.

En cuanto al contenido de humedad, todas las muestras cumplen con las legislaciones nacional y aragonesa; todos los resultados obtenidos están dentro de los límites esperados. Se puede apreciar cierta uniformidad en las últimas mieles analizadas, procedentes todas ellas de la zona de Barbastro, por lo que se pone de manifiesto la importancia de la zona geográfica en cuanto al contenido de humedad en la miel.

Observando los resultados tanto de contenido en cenizas como de conductividad eléctrica, se aprecia que los valores obtenidos son muy bajos, lo que indica por una parte un pequeño contenido en elementos minerales en las mieles analizadas y por otra una buena manipulación por parte del apicultor en cuanto a limpieza en el momento de extracción de las distintas mieles. Ninguna de las muestras analizadas supera los límites establecidos. Varias muestras, como la número 20, procedente de Huerta de Vero, y la número 23, de Huesca, presentan unos valores algo más altos que el resto.

Estas mieles son de mielato y por sus condiciones naturales presentan un contenido de elementos minerales mayor. La número 36, de Barbastro, tipificada como miel de girasol, también registra un valor superior, debido a que al ser una planta muy esquilante absorbe en gran cantidad los elementos presentes en el suelo y este contenido en elementos minerales queda reflejado en la miel extraída; la muestra número 37 proviene de una colmena fija, por lo que suelen quedar restos de mieles de anteriores cosechas, alterando así el contenido de los distintos elementos de la miel.

En cuanto al pH y la acidez, todas las muestras presentan valores aceptables para las dos normas; ninguna de las muestras ha superado los valores máximos fijados por ambas normas. Hay dos muestras, la 20 (de Huerta de Vero) y la 11 (de Loarre), que registran un valor algo más alto que el resto, la primera debido a su origen (mielato).

En cuanto a los resultados obtenidos de HMF, se puede apreciar que los valores obtenidos son algo elevados para tratarse de mieles artesanales; ello se debe al tiempo transcurrido desde la extracción de la miel hasta la determinación analítica, por lo que el contenido en HMF fue aumentando de forma natural. También hay que reseñar que algunos apicultores calientan la miel para facilitar su manipulación y este hecho también incrementa los niveles de HMF. Se aprecian dos muestras que no cumplen con la legislación española y ocho con la aragonesa, al ser esta más exigente.

Para establecer una conclusión definitiva acerca de la calidad de las mieles analizadas de la provincia de Huesca se deberían tener más datos de otros parámetros de tipo físico-químico y biológico que no han sido objeto del presente trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ACCORTI, M.; PIAZZA, M. G., y PERSANO, L., 1986. Conduttività elettrica a ceneri nei mieli. *Apicolt. Mod.*, 77: 165-167.

Boletín Oficial de Aragón, 21 de julio de 1993.

Boletín Oficial del Estado, 18 de junio de 1986.

CRANE, E., 1975. *Honey a Comprehensive survey*. Ed. Heinemann. Londres.

- FERNÁNDEZ, M. C.; SUBRÁ, E., y ORTIZ, A., 1994. La miel, indicador ambiental. *I Cong. Soc. Esp. Agric. Ecológica*, 37-46. Toledo.
- GRANDI, A.; ROSSI, M., y BERTUCCIOLI, M., 1980. Evoluzione di alcuni parametri (chimici, fisico-chimici e microbiologici) durante la conservazione del miele. *Tech. Alim.*, 3 (2): 19-26.
- HART, F. L., 1991. *Análisis moderno de los alimentos*. Ed. Díaz de Santos. Madrid.
- IBARZ, A.; CASERO, T.; MIGUEL, R., y PAGAN, J., 1989. Cinéticas de formación de hidroximetilfurfural en concentrado de zumo de pera almacenado a diferentes temperaturas. *Alimentaria*, I-II: 81-84.
- JONES, C. K., 1987. Honey as an indicator of heavy metal contamination. *Water, air and soil pollution*, 33: 179-187.
- LEE, H. S., y NAGY, S., 1988. Relationship of sugar degradation to detrimental changes in citrus juice quality. *Food Technology*, XI: 91-97.
- ORTIZ, A., 1992. *Contribución a la D. O. de la miel de La Alcarria*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- ORTIZ, A.; FERNÁNDEZ, M. C., y SUBRÁ, M. E., 1995. Study of some physicochemical parameters in honeys from La Alcarria (Spain). *XXXIV Congreso APIMONDIA*. Lausana.
- PERSANO, L., y AMORINI, T., 1985. Analisi melissopalino-logica quantitativa dei principali tipi di miele uniflorale italiano. *Apicoltura*, 1: 105-122.
- SANCHO, M. T.; MUNIATEGUI, S.; HUIDOBRO, J. F., y SIMAL, J., 1990. Correlación entre el pH medido en materia seca y húmeda y su evolución en las mieles de la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Actas V Congreso Nacional de Apicultura*, 122-123. Don Benito (Badajoz).
- SANCHO, M. T.; MUNIATEGUI, S.; HUIDOBRO, J. F., y SIMAL, J., 1991. Correlation between the electrical conductivity of honey and dry matter. *Apidología*, 22: 221-227.
- SHALLENBERGER, R. S., y MATTICK, I. R., 1983. Relative stability of glucose and fructose at acid pH. *Food Chem.*, 12: 159.
- WHITE Jr., J. W.; RIETHOF, M. L.; SUBERS, M. H., y KUSHNIR, Y., 1962. Composition of american Honeys. *U. S. Dep. Agr. Tech. Bull.*, 1261.

ESTRUCTURA POBLACIONAL Y BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *COCHLEARIA ARAGONENSIS* SUBSP. *ARAGONENSIS* (*Cruciferae*) EN EL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA Y LOS CAÑONES DE GUARA

David GUZMÁN OTANO¹

RESUMEN.—*Cochlearia aragonensis* subsp. *aragonensis* es una rara planta endémica presente en unos pocos macizos montañosos del valle del Ebro. Se han estudiado varios aspectos de su ciclo vital en algunas poblaciones, especialmente en Guara. En ella la densidad de ejemplares es variable, dependiendo de la altitud pero no de la densidad de individuos de otras especies. A lo largo de la estación el número de plántulas disminuye mucho, sobrevive tan solo un 15% de las que germinan. Aquellos individuos que no han alcanzado un estado mínimo y en el primer censo eran vegetativos tienen muchas posibilidades de morir sin reproducirse, al contrario que aquellos que sí lo han alcanzado y se reproducen a lo largo del verano, después de lo cual mueren. Es decir, es una planta semélpara que germina el año anterior a su reproducción.

Su tasa de fructificación puede considerarse normal, si bien varía entre poblaciones. Sus flores no producen néctar, pero para fecundarse necesitan insectos, aunque no dependen de ningún grupo en concreto. En alguna población se ha encontrado que las semillas pueden sobrevivir durante tres años.

Se propone catalogar esta planta como vulnerable según las nuevas categorías de la IUCN, ya que presenta una limitada área de ocupación y una ecología muy estenoica. Además, para el mantenimiento de sus poblaciones

¹ Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Apdo. 64. E-22700 JACA (Huesca).

es necesario que estas sean muy numerosas debido a varios cuellos de botella en su ciclo vital, el aislamiento de sus poblaciones y la falta de mecanismos especializados para su dispersión.

ABSTRACT.—*Cochlearia aragonensis* subsp. *aragonensis* is a rare, endemic plant that grows on a few mountain massifs from the Ebro valley. I have studied several aspects from its life history in Guara. Here, its density is very variable, depending on altitude but not on the number of individuals from other species. The number of seedlings decreases highly through the growing season, only 15% survive from germination to the end of the summer. Those individuals that have not reached a minimum state and that during the first census were vegetative have a high possibility to die without reproducing. On the other hand, those ones that do reach that minimum can reproduce along summer and die afterwards. In other words, *C. aragonensis* is a semelparous plant that germinates the year before its reproduction.

It has a normal fruit set, although it varies among populations. The flowers do not produce nectar and they need insects for pollination, but no specific group is responsible of it. I have found a three-year seed survivorship in one population.

I propose to place this plant under the IUCN vulnerable category, due to its limited area of occupancy and its restricted ecology. Furthermore, for the survival of the populations it needs big population sizes due to several bottlenecks on its life cycle, isolated populations and lack of specialised dispersal mechanism.

KEY WORDS.—Biological conservation, *Cochlearia aragonensis*, population structure, reproductive biology.

INTRODUCCIÓN

La conservación de la biodiversidad es uno de los campos donde más intensamente se trabaja dentro de las ciencias naturales. A pesar de un primer interés por las especies de fauna, más concretamente de vertebrados, con el tiempo se comenzó a prestar atención a otros grupos como la flora. Esta inquietud está cristalizando en una serie de normas legales que pretenden la protección de algunas de las especies más amenazadas, en el ámbito europeo (ANÓNIMO, 1992), estatal (ANÓNIMO, 1989; ANÓNIMO, 1990) o de las diferentes regiones.

Aragón es una de las comunidades con mayor riqueza florística y que, hasta el momento, ha invertido más en su protección. Fue una de las prime-

ras en crear mediante un decreto (ANÓNIMO, 1995) su listado de especies de flora amenazada, además de editar un libro sobre las estrategias que debían aplicarse para la conservación de las plantas en su territorio (SÁINZ OLLERO & *al.*, 1996). Últimamente también se ha aprobado un programa LIFE, cofinanciado por la Unión Europea, para la conservación de las especies vegetales aragonesas presentes en la Directiva Hábitats (GARCÍA & *al.*, 1998).

En este contexto de estudios para la conservación de plantas raras o endémicas en Huesca se podría resaltar la situación de *Cochlearia aragonensis* Coste & Soulié subsp. *aragonensis* (*Cruciferae*), destacado endemismo del noreste peninsular. Esta especie, de forma global, se encuentra clasificada como «rara» en el *Libro rojo de la flora amenazada en España* (GÓMEZ-CAMPO, 1987) y la subespecie *aragonensis* está catalogada como de «interés especial» en Aragón. Esta última también ha sido definida como «vulnerable» en la vecina comunidad de Navarra (ANÓNIMO, 1997) y recientemente incluida en el catálogo de flora amenazada de la Comunidad Autónoma Vasca como «rara» (ANÓNIMO, 1998). En Navarra la otra subespecie, *Cochlearia aragonensis* subsp. *navarrana* (P. Monts.) Vogt, ha sido considerada como «sensible».

La presencia en todas estas listas de plantas amenazadas pone de relieve el interés de su conservación. Pero, además, la localidad de la sierra de Guara tiene un valor especial. *C. aragonensis* fue encontrada por primera vez y descrita para la ciencia en la glera de la umbría de esta sierra (COSTE & SOULIÉ, 1911). Además, la población de la cara norte del Puntón o Tozal de Guara (2.077 m) es una de las más numerosas y, actualmente, la única en toda su área de distribución situada dentro de un espacio natural protegido.

Hasta ahora existe cierta información sobre esta especie. Recientemente se ha revisado la taxonomía del género en la península Ibérica (VOGT, 1987). En este trabajo, cuyo criterio se ha seguido en el tomo IV de *Flora iberica* (CASTROVIEJO & *al.*, 1993), se diferencian las plantas que crecen en la población navarra del monte Beriáin como subespecie nueva. El resto de las poblaciones se incluye en la típica. Sin embargo, la segunda edición del primer tomo de *Flora europaea* (TUTIN & *al.*, 1993) no refleja tal diferencia. Desde otro punto de vista MONTSERRAT & VILLAR (1974) han estudiado las comunidades donde se encuentra y han descrito la asociación *Aquilegio guarensis-Cochlearietum aragonensis*.

Cochlearia aragonensis subsp. *aragonensis* es una planta que crece en gleras de roca caliza en unos pocos macizos montañosos que rodean el valle del Ebro. Se ha encontrado en Huesca, en la sierra de Guara y sus alrededores, como en la peña Gratal; en las estribaciones del Moncayo, entre Soria y Zaragoza, y finalmente existen varias poblaciones en torno a las sierras de Codés y Lóquiz, situadas entre Álava y Navarra. La única población reconocida hasta el momento de la subespecie *navarrana* se localiza en el monte Beriáin (Navarra). Recientemente se han publicado sendos mapas con la localización de todas las poblaciones conocidas de los dos taxones (GUZMÁN, 1996; GUZMÁN & BENITO ALONSO, 1996).

Este estudio se ha realizado en la población situada en la gran glera de la umbría del Puntón de Guara, dentro del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara, Nocito, término municipal de Nueno, cuadrícula UTM 30T YM 2886. También se compararán estos datos con los de otras poblaciones de la misma subespecie, concretamente las de Monte Peiró, Arguis (Huesca), 1.020 m s. n. m., 30T YM 0689; y sierra de Lóquiz, Gastiáin (Navarra), 1.080 m s. n. m., 30T WN 5932. Por último, también se han comparado ciertos aspectos de la biología reproductiva con plantas de la subespecie *navarrana*, en su única localidad conocida: Monte Beriáin, Huarte-Araquil (Navarra), 1.020 m s. n. m., 30T WN 8449.

La población guareense crece en una glera móvil de roca caliza. Un suelo bastante rico se halla cubierto por las piedras, lo que le permite retener parte de la humedad así como favorecer la condensación (MONTSERRAT & VILLAR, 1974). Esta pedriza presenta una exposición NNW y una pendiente entre 30° y 50°. La planta que nos ocupa forma parte de la asociación *Aquilegio guarensis-Cochlearietum aragonensis*, donde le acompañan otras especies glareícolas como *Aquilegia pyrenaica* subsp. *guarensis*, *Crepis pygmaea*, *Silene vulgaris* subsp. *glareosa*, *Rumex scutatus*, *Arrhenatherum elatius* subsp. *sardoum*, *Linaria alpina* subsp. *guarensis* o *Alyssum cuneifolium* subsp. *losanum* (MONTSERRAT & VILLAR, 1974).

Los mismos autores también apuntan que la superficie ocupada por las comunidades de *C. aragonensis* subsp. *aragonensis* en la glera de la umbría de Guara es de más de 1 km².

El objetivo principal de este trabajo es obtener información sobre el estado de la población y el ciclo vital de esta planta, con especial atención a su reproducción. Estos datos son necesarios para la evaluación de su *status* de conservación, así como útiles para valorar el conjunto de las poblaciones del taxón (SCHEMSKE & *al.*, 1994; FALK, 1992). Al mismo tiempo, esta información pretende ser un buen punto de partida para la concreción de medidas de gestión, si estas fueran necesarias. El trabajo se estructura en tres partes: en la primera se estudia la estructura de la población y en la segunda algunos aspectos de su reproducción; finalizando, y a modo de conclusión, se incluye una evaluación de su estado de conservación.

ESTRUCTURA POBLACIONAL

La estructura de la población nos puede dar cierta información, como un fotograma de su dinámica. Para estudiar la estructura poblacional de una planta se puede utilizar la edad, el tamaño o el estado reproductor de cada ejemplar. La edad es una característica difícil de evaluar en muchas plantas, especialmente en herbáceas; por ello frecuentemente se utilizan los otros dos criterios (OOSTERMEIJER & *al.*, 1994). Además, la edad y el comportamiento demográfico en vegetales no siempre están bien relacionados (HARPER, 1977).

Un diferente número de individuos en cada estado del ciclo vital tiene distinto significado en la dinámica de la población. Por ejemplo, la presencia equilibrada de individuos en todas sus etapas indica una posición estable, mientras que un bajo porcentaje de plántulas puede suponer un problema de regeneración. Una mayor proporción de ejemplares juveniles puede indicar un establecimiento reciente, y su rareza, un envejecimiento, etc. (OOSTERMEIJER & *al.*, 1994). Debido a la duración de este trabajo y a las características de la planta tratada, el estudio de la estructura de la población y su dinámica a lo largo de un año son los únicos planteamientos que nos permiten atisbar su tendencia demográfica.

Los objetivos concretos planteados en relación con la estructura son: 1) calcular la densidad de ejemplares; 2) conocer la proporción de los ejemplares de cada estado y tamaño en la población; 3) analizar su evolución

anual; 4) estudiar la supervivencia de las plántulas a lo largo de un verano, y 5) comprobar si la altitud y densidad de los ejemplares de otras especies afectan a las variables anteriores.

Material y métodos

Para estudiar la densidad de ejemplares y la estructura poblacional de *C. aragonensis* en la gran glera de la umbría del Puntón de Guara se realizó un muestreo estratificado con cuatro transectos de 20 m (GREENWOOD, 1996). Dos de ellos se localizan en la parte alta de la población, a 1.680-1.700 m s. n. m. (T1 y T2), y dos en su base, cerca del bosque, a 1.460 m s. n. m. (T3 y T4). Dentro de cada altitud se seleccionaron dos zonas, cada una de las cuales tenía diferente densidad de otras especies; T2 y T4 se colocaron en zonas con mayor densidad de otras especies que T1 y T3. Con este diseño se quieren observar diferencias entre altitudes y zonas con diversa densidad de plantas de otras especies.

Cada transecto se realizó a lo largo de 20 m, colocando cada 4 m un cuadrado de muestreo de 0,6 m de lado. Así se obtuvo un total de 20 cuadrados, cinco por cada transecto. Todos los cuadrados se marcaron con estacas de madera para su localización en posteriores visitas. En cada uno de los muestreos se contó el número total de ejemplares del cuadrado, su estado y tamaño, estimado como el número de ramas. Un número menor de plantas también se marcó con etiquetas para seguir su evolución a lo largo de la estación.

Debido a que las variables estudiadas no se ajustaban a una distribución normal y al bajo número de réplicas, se ha optado por utilizar pruebas no paramétricas en la mayor parte de los casos.

Resultados

Los transectos estudiados siguen una dirección NNW y la cobertura nunca fue superior al 20%; era menor del 5% en cuatro de los 20 cuadrados de muestreo. La pendiente osciló entre 30° y 40°. Las especies encontradas en los cuadrados de muestreo se muestran en la tabla I y han sido separadas según tuvieran en los transectos baja o alta densidad de individuos.

Tabla I. Número de cuadrados de muestreo en los que se encuentran las especies acompañantes (A, transectos con gran densidad de individuos de otras especies, total 10 cuadrados; B, transectos con escasa densidad de individuos de otras especies; total, 10 cuadrados).

	A	B	Total
<i>Arrhenatherum elatius</i> subsp. <i>sardoum</i>	9	1	10
<i>Aquilegia pyrenaica</i> subsp. <i>guarensis</i>	3	2	5
<i>Crepis pygmaea</i>	3	0	3
<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>glareosa</i>	3	0	3
<i>Alyssum cuneifolium</i> subsp. <i>losanum</i>	1	0	1
Ninguna especie	1	7	8

La densidad media de *C. aragonensis* subsp. *aragonensis* en las parcelas de muestreo es de 32,2 ejemplares/m², con un rango de 0 – 269,4. Considerando solo a los individuos reproductores, este valor baja a 9,44 ejemplares/m² (rango: 0 – 41,67). Ambas densidades resultan muy variables en la población, pues se observan diferencias significativas entre los cuadrados de los cuatro transectos (Tabla II). Los dos transectos localizados a mayor altitud tienen densidades significativamente mayores que los dos más bajos para las dos variables (Tabla II). Pero tales diferencias no aparecen entre los transectos localizados en zonas con diferente densidad de individuos de otras especies (Tabla II).

Tabla II. Diferencias en la densidad de ejemplares totales y reproductores entre los transectos realizados.

Diferencias entre los cuatro transectos					
Variable	Kruskall-Wallis	g. l.	p	n	
Densidad total	15,188	3	0,002	20	
Densidad de reproductores	14,241	3	0,003	20	
Diferencias entre transectos localizados a diferentes altitudes					
Variable	U de Mann-Whitney	χ^2	g. l.	p	n
Densidad total	2,000	13,648	1	< 0,001	20
Densidad de reproductores	6,500	11,235	1	0,001	20
Diferencias entre transectos localizados con diferente densidad de individuos de otras especies					
Variable	U de Mann-Whitney	χ^2	g. l.	p	n
Densidad total	58,000	0,379	1	0,538	20
Densidad de reproductores	68,000	1,924	1	0,165	20

Tabla III. Diferencias en el número de plántulas encontradas por cuadrado en los transectos estudiados.

Diferencias entre transectos localizados a diferentes altitudes					
Fecha	U de Mann-Whitney	χ^2	g. l.	p	n
24-VI	5,500	11,982	1	0,001	20
6-VIII	12,500	9,716	1	0,002	20
4-IX	5,000	13,991	1	< 0,001	20

Diferencias entre transectos localizados con diferente densidad de individuos de otras especies					
Fecha	U de Mann-Whitney	χ^2	g. l.	p	n
24-VI	39,500	0,667	1	0,414	20
6-VIII	46,000	0,111	1	0,740	20
4-IX	55,000	0,173	1	0,678	20

En la figura 1.a se observa que el número de plántulas presentes por cuadrado de muestreo es significativamente mayor en las parcelas situadas a mayor altitud durante las tres fechas de muestreo (Tabla III). Sin embargo, estas diferencias no se aprecian cuando se comparan zonas con diferente densidad de individuos de otras especies (Fig. 1.b y Tabla III). Como

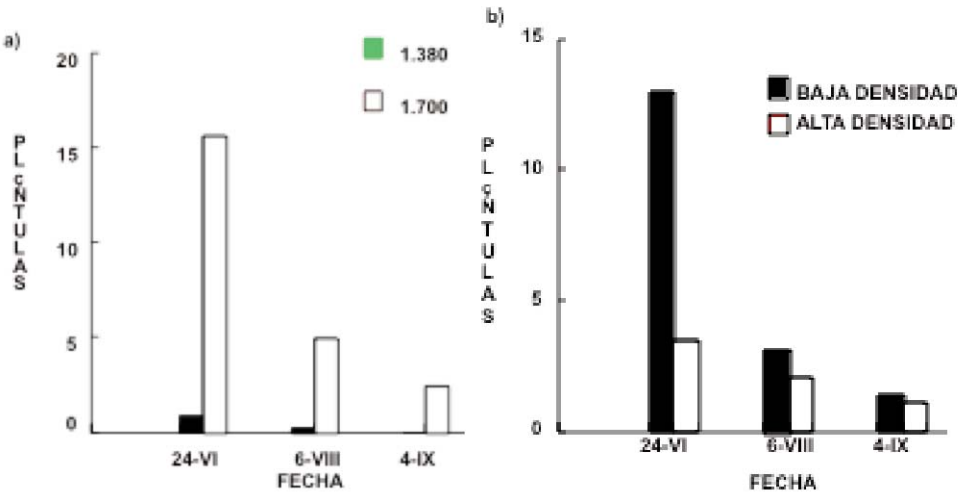


Figura 1. Evolución a lo largo de la estación del número de plántulas por cuadrado de muestreo de los transectos: a) a diferentes altitudes, 1.380 m y 1.700 m; b) en áreas con diferente densidad de ejemplares de otras especies.

era de esperar, debido a la mayor densidad, aparece mayor número de ejemplares rotos en la parte superior que en la inferior (Prueba de U de Mann-Whitney = 7,000; $\chi^2 = 11,662$; 1 g. l.; $p = 0,001$; $n = 20$) pero no hay diferencias entre zonas con diferente densidad de otras plantas (Prueba de U de Mann-Whitney = 42,000; $\chi^2 = 0,404$; 1 g. l.; $p = 0,525$; $n = 20$).

En la tabla IV se muestran las estructuras poblacionales por estados en las tres fechas de muestreo de todos los cuadrados. Así, podemos ver que la estructura es significativamente diferente conforme avanza la estación (χ^2 de Pearson = 79,265; $p < 0,001$; 4 g. l.). En conjunto, el número de plántulas descende conforme avanza la estación, mientras el número de reproductores presenta una ligera tendencia a aumentar a mediados de la estación, tendencia que no resulta significativa si se consideran las tres fechas. Por último, el número de individuos vegetativos disminuye significativamente; los pocos que aparecen en el primer muestreo prácticamente desaparecen en el segundo y lo hacen de forma total al final del verano. El porcentaje de plántulas encontradas en el primer censo que sobreviven hasta el último es de aproximadamente el 15%. El número de ejemplares de cada estado se muestra por separado en los cuatro transectos de la figura 2. La proporción entre plántulas y reproductores nos da una idea de la regeneración en la población. Estos valores se muestran en la tabla IV para las tres fechas de muestreo.

Tabla IV. Número de ejemplares de cada estado a lo largo de las tres fechas de muestreo.

Estado	Fecha			Kruskall-Wallis	p	g. l.	n
	24-VI	6-VIII	4-IX				
Plántula	164	50	24	7,091	0,029	2	60
Vegetativo	16	1	0	10,060	0,007	2	60
Reproductor	60	70	65	0,831	0,660	2	60
Total	240	121	89				
Plánt./reprod.	2,73	0,71	0,37				

En las tablas V y VI se observa la evolución de las plantas marcadas a lo largo de la estación. A pesar de que el número de ejemplares marcados (71 en el primer muestreo) es menor que el total de los presentes en los cuadrados, estos datos nos ayudan a interpretar lo que ocurre con las tenden-

cias descritas anteriormente. Cabe destacar que la mayor parte de los ejemplares marcados se mantiene en el mismo estado y unos pocos evolucionan pero en ningún caso se vuelve a estados anteriores.

Tabla V. Número de ejemplares marcados de cada estado el 24 de junio que cambian de estado el 6 de agosto.

24-VI	6-VIII		Reproductor	Muerto	Total
	Plántula	Vegetativo			
Plántula	6	0	1	22	29
Vegetativo	0	1	1	4	6
Reproductor	0	0	33	3	36

Tabla VI. Número de ejemplares marcados de cada estado el 6 de agosto que cambian de estado el 4 de septiembre.

6-VIII	4-IX		Reproductor	Muerto	Total
	Plántula	Vegetativo			
Plántula	3	0	0	3	6
Vegetativo	0	0	1	0	1
Reproductor	0	0	29	6	35

El tamaño de los individuos se estimó por el número de ramas que presentaban. Las plántulas, por definición, poseen solo los dos cotiledones y raramente crecen más. En el primer muestreo los vegetativos portan una media de 2,50 ramas (rango: 1-9, $n = 16$), mientras que los reproductores tienen 13,25 (rango: 1-50, $n = 63$), con tamaños muy diferentes (Prueba de U de Mann-Whitney = 121,000; $\chi^2 = 21,983$; 1 g. l.; $p < 0,001$; $n = 79$). En la segunda fecha no se pudo hacer la comparación, ya que solo quedaron dos vegetativos. Se observa que los reproductores marcados, pertenecientes a la clase más abundante, van creciendo conforme la estación avanza (Fig. 3); a pesar del solapamiento de sus tamaños, las diferencias son significativas (Prueba de Friedman = 12,982; $p = 0,002$; 2 g. l.; $n = 28$).

En la figura 4 se muestran las estructuras por tamaños de todos los individuos de las parcelas a lo largo de la estación. Los datos de la distribución

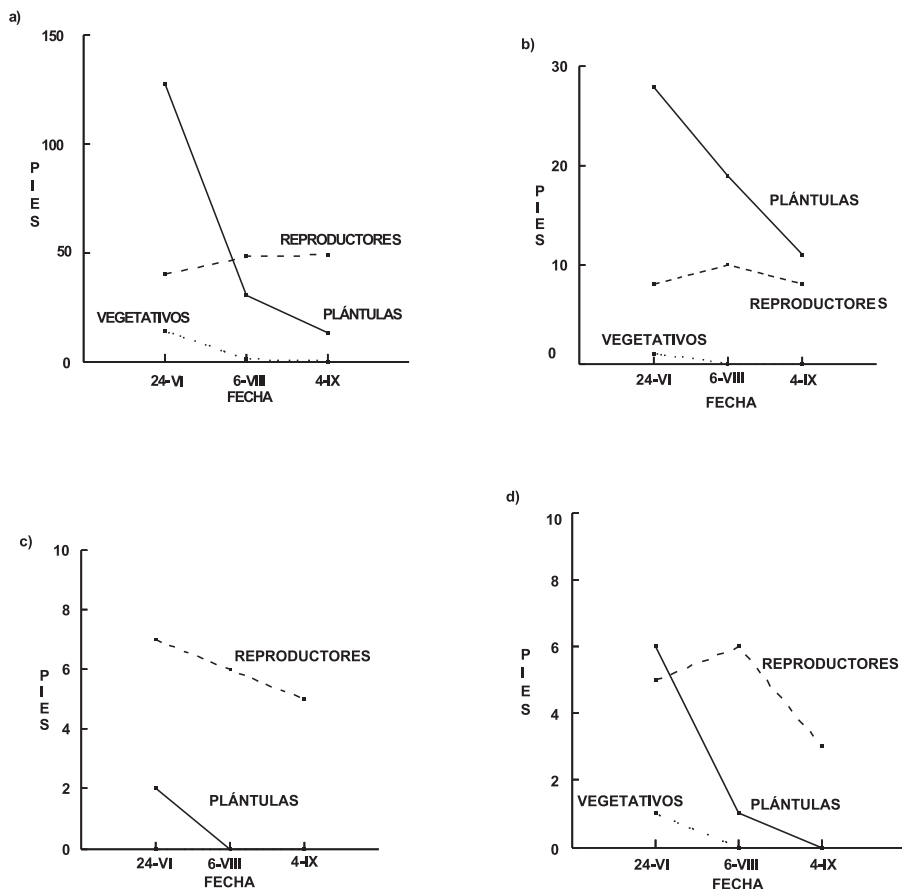


Figura 2. Evolución del número de ejemplares de cada estado en el total de los transectos: a) transecto 1; b) transecto 2; c) transecto 3, no aparecen vegetativos; d) transecto 4.

de estas muestras se adjuntan en la tabla VII. Se puede observar cómo en todos los casos se trata de distribuciones muy sesgadas a la derecha (sesgo > 0), es decir, con la mayor parte de los individuos pequeños y unos pocos muy grandes, y leptocúrticas o apuntadas (curtosis > 0), si bien van cambiando a lo largo de la estación. Además se ha calculado el porcentaje de ejemplares rotos, probablemente por el movimiento de la glera, que representa el 18,9% de los marcados.

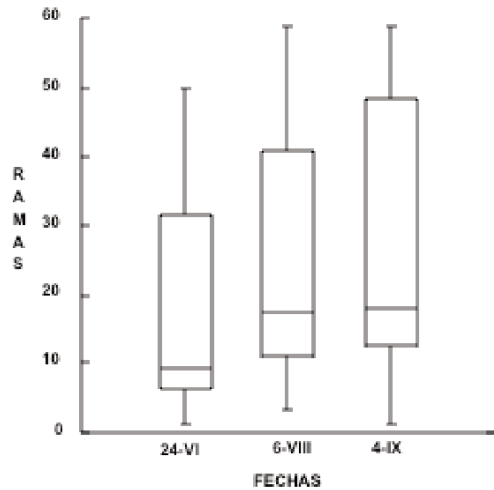


Figura 3. Evolución de los tamaños, estimados como el número de ramas por pie, en los ejemplares reproductores a lo largo de la estación. La línea central de cada «caja» indica la mediana, los límites inferior y superior de estas representan los percentiles 25 y 75 respectivamente. El rango ocupado dentro del segmento (bigotes) abarca aproximadamente el 90% de las observaciones (ELLISON, 1993).

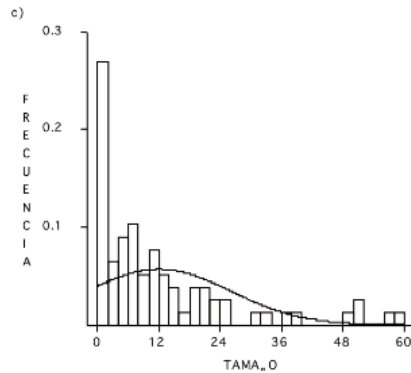
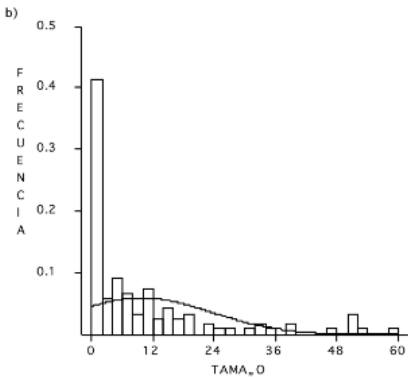
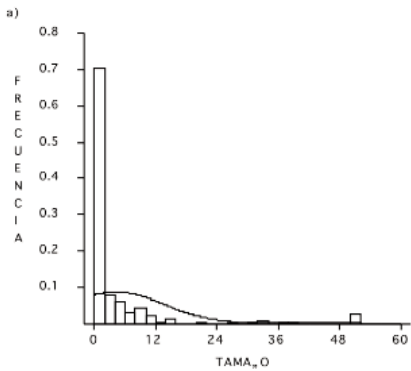


Figura 4. Estructura de tamaños a lo largo de la estación. Sobre el histograma se ha dibujado la curva que correspondería a una distribución normal con la media y la desviación típica de cada muestra. Fechas: a) 26-VI, b) 6-VIII, c) 4-IX.

Tabla VII. Datos sobre las distribuciones de tamaños (número de ramas) encontradas en los tres censos realizados para el conjunto de los cuadrados.

Fecha	24-VI	6-VIII	4-IX
Media	4,28	9,85	11,99
Desviación típica	9,22	13,52	13,96
Mediana	1	4	6,5
Sesgo (G1)	3,84	1,96	1,77
Curtosis (G2)	14,74	3,15	2,64

Discusión

La presencia de ejemplares de *C. aragonensis* subsp. *aragonensis* es general por la glera de la umbría de Guara; sin embargo, su densidad es muy variable. Con el objetivo de dar una estimación del tamaño poblacional se utilizará la media de la densidad calculada en los cuatro transectos; aunque esta provenga de un muestreo estratificado dirigido a estudiar diferencias entre zonas y no sea la más correcta, nos puede ser útil para este propósito. También se usará la superficie ya propuesta por MONTSERRAT & VILLAR (1974). Así pues, con una densidad media de 32,22 ejemplares/m² y un área de aproximadamente 1 km², obtendríamos una cifra total que rondaría los 32 millones de ejemplares. Calculando el número de reproductores, uno de los criterios utilizados por la IUCN (1994) en sus nuevas categorías de amenaza, por el mismo método se obtendría un valor orientativo de unos 9,5 millones de reproductores.

Se observa heterogeneidad en la población. En primer lugar la densidad, tanto total como de reproductores, es mayor en la zona alta de la glera, en torno a los 1.700 m s. n. m. Pero no solo la densidad varía sino que el número de plántulas en cada cuadrado es mayor, diferencias que se mantienen constantes en las tres fechas de estudio (Fig. 1.a). Ello hace pensar que la zona más favorable para esta planta, tanto para el desarrollo de los reproductores como para el de las plántulas, es la parte alta de la glera, a pesar de tener más pendiente y probablemente estar menos fijada, como apuntaría el hecho de que aquí hay más proporción de ejemplares rotos. Sin embargo, la presencia de ejemplares de otras especies no parece que sea

una causa que afecte ni a la densidad total y de reproductores ni al número de plántulas encontradas. Es muy probable que, en un medio en continua perturbación o explotación natural (MONTSERRAT & VILLAR, 1974) y con una muy baja densidad de plantas, la competencia interespecífica sea un factor muy poco importante.

La proporción de estados de la población varía a lo largo de la temporada de muestreo (Tabla IV). Los ejemplares considerados como plántulas no presentan diferencias ni de tamaño ni de morfología respecto a las obtenidas en el ensayo de germinación, por lo que consideramos que todas ellas han germinado durante este año. Analizando su evolución a lo largo de una estación (Fig. 2) se observa que el número de las plántulas iniciales disminuye bruscamente en todos los transectos, tanto entre el primer y segundo muestreo como entre este y el tercero. Dicho descenso no es debido a que evolucionen a otros estados, pues entre las marcadas tan solo una de 29 pasa a ser reproductora, aproximadamente el 3%, sino a una alta mortalidad (Tablas V y VI). En el total de los cuadrados de muestreo solo un 15% de las plántulas sobreviven a la primera estación; a ello habrá que añadir la mortalidad del invierno, que, sin duda, también será importante.

Los vegetativos tienen un comportamiento similar: del pequeño porcentaje inicial (menos del 7%, tabla IV) la mayor parte muere, aunque alguno pase a reproductor. Sin embargo, el número de reproductores permanece relativamente constante (Tabla IV). De los marcados, los pocos que mueren entre los primeros muestreos son compensados por ejemplares de otros estados que, con un posible retraso fenológico, alcanzan el estado reproductor (Tablas V y VI). La *ratio* entre plántulas y vegetativos es alta al principio, pero ya al final de la estación se acerca a valores más bajos y típicos de plantas perennes.

Este comportamiento de la población también se observa en la evolución de las estructuras de tamaños (Fig. 4). La media y la mediana del tamaño van aumentando conforme transcurre el verano, lo que es debido a que disminuye la proporción de las plántulas a la vez que se incrementa el número de individuos de mayor tamaño. Todo ello se refleja en los histogramas, con las distribuciones de tamaños algo menos sesgadas y apuntadas conforme avanza la estación.

En conjunto, parece que se trata de una especie semélpara: tras reproducirse por primera vez, muere. En la última visita, los ejemplares reproductores se encontraban ya secos y prácticamente muertos mientras se dispersaban sus semillas. Las plántulas que germinan al principio de la estación obtienen recursos y crecen, sobre todo la parte subterránea, durante este primer año; a pesar de todo, sufren una alta mortalidad, mayor del 80%. Aquellos ejemplares que empiezan la estación como reproductores tienen muchas posibilidades de sobrevivir hasta el final de ella y reproducirse, independientemente de su éxito. Pero los pocos ejemplares que al comenzar la estación no tienen un tamaño umbral (existen diferencias muy significativas entre el tamaño de los vegetativos y reproductores en el primer muestreo) mueren muy frecuentemente. Mientras que la disminución en el número de plántulas y vegetativos es más o menos constante a lo largo de la estación, aquellos ejemplares que han alcanzado un tamaño suficiente se reproducen hasta el final de la misma. También se observa que algunos de los ejemplares mayores tienen capacidad de volver a producir ramas secundarias portadoras de flores y, luego, frutos si accidentalmente se rompen.

Así pues, parecería confirmarse que se trata de una planta bienal que tras reproducirse muere. Los vegetativos de los primeros muestreos mueren por no haber alcanzado un tamaño o reserva de recursos mínimos y la elevada tasa de mortalidad de las plántulas también apunta en esa dirección, aunque excepcionalmente alguna pueda llegar a reproducirse en el primer año. Para estar totalmente seguros, faltaría seguir a las plántulas que acaban la estación para comprobar si efectivamente se reproducen al año siguiente o si permanecen en este estado durante más años. Esto último se ha observado en plantas semélparas que se creían bienales pero en las que el estímulo para la floración no era el segundo año sino la obtención de un tamaño mínimo (SILVERTOWN & LOVETT DOUST, 1993).

Un elevado riesgo de mortalidad favorece la reproducción a edades tempranas (SILVERTOWN & LOVETT DOUST, l. c.), frente a las plantas perennes iteróparas. Los ejemplares de mayor tamaño tienen más probabilidades de morir sin reproducirse en un medio tan móvil como las gleras; en este caso, casi uno de cada cinco ejemplares se ve afectado durante el verano.

Por ello la reproducción tiene lugar de una sola vez, aunque suponga la muerte del ejemplar, ya que las posibilidades de sobrevivir más tiempo en ese estado son bajas.

El crecimiento que se observa durante toda la estación, pero especialmente entre los dos primeros muestreos (Fig. 3), también refuerza la idea del tamaño umbral. Debido a los altos costos que se suponen a la reproducción y que, teóricamente, competirían con el crecimiento, solo aquellos ejemplares con un determinado estado mínimo (tamaño o reservas de recursos) son capaces de poder llevar a cabo ambas funciones. Este retraso de al menos un año en la reproducción para alcanzar un tamaño mínimo conllevaría un descenso en el crecimiento poblacional comparado con la estrategia de una anual, siempre y cuando no se compense con una mayor producción de semillas o supervivencia de las plántulas (SILVERTOWN & LOVETT DOUST, 1993; CRAWLEY, 1997).

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA

La reproducción es una fase fundamental en el ciclo vital de toda planta, pero especialmente cuando se trata de una especie semélpara, que realiza de una sola vez toda la inversión en la reproducción y después muere sin otra oportunidad de dejar más descendientes. Sin el reemplazo de los individuos que mueren en una población no es posible el mantenimiento de esta. Por ello, si hubiera problemas serios en la reproducción de la planta durante un periodo de uno o dos años podrían surgir dificultades en la conservación de las poblaciones. En una planta rara como *C. aragonensis* subsp. *aragonensis*, con poblaciones aisladas aunque abundantes, sería una situación crítica. Además, la reproducción sexual es la vía para mantener la variabilidad genética en una población y evolucionar frente a cambios en el medio.

Así pues, el fin de esta sección es describir la reproducción y aquellos aspectos que *a priori* puedan suponer problemas para el mantenimiento de la población. En concreto, los objetivos específicos son: 1) describir el éxito reproductivo de la población estudiada y compararlo con datos provenientes de otras localidades; 2) determinar la necesidad de polinizadores en

condiciones naturales; 3) analizar qué insectos son responsables de su polinización y en qué medida; 4) estudiar la viabilidad de sus semillas, y, por último, 5) comparar la variación en el tamaño del fruto, carácter utilizado para separar la subespecie típica de la *navarrana*.

Material y métodos

Para describir el éxito reproductivo se ha utilizado la tasa de fructificación (*fruitset*), calculada como el cociente entre el número de frutos obtenidos y el número de flores formadas. Siempre que fue posible, esta proporción se calculó en 10 ramas de cada individuo. Cuando la planta no alcanzaba este número de ramas, se observaron todas las disponibles.

La necesidad de polinizadores se ha determinado embolsando plantas completas con una tela que impedía el paso a todos los insectos, tanto a los que vuelan como a los que se acercan trepando por la planta, y al polen llevado por el viento. Este tejido se sujetaba en torno a la planta mediante un armazón de alambre anclado en la glera. Estos ejemplares se compararon con varios controles marcados junto a los primeros. El estudio se realizó en la población de Arguis, más accesible para el trabajo de manipulación que la situada en la umbría de Guara.

También en esta población se estudió la producción de néctar y el comportamiento de los polinizadores. Para comprobar lo primero, se observaron flores bajo lupa de ocho aumentos y se introdujo un microcapilar de 1 μ L de capacidad para cuantificarlo (RICHARDS, 1986). Como es posible que la cantidad de néctar se viera condicionada por las visitas de los polinizadores (ZIMMERMAN, 1988), se embolsaron durante 24 horas varias plantas, de forma que se impidió el acceso de los insectos, y se observó la producción de néctar de la misma manera. Con el objetivo de conocer qué insectos actúan como polinizadores, se siguió su comportamiento en un cuadrado de 1 m² dentro de la población y durante 30 minutos se observaron y anotaron todos los insectos que visitaban las flores de *C. aragonensis* y el número de plantas y flores que visitaban esta parcela. Tanto los datos del comportamiento de los polinizadores como los de producción de

néctar se comparan con los obtenidos de la misma manera para la subespecie *navarrana*, en el monte Beriáin.

Las características de estos censos fueron las siguientes: en Arguis había una densidad de 32 ejemplares por m² reproductores de *C. aragonensis* subsp. *aragonensis*. Durante el censo realizado el 16 de junio, entre las 11:00 y las 15:30 hora solar, la temperatura rondó entre 17 y 28 °C, con nubes y claros. Otras especies de plantas presentes en el cuadrado de estudio son *Silene vulgaris* y *Linaria* sp. Los censos que se realizaron en el monte Beriáin tuvieron lugar el 8 y 22 de junio de 9:30 a 12:30 y de 9:30 a 15:00 hora solar, respectivamente. Las condiciones atmosféricas fueron: temperatura entre 11° y 15 °C y nuboso, en el primero, y entre 24 y 25 °C con cielo despejado en el segundo. La densidad fue de 26 y 16 reproductores por m² respectivamente. Las plantas que acompañaban a *C. aragonensis* subsp. *navarrana* fueron: *Geranium robertianum*, *Vicia pyrenaica*, *Saxifraga trifurcata*, *Rumex scutatus*, *Galium lucidum* y *Arrhenatherum eliatum* subsp. *sardoum*.

La viabilidad de las semillas se estudió en el laboratorio con material recolectado en 1995. Se utilizaron semillas provenientes de dos poblaciones, Arguis y Lóquiz. Se prepararon cinco lotes de 50 semillas para cada población, aunque en uno de los lotes de Arguis solo se pudieron utilizar 27. Se pusieron en placas de Petri de cristal de 15 cm de diámetro sobre papel de filtro humedecido con agua destilada. Debido a que casi habían transcurrido tres años desde su recolección se trataron las semillas con ácido giberélico (GA3, diluido a 500 mg/L) para forzar su germinación. Así pues, lo que realmente se estudia es el porcentaje de semillas que sobrevive tras este periodo. Las placas de Petri se mantuvieron todas en las mismas condiciones de laboratorio. Antes de una semana de la germinación aparecieron algunas semillas afectadas por hongos, de forma que se eliminaron y se trataron las placas con lejía muy diluida. Este experimento se mantuvo hasta que después de un periodo de 20 días el número de semillas germinadas no aumentó más.

Un carácter relacionado con la reproducción y que se utiliza para separar las dos subespecies es la longitud del fruto; este se ha estudiado en los ejemplares en que se calculó la tasa de fructificación. Siempre que ha sido posible

se ha medido en 10 frutos elegidos al azar en cada ejemplar; en los casos en que no había este número de frutos disponible se han utilizado todos.

En el análisis de los datos se han usado las pruebas de estadística no paramétrica necesarias debido a que las variables analizadas no seguían distribuciones normales y al bajo número de réplicas disponible. Sin embargo, la longitud del fruto entre poblaciones sí que se ajustó a este tipo de distribución; por ello y para analizar a la vez la variación de este carácter debida al efecto de la población, así como las diferencias entre ejemplares dentro de una población, se utilizó un ANOVA jerárquico con los datos de cada individuo «anidados» dentro de cada una de las tres poblaciones analizadas. Cuando no se indique otra cosa los resultados se ofrecen como media $\pm$ desviación típica.

Resultados

La tasa de fructificación de los ejemplares de *C. aragonensis* subsp. *aragonensis* en las tres poblaciones de las que se disponía de datos varía entre el $0,627 \pm 0,203$ ($n = 5$ ejemplares) de Arguis y el $0,266 \pm 0,112$ ($n = 11$) de Guara. La población de Lóquiz obtuvo un porcentaje de fructificación del $0,336 \pm 0,111$ ($n = 9$) (Fig. 5). Las poblaciones de Guara y Lóquiz no difieren en esta proporción (Prueba de U de Mann-Whitney = 29,000; $\chi^2 = 2,426$; 1 g. l.; $p = 0,119$; $n = 20$), pero sí hay diferencias entre Arguis y Lóquiz (Prueba de U de Mann-Whitney = 40,000; $\chi^2 = 5,444$; 1 g. l.; $p = 0,020$; $n = 14$) y entre Arguis y Guara (Prueba de U de Mann-Whitney = 51,000; $\chi^2 = 7,088$; 1 g. l.; $p = 0,008$; $n = 16$). A la hora de comparar los datos hay que tener en cuenta que la población navarra se muestreó en 1995.

Las plantas embolsadas para impedir el acceso de polinizadores y polen del exterior apenas obtuvieron frutos (tasa de fructificación, $0,006 \pm 0,011$, $n = 12$ ejemplares); las diferencias con las plantas control fueron muy significativas (Prueba de U de Mann-Whitney = 60,000; $\chi^2 = 11,724$; 1 g. l.; $p = 0,001$; $n = 17$).

Buscando néctar el 15 de junio se observaron 27 flores de siete plantas diferentes en Arguis. Con la lupa no se encontró nada y con el microcapilar

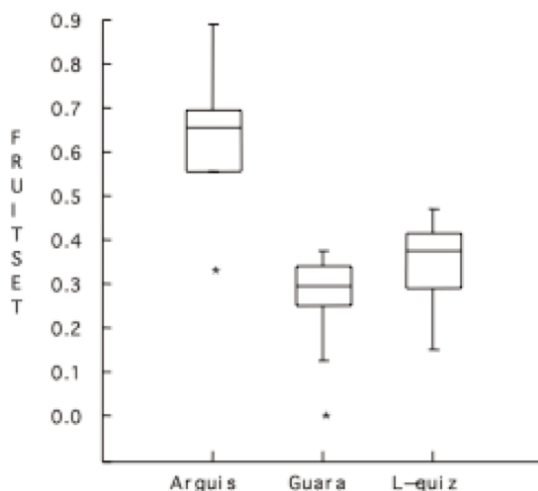


Figura 5. Proporción de frutos cuajados (*fruitset*) por individuo, en una muestra de un máximo de 10 ramas, en las tres poblaciones estudiadas. Los datos de Lóquiz son de 1995, mientras que los de Arguis y Guara corresponden a 1998.

Explicación del gráfico, igual que la figura 3.

tampoco pudo detectarse ninguna cantidad. Ese mismo día se embolsaron 46 flores en tres pies diferentes. Se regresó a las 24 horas, retirando las bolsas de tela y repitiendo el proceso de medida con idénticos resultados negativos. En la población de Beriáin, con la subsp. *navarrana*, también se buscó néctar con los mismos resultados negativos. En este caso la observación se realizó durante el 8 de junio en 25 flores de cinco plantas diferentes.

Los insectos o grupos de insectos que visitan las flores de *C. aragonensis* subsp. *aragonensis* en la población de Arguis se muestran en la tabla VIII con el número de flores y plantas visitadas. Para su comparación también se incluye la tabla IX con los mismos datos de censos similares de la subespecie *navarrana*. En las figuras 6.a y b se ve el porcentaje de visitas a flores y plantas de cada polinizador en ambas poblaciones.

Las semillas de Arguis tratadas en las cinco placas de Petri obtuvieron una tasa media de germinación del $0,214 \pm 0,064$; sin embargo, ninguna de

Tabla VIII. Número de visitas a flores y a plantas durante los censos de polinizadores de Arguís, 15-VI. Tiempo total 90 min. Observado polinizando fuera del censo: *Apis mellifera*.

INSECTOS	nº de flores	%	nº de plantas	%
Coleópteros	9	23,08	3	23,08
<i>Anthrax anthrax</i>	4	10,26	4	30,77
<i>Bombylius major</i>	17	43,59	2	15,38
<i>Syrphidae</i>	2	5,13	2	15,38
Dípteros, otros	7	17,95	2	15,38
TOTAL	39	100	13	

las semillas sembradas procedentes de Lóquiz germinó. Como puede observarse en la figura 7, donde se muestra el número acumulado de semillas que germinan, este aumenta hasta el 19 de junio en todas las placas; a partir de esa fecha ya no germinaron más semillas y el 13 de agosto se dio por finalizado el ensayo.

Los resultados obtenidos de la medición de los frutos se muestran en la tabla X y la tabla del ANOVA jerárquico en la XI. Hay diferencias muy significativas entre ejemplares dentro de poblaciones, así como entre poblaciones. La subespecie que crece en las tres poblaciones es la misma *C. aragonensis* subsp. *aragonensis*, si bien una de las localidades, Lóquiz, se halla bastante alejada geográficamente de las otras dos.

Tabla IX. Número de visitas a flores y a plantas durante los censos de polinizadores de Beriáin, 8-VI y 22-VI. Tiempo total, 180 min. Observado polinizando fuera del censo: *Bombylius major*.

INSECTOS	nº de flores	%	nº de plantas	%
Coleópteros	21	10,61	9	14,52
Dípteros, otros	116	58,59	35	56,45
<i>Syrphidae</i>	59	29,80	16	25,81
Ortóptero	1	0,51	1	1,61
Lepidóptero (polilla)	1	0,51	1	1,61
TOTAL	198	100	62	

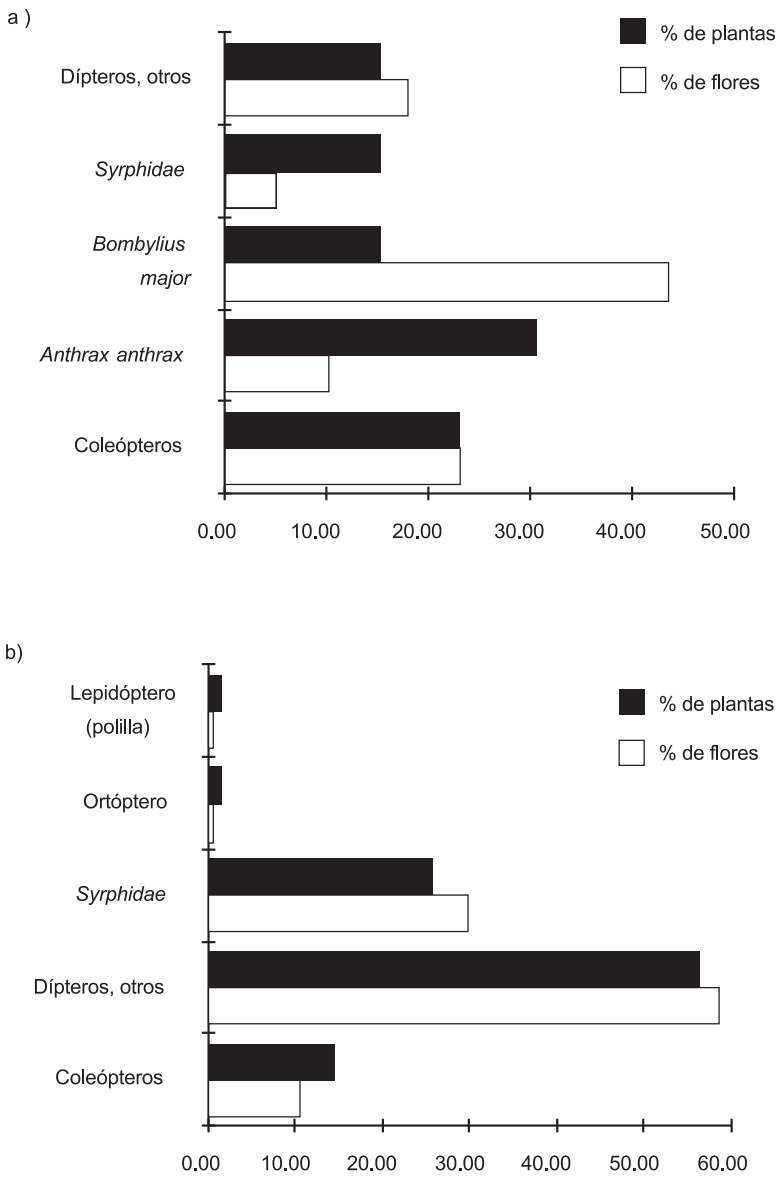


Figura 6. Porcentajes de plantas y flores visitadas por cada insecto o grupo.
a) Arguís, plantas n = 13, flores n = 39. b) Monte Berriáin, plantas n = 62, flores n = 198.

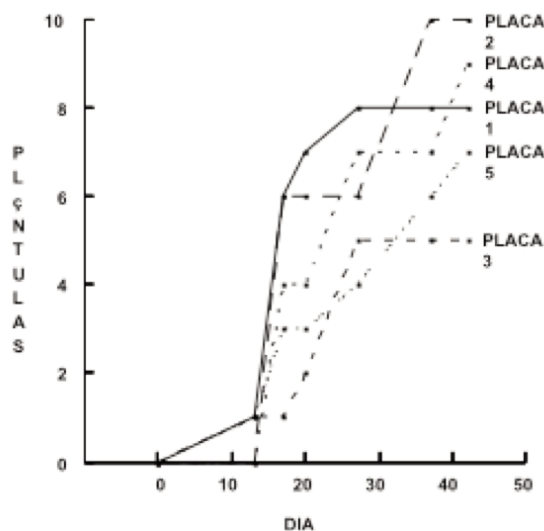


Figura 7. Número acumulado de semillas germinadas en cada placa de Petri procedentes de la población de Arguis; número inicial, 50, excepto en placa 5, que fue 27. El día 0 es el 8-V.

Discusión

En las tres poblaciones en las que se ha estudiado el éxito reproductivo de esta planta se ha encontrado bastante variabilidad. Destaca la tasa de fructificación obtenida en la población de Arguis, significativamente mayor que en Guara y Lóquiz, entre las cuales no hay diferencias significativas (Fig. 5). En su revisión (SUTHERLAND & DELPH, 1984) dan un valor medio de tasa de fructificación de $0,421 \pm 19,2$, $n = 316$ para las plantas hermafroditas y, más concretamente, de $0,221 \pm 0,136$ para las hermafroditas

Tabla X. Longitud en milímetros de los frutos en las tres poblaciones estudiadas.

Población	Guara	Arguis	Lóquiz
Media	2,872	3,010	4,519
Desviación típica	0,650	0,325	0,854
n (frutos)	207	150	400

Tabla XI. Tabla del ANOVA jerárquico de la longitud de los frutos.

Fuente	g. l.	SC	F	p
Entre poblaciones	2	157,495	388,963	< 0,001
Ejemplares dentro de población	37	2,796	6,906	< 0,001
Error	717	0,405		

autoincompatibles. El éxito reproductivo de la población de Guara estaría cerca del límite inferior de la primera muestra, considerando que es hermafrodita. No se ha estudiado su compatibilidad, pero el hecho de que necesite insectos para su polinización nos puede permitir compararla con el segundo de los valores. En ese caso parece encajar bien dentro de los valores encontrados por los autores anteriores. De cualquier forma, no parece ser un nivel excesivamente alto para una planta semélpara, cuya reproducción tiene lugar durante una sola estación. Algo similar se puede decir de la población de Lóquiz, mientras que el nivel alcanzado en Arguis resulta más tranquilizador. Teniendo en cuenta esta baja tasa de fructificación, para que el número de semillas producidas sea suficientemente alto cada planta tiene que formar numerosas flores.

El hecho de que las plantas a las cuales se ha impedido el acceso de los insectos polinizadores, así como de polen ajeno, apenas produzcan frutos nos indica la dependencia de la planta de un vector de polinización. El experimento realizado no permite discriminar si la baja fertilidad es debida a que las flores son autoincompatibles o a que sin serlo necesitan de la intervención de un agente para la polinización.

A pesar de que no se haya observado la producción de néctar en las flores de ambas subespecies, estas son visitadas por insectos de forma regular; es posible que busquen polen como recompensa o las flores mimeticen otras con un atractivo diferente. En ambas poblaciones destaca la importancia de los dípteros como polinizadores: en conjunto, este grupo es responsable de casi el 77% de las visitas a flores y plantas en Arguis y del 88% de las flores y el 82% de las plantas en Beriáin (Fig. 5.a y b). En la población oscense destaca la importancia de dos dípteros de gran tamaño como *Bombylius major* y *Anthrax anthrax* (entre los dos suman el 54% de las

visitas a flores y el 46% de las plantas), mientras que en Navarra el grupo más importante de dípteros son los *Syrphidae*. También es reseñable la visita de las flores por pequeños coleópteros que introducían su cuerpo en las flores probablemente para consumir polen. Por último, las observaciones de un ortóptero y un lepidóptero en la población navarra parecen anecdóticas y, posiblemente, no resultaran en polinizaciones efectivas.

Los censos de Beriáin fueron realizados en dos fechas diferentes y la comunidad de plantas que acompañan a *Cochlearia* se hallaba en diferente estado fenológico. Se observa una tendencia a que en la primera fecha la mayor parte de las flores de la población eran de esta especie y fueron visitadas por todo tipo de insectos, pero durante la segunda fecha ya había otras flores mayores y más vistosas abiertas, como *Saxifraga trifurcata*, *Galeopsis angustifolia* o *Geranium robertianum*, entre otras, por lo que se observaban los dípteros de mayor tamaño polinizándolas, mientras que las de *C. aragonensis* eran visitadas por dípteros menores.

La diferencia entre la viabilidad de las semillas de Arguis y Lóquiz es intrigante. Hay que tener en cuenta que ambos conjuntos de semillas tenían la misma edad, fueron recolectadas en junio de 1995, se conservaron en las mismas circunstancias: separadas del fruto y mantenidas en sobres de papel en laboratorio y puestas a germinar con las mismas condiciones. La primera conclusión que se desprende es que durante aquel año existió algún problema en la segunda población, pero no existen datos para llegar más lejos. La viabilidad de las semillas de Arguis, 21% después de tres años, parece suficientemente elevada como para no dar problemas en el mantenimiento de la población.

Para finalizar, cabe citar los resultados del análisis de la longitud de los frutos. Las diferencias que existen dentro de las poblaciones son muy significativas, así como las diferencias entre poblaciones, en concreto entre Lóquiz y las dos oscences, también lo son (Tabla XI). Esta variable es el criterio para diferenciar ambas subespecies de *C. aragonensis* y las tres poblaciones en las que se ha estudiado pertenecen a la misma subespecie. Si se encuentran diferencias de longitud dentro de poblaciones y además existen diferencias entre ellas, no parece que este sea el criterio más adecuado para separar poblaciones diferentes. Desgraciadamente no se tienen

datos de la población de Beriáin, la única de la subespecie *navarrana*, que permitan dar más luz sobre la validez de este carácter.

CONCLUSIÓN: ESTADO DE CONSERVACIÓN

En último lugar, y sintetizando toda la información anterior, intentaremos evaluar el estado de conservación de *Cochlearia aragonensis* subsp. *aragonensis* utilizando los criterios propuestos por la IUCN (1994). También se analizará más en concreto la situación de la población de Guara.

En el conjunto de la especie hay que considerar que hasta el momento se conoce un total de 13 poblaciones entre Álava, Huesca, Navarra, Soria y Zaragoza (GUZMÁN & BENITO ALONSO, 1996). Este número parece constante, ya que en los últimos diez años no se han tenido noticias ni de la aparición ni de la desaparición de ninguna de ellas. Todas se encuentran en un total de 19 cuadrículas UTM de 1 km de lado. A pesar de que este criterio claramente sobrestima el área de ocupación de una especie vegetal (GARCÍA & *al.*, 1998) y en ausencia de medidas detalladas que solo pueden hacerse con un exhaustivo trabajo de campo, se puede considerar que el área de ocupación máxima es de 19 km². También adolecemos de falta de datos acerca del tamaño de las poblaciones, exceptuando la estima aquí presentada para Guara. Teniendo en cuenta que esta es probablemente la mayor de las poblaciones conocidas, se puede aproximar que el número total de individuos será del orden de magnitud de decenas de millones.

Teniendo en cuenta los datos de su ecología, se puede hablar de una planta muy estenoica, limitada a unos medios muy concretos y no muy frecuentes en su área de distribución. Su ciclo vital, semélpara bienal, la hace dependiente de la reproducción sexual todos los años para el reclutamiento al año siguiente y la reproducción a los dos. El éxito reproductivo es variable y depende de la visita de insectos polinizadores para fructificar, si bien no parece que necesite ningún grupo en concreto (es visitada por varios grupos de dípteros y pequeños coleópteros). En alguna población, la larga viabilidad de las semillas puede tamponar esta dinámica, es decir, si en un año la producción de semillas falla el reclutamiento del año siguiente se ve compensado con las semillas viables que pueden mantenerse en el banco de

semillas, si bien esta característica no está presente en todas ellas. Al final del verano tan solo sobrevive un 15% de las plántulas que han germinado en el año. Por todo ello parece que se trata de una especie con varios cuellos de botella en su ciclo vital, por lo cual una alta densidad de individuos reproductores es necesaria para el mantenimiento de las poblaciones. Además, la dispersión de semillas entre los diferentes núcleos parece muy difícil. Aunque aquí no se ha estudiado este tema, no se observa ninguna adaptación para la diseminación de semillas a larga distancia.

En último lugar, las amenazas antrópicas no parecen demasiado serias, se trata de medios poco explotados y en varios casos poco accesibles. Ahora bien, se sabe que la extracción de áridos y la construcción de pistas se han realizado cerca de algunas poblaciones, aunque no en la de Guara.

Con todos estos datos, la planta encaja dentro de la categoría de Vulnerable (IUCN, 1994), por el criterio D2, es decir, población caracterizada por una aguda restricción en su área de ocupación (típicamente menos de 100 km²), en este caso 19 como máximo. Como refuerzo de este criterio habría que añadir la estenoicidad del taxón, así como la necesidad de grandes poblaciones de reproductores para sobrellevar todas las limitaciones de su ciclo biológico.

Con este diagnóstico cabe apuntar la necesidad de proteger los medios que ocupa para que en ellos se puedan mantener nutridas poblaciones como garantía de futuro y no pase a otras situaciones de mayor riesgo.

La población de Guara, en concreto, ocupa un área de aproximadamente 1 km², en una zona de difícil acceso dentro del Parque Natural. Además, el tamaño total de la población en 1998 era muy elevado, unas decenas de millones de individuos totales y unos millones de reproductores, tomando las debidas precauciones en la interpretación de los datos debido a la gran variabilidad en la densidad. Además, en la población se ha encontrado que hay plántulas germinadas a principio de la estación que sobreviven hasta su final, con lo que se ve que hay ejemplares para la reproducción en años venideros, si superan el filtro de los rigores del invierno.

A pesar de ello, se trata de una planta bienal con niveles de fertilidad no demasiado altos, el porcentaje de plántulas que sobrevive al primer verano

tan solo alcanza el 15% y la larga viabilidad de las semillas no se ha encontrado en todas las poblaciones. También se trata de una planta muy ligada a un medio específico: gleras calizas móviles, que en el Puntón de Guara no tienen apenas impactos antrópicos. Así pues, aunque esta localidad no parece que presente un riesgo inminente no habría que descuidar la protección de su medio, al igual que para el conjunto de la planta, con el fin de seguir conservando poblaciones numerosas donde crezca este interesante endemismo.

AGRADECIMIENTOS

El Instituto de Estudios Altoaragoneses (Diputación de Huesca) me concedió una ayuda a la investigación que hizo posible la materialización de este pequeño trabajo. L. Villar me facilitó la estancia en el Instituto Pirenaico de Ecología, donde lo he llevado a cabo. D. Manuel Montes Sánchez, director del Parque de la Sierra y Cañones de Guara, concedió el permiso para trabajar en la población de Guara. F. Fillat y D. Goñi me ofrecieron sus medios informáticos y su experiencia al manejarlos. J. L. Benito y M. Munárriz me acompañaron y ayudaron en parte del trabajo de campo. J. L. Benito y C. Pedrocchi hicieron oportunas correcciones en una primera versión del trabajo. M. B. García realizó valiosas aportaciones a la idea inicial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÓNIMO (1989). Ley 4/1989 de 27 de marzo de Conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres. *BOE*, 74/1989.
- ANÓNIMO (1990). Real Decreto 439/1990 de 30 de marzo, Catálogo nacional de especies amenazadas. *BOE*, 92/1990.
- ANÓNIMO (1992). Directiva 92/43/CEE de 21 de mayo de Conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *DOCE*, 206 de 22-7-1992.
- ANÓNIMO (1995). Decreto 49/1995 de 28 de marzo, Catálogo de especies amenazadas de Aragón. *BOA*, 42/1995.
- ANÓNIMO (1997). Decreto Foral 94/1997, de 7 de abril, Catálogo de la flora amenazada de Navarra. *BON*, 47/1997.

- ANÓNIMO (1998). Orden 3471/1998, Catálogo vasco de especies amenazadas de la fauna y flora, silvestre y marina. *BOPV*, 141/1998.
- CASTROVIEJO, S.; AEDO, C.; GÓMEZ-CAMPO, C.; LAÍN, M.; MONTSERRAT, P.; MORALES, R.; MUÑOZ, F.; NIETO, G.; TALAVERA, S. & VILLAR, L. (eds.) (1993). *Flora iberica IV*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC. 730 pp.
- COSTE, H. J. & SOULIÉ, J. A. (1911). Note sur le *Cochlearia aragonensis* (espèce nouvelle). *Bulletin de Géographie Botanique*, 21: 7-9.
- CRAWLEY, M. J. (1997). Life history and environment. In M. J. CRAWLEY (ed.), *Plant Ecology* (pp. 73-131). Oxford: Blackwell Science.
- ELLISON, A. M. (1993). Exploratory Data Analysis and Graphic Display. In S. M. SCHEINER & J. GUREVITCH (eds.), *Design and Analysis of Ecological Experiments* (pp. 14-45). New York London: Chapman & Hall.
- FALK, D. A. (1992). From Conservation Biology to Conservation Practice: Strategies for Protecting Plant Diversity. In P. L. FIELDER & S. K. JAIN (eds.), *Conservation Biology: The Theory and Practice of Nature Conservation, Preservation and Management* (pp. 397-431). New York & London Chapman & Hall.
- GARCÍA, M. B.; GUZMÁN, D.; GOÑI, D. & ASCASO, J. (1998). *Investigación y conservación de las especies de flora pirenaica amenazada (LIFE-Flora amenazada)*. Informe técnico para la DGA. Jaca, 1998.
- GÓMEZ-CAMPO, C. (1987). *Libro rojo de las especies vegetales amenazadas de España peninsular e islas Baleares*. Madrid: ICONA. 676 pp.
- GREENWOOD, J. J. D. (1996). Basic techniques. In W. J. SUTHERLAND (ed.), *Ecological Census Techniques: A Handbook* (pp. 11-110). Cambridge, Cambridge University Press.
- GUZMÁN, D. (1996). Asientos para un atlas corológico de la Flora occidental, 24. Mapa 730. *Cochlearia aragonensis* Coste & Soulié subsp. *navarrana* (P. Monts.) Vogt. *Fontqueria*, 43: 180.
- GUZMÁN, D. & BENITO ALONSO, J. L. (1996). Asientos para un atlas corológico de la Flora occidental, 24. Mapa 729. *Cochlearia aragonensis* Coste & Soulié subsp. *aragonensis*. *Fontqueria*, 43: 179.
- HARPER, J. L. (1977). *Population Biology of Plants*. London: Academic Press. 892 pp.
- IUCN (1994). Categorías de las listas rojas de la IUCN. Documento de Internet [<http://w3.iprolink.ch/uicnlib>].
- MONTSERRAT, P. & VILLAR, L. (1974). Les communautés endémiques à *Cochlearia aragonensis*, remarques géobotaniques et taxonomiques. *Doc. Phytosociologiques*, 7-8: 3-19.
- OOSTERMEIJER, J. G. B.; VAN'T VEER, R. & DEN NIJS, J. C. H. (1994). Population structure of the rare long-lived perennial *Gentiana pneumonante* in relation to vegetation and management in the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, 31: 428-438.

- RICHARDS, A. J. (1986). *Plant Breeding Systems*. London: George Allen & Unwin Ltd. 529 pp.
- SÁINZ OLLERO, H.; FRANCO MÚJICA, F. & ARIAS TORCAL, J. (1996). *Estrategias para la conservación de la flora amenazada de Aragón*. Zaragoza: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. 221 pp.
- SCHEMSKE, D. W.; HUSBAND, B. C.; RUCKELSHAUS, M. H.; GOODWILLIE, C.; PARKER, I. M. & BISHOP, J. G. (1994). Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology*, 75(3): 584-606.
- SILVERTOWN, J. W. & LOVETT DOUST, J. (1993). *Introduction to Plant Population Biology* (3rd ed.). Oxford: Blackwell Science. 210 pp.
- SUTHERLAND, S. & DELPH, L. F. (1984). On the importance of male fitness in plants: Patterns of fruit-set. *Ecology*, 65(4): 1093-1104.
- TUTIN, T. G.; BURGESS, N. A.; CHATER, A. O.; EDMONDSON, J. R.; HEYWOOD, V. H.; MOORE, D. M.; VALENTINE, D. H.; WALTERS, S. M. & WEBB, D. (eds.) (1993). *Flora europaea* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 581 pp.
- VOGT, R. (1987). Die Gattung *Cochlearia* L. (*Cruciferae*) auf der Iberischen Halbinsel. *Mitt. Bot. Staatssamml*, 23: 293-421.
- ZIMMERMAN, M. (1988). Nectar Production, Flowering Phenology, and Strategies for Pollination. In J. LOVETT DOUST & L. LOVETT DOUST (eds.), *Plant Reproductive Ecology* (pp. 157-178). Oxford: Oxford University Press.

IMPACTO SILVÍCOLA DE PITO REAL (*PICUS VIRIDIS*) SOBRE CHOPERAS CULTIVADAS EN EL CURSO MEDIO DEL RÍO CINCA (HUESCA)

José Damián MORENO RODRÍGUEZ¹

RESUMEN.—El estudio se ha realizado sobre tres parcelas de cultivo con 2.521 chopos, *Populus x euramericana*, en las riberas del río Cinca, en la provincia de Huesca. En estas parcelas hay algunos territorios de pito real, *Picus viridis*, y el objetivo era conocer el impacto real de esta especie sobre estos cultivos. Del total de los árboles estudiados, los resultados fueron que, en una media del 2,58%, se encontraban afectados por perforaciones y nidos; el 72,3% se hallaban enfermos o secos, y solo el 0,55% de los chopos estaban afectados por una pérdida maderable. La mayor parte de los ataques se concentraban en árboles debilitados o secos por un incendio o por estrés hídrico.

ABSTRACT.—*Forestry impact of the green woodpecker (Picus viridis) over the cultivation of poplars in the middle course of the Cinca River (Huesca).* The study has taken place over three cultivated plots with 2.521 poplars, *Populus x euramericana*, along the riverbank of the Cinca River, in the province of Huesca. In these plots, there were some territories of the green woodpecker, *Picus viridis*, and the objective was to know the real impact of this species over this cultivation. Over the total of the studied poplars, the results were: an average of 2.58% was affected with hole and

¹ jdmorenohu@gmail.com

nest; the 72.3% of them were sick or dead, and only the 0.55% of the poplars were affected with some lost of their wood. Most of the impacts are concentrated in weak or in dry trees because of the fires or hydric stress.

KEY WORDS.—Forestry impact, green woodpecker, poplars cultivation, Cinca River, Huesca.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los pícidos construyen sus nidos horadando una galería en los troncos de ciertos árboles. En el valle medio del río Cinca, en Huesca, la especie más abundante es el pito real (*Picus viridis*); la presencia del pico picapinos (*Dendrocopos major*) es escasa. Los cultivos lineales de chopos en ocasiones albergan nidos y, a su vez, hay árboles que son perforados en busca de larvas de insectos, componente sustancial en su dieta. Por todo ello, el pito real es considerado una especie dañina y crea cierto malestar entre los propietarios de estos cultivos. Con el presente trabajo se pretende conocer la afección real de esta especie sobre las choperas cultivadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para hallar el porcentaje de árboles dañados por la actuación de pito real se han seleccionado tres parcelas plantadas de chopos *Populus x euramericana* en la ribera del río Cinca, en Huesca; una en Estadilla (parcela 1) y dos en Monzón (parcelas 2 y 3), con un total de 2.521 árboles.

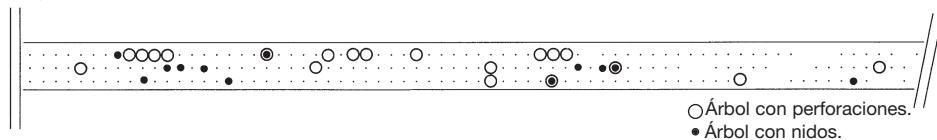


Fig. 1. Parcela 1. Chopera en el río Cinca (Estadilla, Huesca).

En los mapas esquemáticos realizados para cada parcela (Figs. 1, 2 y 3), se representan los árboles afectados por perforaciones y nidos, método similar al utilizado por otros autores (FRAILE, 1984; CUISIN, 1967).

Las tres parcelas tenían un marco de plantación de 6 x 6 metros, lo que da una densidad de 278 árboles/ha. El suelo estaba tan solo cubierto de herbáceas, ya que todas ellas se labraban con periodicidad, a la vez que la falta de luz dificultaba el crecimiento de otras especies. Las tres se cortaron en el invierno de 1997 y fue cuando se tomaron los datos para el presente trabajo, por lo que los daños hallados corresponden a todos los años de vida de los árboles. Todas las parcelas tuvieron algún territorio de pito real en su interior.

La parcela 1, de unos 7.000 m² y localizada en Estadilla, constaba de 199 chopos de 12 años y con una altura y diámetro medio de 28 m y 35,3 cm respectivamente. Se encontraba rodeada totalmente de cultivos agrícolas y cercana al río Cinca. Cuatro años antes había sufrido un incendio cuyos efectos eran patentes: varios árboles muertos y otros dañados.

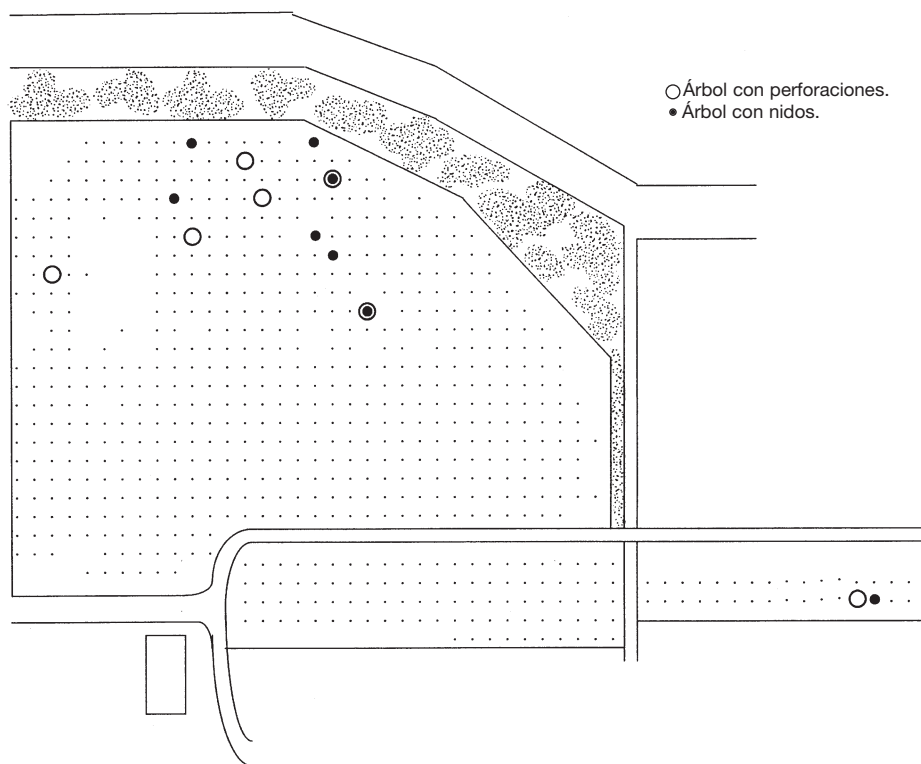


Fig. 2. Parcela 2. Chopera en el río Cinca (Monzón, Huesca).

La parcela 2, localizada en Monzón y con una superficie cercana a las 2,5 ha, contaba con 684 chopos de una edad de 12 años y con una altura de 29 m y diámetro de 34,7 cm como media (extremos de 15 y 52 cm). Se localizaba enclavada en una vasta extensión de choperas propiedad de la Administración y cercana a los sotos fluviales del río Cinca. La parte más cercana al río tenía un sustrato de gravas, apenas con tierra vegetal, lugar donde habían muerto varios árboles y otros se encontraban puntisecos y enfermos.

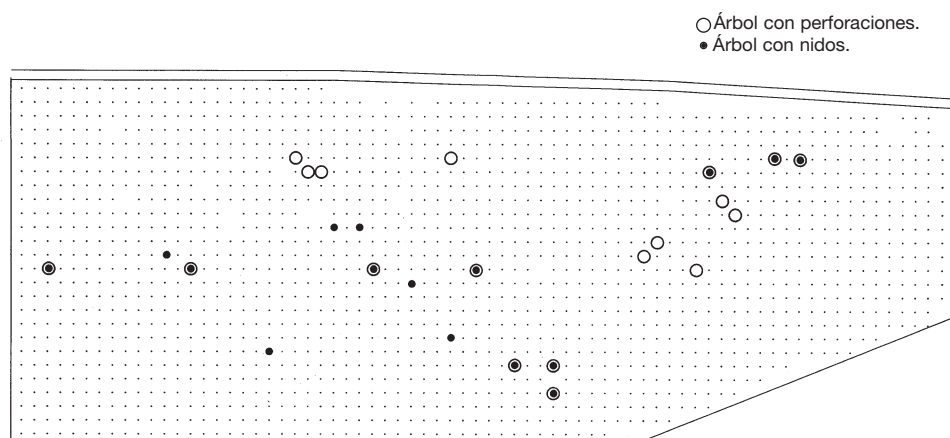


Fig. 3. Parcela 3. Chopera en el río Cinca (Monzón, Huesca).

La parcela 3, con una superficie de 6 ha y propiedad de la Administración, se encontraba junto a la anterior y contaba con 1.638 árboles de una altura de unos 28 m y diámetro medio de 33,5 cm, con extremos de 14 y 54 cm.

Para la obtención de los datos se revisaron todos los árboles cuando se cortaban con destino a la industria transformadora, anotando todos los que presentaban perforaciones y nidos, así como su localización en la parcela.

Para el cálculo de los árboles sanos con pérdidas maderables se han descartado todos aquellos que presentaban nido o perforaciones en ramas ya secas o en zonas consideradas no válidas para la industria transformadora; se incluyen solamente los que afectaban a fustes y ramas sanas con un grosor válido para el desenrollo, destino final de la madera.

RESULTADOS

La parcela 1 presentaba 29 árboles afectados por *Picus viridis*, lo que representa un 14,57%. El 58,62% de estos se encontraban enfermos o secos y el 41,38% restantes aparentemente eran árboles sanos, si bien se hallaban en la zona que sufrió el incendio, por lo que eran árboles que habían pasado por una fase de estrés y debilitamiento; algunos de ellos presentaban ramas puntisecas y ataques de insectos perforadores. El porcentaje de árboles con alguna pérdida maderable fue del 3,01%.

Tabla I. Número y porcentaje de árboles afectados por perforaciones y nidos.

	Total de árboles	Árboles con nido	%	Árboles con perforaciones	%	Árboles con nido y perforaciones	%	Total de árboles afectados	%
Parcela 1	199	9	4,52	17	8,54	3	1,51	29	14,57
Parcela 2	684	5	0,73	4	0,58	2	0,29	11	1,60
Parcela 3	1.638	6	0,36	9	0,55	10	0,61	25	1,52
TOTAL	2.521	20	0,79	30	1,19	15	0,59	65	2,58

Tabla II. Número y porcentaje de árboles afectados, sanos, enfermos, secos y pérdidas maderables.

	Árboles afectados	Nº de árboles afectados, enfermos y secos	%	Nº de árboles afectados, sanos aparentemente	%	Nº de árboles con pérdidas maderables sobre el total	%
Parcela 1	29	17	58,62	12	41,38	6	3,01
Parcela 2	11	8	72,7	3	27,3	3	0,44
Parcela 3	25	22	88	3	12	5	0,30
TOTAL	65	47	72,3	18	27,7	14	0,55

La parcela 2 se encontraba con 11 chopos afectados, lo que representaba un 1,60% sobre el total. El 72,7% de estos se encontraban enfermos o secos y el 27,3% restantes eran árboles aparentemente sanos. Casi todos ellos se concentraban en la zona de gravas; estos árboles sufrían la sequía en alguna ocasión y habían padecido también ataques de perforadores. El 0,43% de los chopos de la plantación presentaba alguna pérdida maderable.

La parcela 3 tenía 25 árboles con nidos y perforaciones, lo que supuso un 1,52% sobre el total de la plantación. El 88% de estos eran chopos enfer-

mos o secos y con ataque de insectos; el 20% restante, aparentemente sanos. Solamente un 0,30% del total tenía alguna pérdida maderable.

CONCLUSIONES

El resumen de los resultados obtenidos para las tres parcelas objeto de estudio y los totales se exponen en las tablas I y II.

En la parcela nº 1 se comprueba que, aunque se trata de un terreno fértil, posee un porcentaje mayor de árboles afectados que las otras dos parcelas. El motivo parece achacable al incendio que sufrió esta y que supuso un debilitamiento de los chopos, más propicios a posteriores ataques de insectos perforadores, que llegaron a causar la muerte de alguno de ellos.

En la parcela nº 2, la mayor parte de los daños se produjo en chopos situados en una zona de gravas someras, donde la retención de la humedad es menor y la tierra fértil escasa, con lo que los árboles se encontraban debilitados o ya secos.

En la parcela nº 3, muchos de los árboles afectados se hallaban secos o enfermos, carecían ya de valor maderable. Es probable que muchas de las perforaciones se realizasen sobre árboles que albergaran larvas de insectos, que incluso habrían producido la muerte de alguno de ellos, limitándose el pito real a buscar y comer las larvas.

El porcentaje de árboles afectados por pito real no varía del obtenido por otros autores en otras regiones de España; es incluso menor que el obtenido por estos, si consideramos el 1,81% de chopos afectados en la provincia de León (FRAILE, 1984). Solamente la parcela nº 1 aumenta espectacularmente este porcentaje.

El destino de la madera era el desenrollo, por lo que las pérdidas maderables ocasionadas por pito real consistirían en el desecho de la troza que alberga el nido o la pérdida de una primera capa en el desenrollo, para el caso de las perforaciones; no supondrían una grave merma de madera para cada chopo. Los resultados arrojan pérdidas maderables en el 3,01, 0,44 y 0,30% de los árboles de cada parcela, lo que resulta en conjunto un 0,55% de chopos con mermas maderables para el total.

Según se desprende de los resultados anteriores, el pito real no produce unas pérdidas maderables apreciables en los cultivos de chopos situados en tierras productivas o sobre árboles en un buen estado sanitario. Esta pérdida resulta mayor en los árboles que se encuentran debilitados o enfermos por diversas causas; asimismo, las perforaciones aumentan espectacularmente en los ejemplares atacados por insectos.

Aunque una parte sustancial de la dieta del pito real la componen las larvas de los insectos xilófagos, no puede considerarse a esta especie como eficaz en la lucha contra esta plaga, ya que no evita su aparición, aunque es indudable que reduce su incidencia y dificulta su extensión.

BIBLIOGRAFÍA

- CUISIN, M. (1967). Essai d'une monographie du pic noir, *Dryocopus martius*. *L'Oiseau et la Revue française d'Ornithologie*, 37: 4.
- FRAILE, B. (1984). Impacto silvícola de pito real (*Picus viridis*) y pico picapinos (*Dendrocopos major*) sobre choperas de la provincia de León. *Alytes*, II.

**ESPECIES DE DRYINIDAE Y EMBOLEMIDAE (HYMENOPTERA:
CHRYSIDOIDEA) COLECTADAS EN UN SABINAR DE *JUNIPERUS
THURIFERA* L. EN LOS MONEGROS (ZARAGOZA, ESPAÑA)**

Massimo OLMI¹

Hubert TUSSAC²

Javier BLASCO-ZUMETA³

RESUMEN.—Se comentan trece especies de Dryinidae y una de Embolemidae (Hymenoptera) recolectadas con distintos métodos de trapeo en un bosque de *Juniperus thurifera* L. de la comarca de Los Monegros (Zaragoza, España). *Dryinus gryps* (Reinhard, 1863) se cita por primera vez para España.

ABSTRACT.—*Species of Dryinidae and Embolemidae (Hymenoptera: Chrysidoidea) collected in a forest of Juniperus thurifera L. in Los Monegros region (Zaragoza).* The thirteen species of Dryinidae and one of Embolemidae (Hymenoptera) collected in a *Juniperus thurifera* L. forest of Los Monegros region (Zaragoza, Spain) are discussed. The specimens were taken by means of several collecting techniques. *Dryinus gryps* (Reinhard, 1863) is recorded for the first time in Spain.

¹ Università degli Studi della Tuscia. Dipartimento di Protezione delle Piante. Via S. Camillo de Lellis. I-01100 VITERBO.

² CAHORS.

³ javier(at)blascozumeta.com, blaszu@arrakis.es

KEY WORDS.—Hymenoptera, Dryinidae, Embolemidae, faunistics, new record, Monegros region, Spain.

INTRODUCCIÓN

Durante el periodo 1989-1994 ha tenido lugar un programa de inventariado de la biocenosis asociada a los sabinars de *Juniperus thurifera* L. en la comarca de Los Monegros (el área de estudio queda encuadrada por la cuadrícula UTM 30TYL29), en el que se han colectado mediante diferentes técnicas de trampeo las especies de Dryinidae y Embolemidae que motivan este artículo. Una descripción del área y la metodología del muestreo puede consultarse en RIBES *et al.* (1997).

Los drínidos son parasitoides y predadores de cigarrillas (Homoptera, Auchenorrhyncha), por lo que algunas especies han sido y son utilizadas en la lucha biológica contra las cigarrillas que causan daños en las plantas cultivadas (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997). La importancia de los drínidos en sanidad vegetal es por tanto muy grande; de ello la importancia de la conservación de áreas de vegetación natural en Los Monegros por ser el foco de donde los drínidos pueden migrar hasta las áreas cultivadas circundantes (las cigarrillas macrópteras parasitadas por drínidos pueden volar decenas de kilómetros transportando los parasitoides muy lejos de su lugar de origen).

Los embolémidos son parasitoides de algunas familias de cigarrillas (Achilidae y probablemente también Cixiidae) que viven en lugares muy particulares (cortezas de árboles o en el suelo picando raíces) (OLMÍ, 1995c). Son considerados bastante raros y no hay indicación de que posean una importancia práctica aplicada.

En España los drínidos han sido poco estudiados. Después de las primeras informaciones dadas por KIEFFER (1914), fue CEBALLOS (1927, 1944, 1956) quien publicó estudios importantes dedicados a las especies españolas. Su sistemática era todavía la misma de Kieffer y por tanto muy antigua y hoy ya superada. Aparte de Ceballos ningún autor se ha ocupado de la fauna de drínidos de España, excepto algunas contribuciones aisladas (por ejemplo HELLÉN, 1930), hasta OLMÍ (1984), que en su revisión de los drí-

nidos del mundo trató también de manera bastante completa todas las especies españolas entonces conocidas. El mismo OLMÍ publica después otros trabajos aislados, donde se describen nuevas especies (1987, 1989, 1990, 1995a, 1995b, 1996). TUSSAC (1988a, 1988b) y TUSSAC & TUSSAC (1991) publican también otras valiosas contribuciones al conocimiento de la fauna de España. Con probabilidad la fauna de drínidos de España está solo parcialmente inventariada, dados los indicios que indican que el número de especies existentes debe de ser bastante mayor que el descrito hasta el momento. Otras lagunas en nuestro conocimiento de la fauna española es la casi total ignorancia de los huéspedes y la descripción de muchas especies solo a partir de hembras, pues los machos permanecen desconocidos.

No existían datos sobre los Embolemidae de España hasta el trabajo de revisión mundial de OLMÍ (1995c). El catálogo de los himenópteros de España de CEBALLOS (1956) no indicó de hecho ninguna especie de embolemido. *Embolemus ruddii* Westwood es la única especie mencionada en la citada publicación de Olmi y probablemente en España, como en toda Europa, viva solo esta especie. Un trabajo interesante sería precisar la distribución en la península ibérica de *E. ruddii*, ya que está citada solo en unas pocas localidades, y descubrir los huéspedes, que hasta ahora son completamente desconocidos.

RESULTADOS

Se relacionan a continuación las especies de Dryinidae y Embolemidae determinadas, indicando los siguientes datos de captura: método/trampa, fecha, número de individuos y sexo de los mismos. Las especies de Cicadellidae presentes en Los Monegros han sido determinadas por W. della Giustina (datos no publicados).

FAMILIA DRYINIDAE

SUBFAMILIA ANTEONINAE

Anteon ephippiger (Dalman, 1818)

Elemento paleártico de biología casi desconocida, si bien la cópula ha sido observada por BECKER (*in* WALOFF & JERVIS, 1987). Ha sido citada parasitando un elevado número de

especies de Cicadellidae pertenecientes a las tribus Athysanini, Deltocephalini, Macrostelini, Opsiini, Paralimnini y Macropsini (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997). El único dato de huésped español es en *Opsius* spp. (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997), que vive sobre *Tamarix* spp.

Material examinado: trampa Malaise, 24-V-91, 1 ♀ . Total: 1 ♀ .

Esta especie está citada también de Nerja (Granada) (OLMÍ, 1984); otras citas no publicadas son El Burgo de Osma (Soria), 20 km O. Martinet (Lérida), San Rafael (sierra de Guadarrama), Rosas (Gerona), El Ventorrillo (Madrid), Calpe (Alicante), Horcajuelo (Madrid).

Anteon pinetellum De Rond, 1998

Elemento europeo occidental citado en Holanda, Francia y España. En Holanda se ha encontrado en pinares de *Pinus sylvestris* L. parasitando a *Grypotes puncticollis* (Herrich-Schäffer) (Cicadellidae) (DE ROND, 1998). Un probable huésped en Los Monegros podría ser *Grypotes staurus* Ivanoff sobre *Pinus halepensis* Mill.

Material examinado: trampa de luz, 20-VIII-93, 1 ♀ . Total: 1 ♀ .

En España esta especie es conocida solamente de Benicasim (Castellón) (DE ROND, 1998).

Anteon pubicorne (Dalman, 1818)

Elemento paleártico de biología poco conocida. En el Reino Unido esta especie puede ser univoltina o bivoltina (WALOFF, 1974, 1975) y se ha citado dubitativamente a *Ismarus rugulosus* Förster (Hymenoptera, Diapriidae) como su parasitoide (WALOFF, 1975). Ha sido citada parasitando especies de Cicadellidae pertenecientes a las tribus Athysanini, Macrostelini, Opsiini, Paralimnini y Macropsini (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997).

Material examinado: barrido en *Carduus bourgeanus* Boiss. & Reut., 20-V-91, 1 ♂ ; en *Rosmarinus officinalis* L., 25-II-90, 1 ♂ ; en *Onopordum nervosum* Boiss., 26-V-91, 1 ♂ ; en *Tamarix canariensis* Willd., 9-VI-91, 1 ♀ ; trampa Malaise, 9-IV-91, 1 ♂ ; 24-V-91, 1 ♀ ; 7-VI-91, 1 ♂ . Total: 5 ♂ ♂ 2 ♀ ♀ .

Ha sido citada también en (datos no publicados) San Sebastián; Barruera (Lérida), Cambrils (Tarragona), Rosas (Gerona), El Ventorrillo (Madrid), El Goloso (El Pardo, Madrid).

Anteon tripartitum Kieffer, 1905

Elemento paleártico de biología desconocida. Ha sido citada parasitando a *Graphocraenus ventralis* (Fallén), *Thamnotettix confinis* Zetterstedt y *Psammotettix* sp. (Cicadel-

lidae) (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997). En el área de estudio se ha colectado *Psammotettix alienus* (Dahlbom).

Material examinado: trampa Moericke, 9-III-91, 1 ♂. Total: 1 ♂.

En España esta especie es conocida solamente de El Ventorrillo (Madrid) (dato no publicado).

SUBFAMILIA DRYININAE

Dryinus corsicus Marshall, 1874

Elemento euro-mediterráneo de biología desconocida. Ha sido citada parasitando a *Hysteropterum schaefferi* Metcalf y *Agalmatium flavescens* (Olivier) (Issidae) (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997).

Material examinado: barrido en *Reseda lutea* L., 9-VI-91, 1 ♀; trampa Malaise, 24-V-91, 1 ♀; 9-VI-91, 1 ♂; 25-VIII-91, 1 ♀. Total: 1 ♂ 3 ♀.

Esta especie es conocida en España (OLMÍ, 1984) también de Palamós (Barcelona), Mazarrón (Murcia), sierra de Espuña (Murcia), El Escorial (Madrid), Cubillas (Granada), Nerja (Granada). Otras localidades son (datos no publicados): Benicasim (Castellón), 10 km Abejar (Soria), Jávea (Alicante).

Dryinus gryps (Reinhard, 1863)

Elemento mediterráneo de biología y huéspedes desconocidos. Esta especie era conocida solo de Italia y Francia (OLMÍ, 1984); por tanto, es nueva para España.

Material examinado: platos de colores, 9-IX-91, 1 ♀. Total: 1 ♀.

Dryinus tarraconensis Marshall, 1868

Elemento centroeuropeo-mediterráneo, cuya biología ha sido estudiada por PILLAULT (1951). Ha sido citada parasitando a *Dictyophara europaea* (Linnaeus) (Dictyopharidae) (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997).

Material examinado: trampa Malaise, 24-V-91, 1 ♂. Total: 1 ♂.

En España está citada (OLMÍ, 1984) en Torla (Huesca), El Escorial (Madrid), Benicasim (Castellón), Salou (Tarragona). Otras localidades (datos no publicados): Sierra Nevada (2.200 m, Granada), Calpe (Alicante), Carboneras (Almería), Ucero (Soria), El Goloso (El Pardo, Madrid).

SUBFAMILIA GONATOPODINAE

Gonatopus albolineatus Kieffer, 1905

Elemento euromediterráneo que vive sobre *Tamarix* spp., donde se ha citado parasitando a *Opsius lethierryi* Wagner y *O. stactogalus* Fieber (Cicadellidae) (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997). Biología desconocida.

Material examinado: barrido en *Tamarix canariensis*, 28-VIII-92, 1 ♀ . Total: 1 ♀ .

Esta especie es conocida también de Rosas (Gerona) y Marbella (Córdoba) (datos no publicados).

Gonatopus atlanticus Olmi, 1984

Elemento mediterráneo de biología desconocida. Ha sido citada parasitando a *Brachypteron grisea* Lindberg, *Euscelis lineolatus* Brullé y *Psammotettix wagneri* Remane (Cicadellidae) (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997). En la zona de estudio se han colectado dos especies de *Euscelis* (*E. alsius* Ribaut y *E. lineolatus*) y una de *Psammotettix* (*P. alienus* [Dahlbom]).

Material examinado: barrido en *Lygeum spartum* L., 24-III-92, 2 ♀ ♀ . Total: 2 ♀ ♀ .

Especie citada en Pozuelo (OLMÍ, 1984). Otras localidades (datos no publicados): Pozo del Espartal, Carboneras y Turre (Almería).

Gonatopus blascoi Olmi, 1995

Especie solo conocida en Los Monegros (OLMÍ, 1995a), de biología y huésped desconocidos.

Material examinado: barrido en *Juniperus thurifera* L., 25-V-92, 1 ♀ . Total: 1 ♀ .

Gonatopus clavipes (Thunberg, 1827)

Elemento presente en prácticamente toda la región paleártica. En Europa, donde era conocido con el antiguo nombre de *Gonatopus sepsoides* Westwood, es probablemente el drínido más común. Su biología es en parte conocida por los trabajos de ABDUL-NOUR (1976), TEODORESCU (1982) y WALOFF (1974, 1975). Ha sido citada parasitando a un elevado número de especies y géneros de Cicadellidae (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997).

Material examinado: barrido en el *Agropyro-Lygeion* Br.-Bl. & Bolòs, 24-III-92, 2 ♀ ♀ ; 20-IV-92, 2 ♀ ♀ . Total: 4 ♀ ♀ .

Esta especie se conoce también en Pozuelo de Calatrava (OLMÍ, 1984) y Playa de Aro (TUSSAC & TUSSAC, 1991). Otras localidades (datos no publicados): Rosas (Gerona), puer-

to de Somport (Navarra), Picos de Europa, Cercedilla (Madrid), El Ventorrillo (Madrid), Ca'n Picafort (Mallorca).

Gonatopus longicollis (Kieffer, 1905)

Elemento circunmediterráneo de biología desconocida. Se ha citado parasitando a homópteros de los géneros *Issus* sp. e *Hysteropterum* sp. (Issidae) (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997).

Material examinado: platos de colores, 9-IX-91, 1 ♀ ; trampa Malaise, 20-IV-91, 1 ♀ ; 20-VI-91, 1 ♂ . Total: 1 ♂ 2 ♀ .

Esta especie se conoce también (OLMÍ, 1984) en Montarco, El Pardo (Madrid), Paracuellos de Jarama (Madrid), sierra de Espuña (Murcia). Otras localidades (datos no publicados) son: Barco de Ávila (Ávila), Ricote (Murcia), Cercedilla (Madrid), Cambrils (Tarragona), Marbella (Málaga), sierra del Ahillo (Jaén), Mojácar (Almería), Fortuna (Murcia), El Pardo (sierras de Segura).

Gonatopus lunatus Klug, 1910

Elemento presente en casi toda la región paleártica. Su biología es en parte conocida por el trabajo de LINDBERG (1950). Ha sido citada parasitando a un gran número de especies y géneros de Cicadellidae (GUGLIELMINO & OLMÍ, 1997).

Material examinado: barrido en *Santolina chamaecyparissus* L., 28-VI-92, 1 ♀ . Total: 1 ♀ .

Esta especie se conoce también de Algeciras (OLMÍ, 1984) y Playa de Aro (TUSSAC & TUSSAC, 1991). Otras localidades (datos no publicados): Montarco, San Rafael, Ca'n Picafort (Mallorca), Cambrils (Tarragona), Lagos (Málaga), barranco del Espartal (Baza, Granada), Calpe (Alicante).

FAMILIA EMBOLEMIDAE

Embolemus ruddii Westwood, 1833

Especie paleártica de biología y huésped desconocidos.

Material examinado: platos de colores, 20-VI-91, 1 ♂ ; barrido en *Juniperus thurifera*, 30-VII-91, 3 ♂ . Total: 4 ♂ .

Esta especie es conocida también (OLMÍ, 1995c) de El Ventorrillo (Madrid) y Centellas (Barcelona).

DISCUSIÓN

En Los Monegros está presente la única especie española y europea de embolémidos (*Embolemus ruddii* Westwood) (OLMI, 1995c).

La situación de los drínidos es diferente, ya que la familia está representada en España (incluidas las islas Canarias) por 64 especies (OLMI, en prensa), que se citan a continuación:

Aphelopinae: *Aphelopus melaleucus* (Dalman, 1818), *A. atratus* (Dalman, 1823), *A. serratus* Richards 1939, *A. camus* Richards 1939.

Anteoninae: *Lonchodryinus ruficornis* (Dalman, 1818); *Anteon jurineanum* Latreille, 1809, *A. arcuatum* Kieffer, 1905, *A. flavicorne* (Dalman, 1818); *A. ephippiger* (Dalman, 1818), *A. pubicorne* (Dalman, 1818), *A. tripartitum* Kieffer, 1905, *A. gaullei* Kieffer, 1905, *A. fulviventre* (Haliday, 1828), *A. pinetellum* De Rond, 1998; *Prioranteon hispanicum* Olmi, 1989.

Bocchinae: *Bocchus scaramozzinoi* Olmi, 1984, *B. europaeus* (Bernard, 1939).

Dryininae: *Dryinus canariensis* (Ceballos, 1927), *D. collaris* (Linnaeus, 1767), *D. tarraconensis* Marshall, 1868, *D. albrechti* (Olmi, 1984), *D. maroccanus* (Olmi, 1984), *D. corsicus* Marshall, 1874, *D. tussaci* Olmi, 1989, *D. dayi* (Olmi, 1984), *D. ibericus* (Olmi, 1990), *D. balearicus* Olmi, 1987, *D. gryps* (Reinhard, 1863).

Gonatopodinae: *Echthrodelpfax hortusensis* (Abdul-Nour, 1976), *E. baenai* Olmi, 1995, *Haplogonatopus oratorius* (Westwood, 1833), *Gonatopus nearcticus* (Fenton, 1921), *G. camelinus* Kieffer, 1904, *G. dromedarius* (Costa, 1882), *G. distinctus* Kieffer, 1906, *G. pallidus* (Ceballos, 1927), *G. felix* (Olmi, 1984), *G. canariensis* (Olmi, 1984), *G. helleni* (Raatikainen, 1961), *G. pulicarius* Klug, 1810, *G. audax* (Olmi, 1984), *G. blascoi* Olmi, 1995, *G. vistosus* Olmi, 1984, *G. horvathi* Kieffer, 1906, *G. bilineatus* Kieffer, 1904, *G. distinguendus* Kieffer, 1905, *G. striatus* Kieffer, 1905, *G. albolineatus* Kieffer, 1905, *G. atlanticus* Olmi, 1984, *G. ater* Olmi, 1984, *G. lindbergi* Hellén, 1930, *G. lunatus* Klug, 1810, *G. tenerifei* Olmi, 1984, *G. fortunatus* Olmi, 1993, *G. planiceps* Kieffer, 1904, *G. subtilis* Olmi, 1984, *G. formicarius* Ljungh, 1810, *G. brunneicollis* (Richards, 1972), *G. clavipes* (Thunberg, 1827), *G. kenitrensis* Olmi, 1990, *G. mediterraneus* Olmi, 1990, *G. baeticus* (Ceballos, 1927), *G. longicollis* (Kieffer, 1905), *G. albifrons* (Olmi, 1994).

Las especies de drínidos colectadas en Los Monegros son solo trece, comparadas con las 64 españolas y las 60 francesas (TUSSAC & OLMÍ, en prensa). Resulta llamativa la ausencia de los *Aphelopus*, que generalmente son colectados en gran número con la trampa Malaise. Queda para el futuro profundizar en el estudio de los drínidos de Los Monegros y determinar si las especies conocidas son solo una pequeña representación de un núme-

ro mayor o estamos ante un área cuyas condiciones ambientales limitan la presencia del grupo.

Entre las especies consideradas muy comunes (*Anteon ephippiger*, *A. pubicorne*, *A. tripartitum*, *Dryinus tarraconensis*, *Gonatopus albolineatus*, *G. clavipes*, *G. lunatus*) o interesantes pero habituales (*Dryinus corsicus*; *Gonatopus atlanticus*, *G. longicollis*), tres especies son ciertamente muy raras: *Dryinus gryps*, *Gonatopus blascoi* y *Anteon pinetellum*. *Dryinus gryps* se conoce solo de tres localidades de Francia y dos de Italia (OLMI, en prensa). Su descubrimiento en Los Monegros es muy interesante, ya que sugiere que probablemente está presente en otras localidades de la península Ibérica. *Gonatopus blascoi* es conocido solo de Los Monegros, con un único ejemplar, aunque probablemente no sea endémico del área (el endemismo en los drínidos es muy raro) y solo investigaciones futuras demostrarán su distribución real, si bien puede tratarse ciertamente de una especie muy especializada. *Anteon pinetellum* ha sido recientemente descrita y venía siendo confundida con *A. ephippiger* y separada gracias a los estudios de DE ROND (1998). También esta especie está probablemente extendida en la región mediterránea, aunque en este momento la cita de Los Monegros es de mucho interés ya que es uno de los pocos ejemplares conocidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de William della Giustina y Jeroen de Rond, por su permiso para la utilización de datos no publicados y por la determinación de *Anteon pinetellum*, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-NOUR, H., 1976. Les Dryininae du sud de la France (Hym., Dryininae). Notes taxonomiques; description de deux nouveaux genres. *Annls. Zool. Écol. Anim.*, 8: 265-278.
- CEBALLOS, G., 1927. Anteoninos del Museo de Madrid (Hy., Bethylidae). *EOS*, 3: 97-109.
- CEBALLOS, G., 1944. *Las tribus de los himenópteros de España*. Publ. Inst. Esp. Entomol. 422 pp.
- CEBALLOS, G., 1956. *Catálogo de los himenópteros de España*. Trab. Inst. Esp. Entomol. 554 pp.

- DE ROND, J., 1998. *Anteon pinetellum*, a new Palaearctic dryinid (Hymenoptera: Dryinidae). *Ent. Ver., Amst.*, 58 (7): 133-138.
- GUGLIELMINO, A. & OLMI, M., 1997. A host-parasite catalog of world Dryinidae (Hymenoptera: Chrysidoidea). *Contrib. Ent. Internat.*, 2 (2): 165-298.
- HELLÉN, W., 1930. Inventa entomologica itineris Hispanici et Maroccani, quod a. 1926 fecerunt Harald et Hakan Lindberg. VI. Dryinidae et Bethylidae. *Comm. Biol. Soc. Sci. Fenn.*, 3 (11): 1-6.
- KIEFFER, J.-J., 1914. *Bethylidae*. Das Tierreich, 41. 595 pp.
- LINDBERG, H., 1950. Notes on the biology of dryinids. *Commentat. Biol.*, 10: 1-19.
- OLMI, M., 1984. *A revision of the Dryinidae (Hymenoptera)*. Mem. Amer. Ent. Inst., 37. 1.930 pp.
- OLMI, M., 1987. New species of Dryinidae (Hymenoptera, Chrysidoidea). *Fragm. Entomol.*, 19 (2): 371-456. Roma.
- OLMI, M., 1989. Supplement to the revision of the world Dryinidae (Hymenoptera Chrysidoidea). *Frustula entomol., N. S.*, 12 (25): 109-395. Pisa.
- OLMI, M., 1990. Description de cinq nouvelles espèces de Dryinidae de la région paléarctique (Hymenoptera, Chrysidoidea). *Revue fr. Ent. (N. S.)*, 12 (3): 135-142.
- OLMI, M., 1995a. Description de trois nouvelles espèces de Dryinidae [Hymenoptera, Chrysidoidea]. *Revue fr. Ent. (N. S.)*, 17 (4): 133-136.
- OLMI, M., 1995b. Contribution to the knowledge of the world Dryinidae (Hymenoptera Chrysidoidea). *Phytophaga*, 6: 3-54.
- OLMI, M., 1995c. A revision of the world Embolemidae (Hymenoptera Chrysidoidea). *Frustula entomol., N. S.*, 18 (31): 85-146. Pisa.
- OLMI, M., 1996. Systematics of the genera *Echthrodelpax* and *Mercetia* (Hymenoptera: Dryinidae). *Mem. Ent. Soc. Washington*, 17: 179-182.
- OLMI, M., en prensa. *Drynidae et Embolemidae (Hymenoptera Chrysidoidea)*. Fauna d'Italia, Calderini Ed., Bologna.
- PILLAULT, R., 1951. Notes sur *Dryinus tarraconensis* (Hym., Dryinidae) prédateur d'une cicadelle. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 120: 67-76.
- RIBES, J.; BLASCO-ZUMETA, J., & RIBES, E., 1997. *Heteroptera de un sabinar de Juniperus thurifera L. en Los Monegros, Zaragoza*. Monografías SEA, 2. 127 pp.
- TEODORESCU, I., 1982. Some aspects of the biology of *Gonatopus sepsoides* Westwood (Hym. Dryinidae). *Anuar. Univ. Buc., Biol.*, 31: 67-72.
- TUSSAC, H., 1988a. Aire de distribution de six Dryinidae (Hymenopt. Chrysidoidea). *L'Entomologiste*, 44 (2): 118.
- TUSSAC, H., 1988b. Cinq Dryinidae (Hymenopt. Chrysidoidea) nouveaux pour le Maroc. *L'Entomologiste*, 44 (6): 351.

- TUSSAC, H. & OLMI, M., en prensa. Contribution à l'inventaire des Dryinidae de France (Hymenoptera Aculeata, Chrysidoidea) de France métropolitaine. *Bull. Soc. ent. Fr.*
- TUSSAC, H. & TUSSAC, M., 1991. Récapitulatif d'une collecte de Dryinidae et Diapriidae (Hym. Chrysidoidea et Proctotrypoidea). *L'Entomologiste*, 47 (4): 189-194.
- WALOFF, N., 1974. Biology and behaviour of some species of Dryinidae (Hymenoptera). *J. Ent. (A)*, 49 (1): 97-109.
- WALOFF, N., 1975. The parasitoids of the nymphal and adult stages of leafhoppers (Auchenorrhyncha: Homoptera) of acidic grassland. *Trans R. ent. Soc. Lond.*, 126 (4): 637-686.
- WALOFF, N. & JERVIS, M., 1987. Communities of parasitoids associated with leafhoppers and planthoppers in Europe. *Adv. Ecol. Res.*, 17: 281-402.

HIDROQUÍMICA DE AGUAS NATURALES DEL PIRINEO ALTOARAGONÉS

Miguel Ángel PUYAL ROMERO¹
José Antonio CUCHÍ OTERINO²
José Antonio MANSO ALONSO²

RESUMEN.—Se ha realizado un estudio hidroquímico de aguas relacionadas con diversas facies geológicas en el Pirineo del Alto Aragón.

ABSTRACT.—The hydrochemistry of the waters related with several geological facies of the Alto Aragón Pyrenees was studied.

KEY WORDS.—Hydrochemistry, Pirineo, Huesca.

INTRODUCCIÓN

En las diversas facies litológicas del Pirineo altoaragonés se encuentran corrientes de agua superficial y fuentes con diferentes hidroquímicas. Aunque se han utilizado desde la antigüedad, no existe demasiada información sobre las mismas. Solo BESCÓS (1991), BUERA (1998), LARREY y cols.

¹ HUESCA.

² Escuela Universitaria Politécnica de Huesca. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA.

(1996), MORENO y cols. (1997), NINOT y cols. (1993), SÁNCHEZ (1987) y SAZ (1991) presentan algunos datos de calidad química en diversos puntos del Pirineo.

Para ampliar el nivel de información, se ha realizado un amplio barrido del Pirineo altoaragonés, donde se ha intentado incluir aguas relacionadas con las facies geológicas más características.

MARCO GEOGRÁFICO, GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio abarca el Pirineo de la provincia de Huesca, desde el valle de Oza hasta el de Llauset. La frontera francesa forma el límite norte y los somontanos subpirenaicos actúan como margen sur. Se han incluido, por tanto, Pirineo, Prepirineo y las depresiones interiores.

La geología de la zona de estudio es relativamente compleja. Una visión simplificada puede encontrarse en PEDROCCHI (1997). En una primera aproximación, las facies que se han considerado más interesantes son calizas del Devónico y del Cretácico-Eoceno, areniscas rojizas del Estefano Pérmico, batolíticos graníticos y sus aureolas metamórficas, salmueras del Keuper y margas grises del Eoceno.

En cuanto a aguas superficiales, todos los materiales albergan corrientes de agua, cuya hidrología cuantitativa depende del régimen nival/pluvial de las precipitaciones y la relación entre aguas superficiales y subterráneas. La hidrogeología de la zona pirenaica está todavía poco estudiada. Los acuíferos en calizas tienen claras características de *karst* de montaña. Existe un amplio número de unidades kársticas con extensas zonas de adsorción, importantes sumideros, grandes sistemas de cavidades y surgencias de caudal variable. En los granitos existe un doble flujo fisurado, de caudales modestos. La lajación superficial transmite aguas frías, visibles en Resposmuso, Bachimaña y Literola, mientras que las fracturas estructurales parecen ser responsables de las aguas termales en Panticosa y Benasque. Las areniscas parecen presentar un flujo poroso. Los materiales del Keuper y las margas grises han sido considerados como acuicludos, aunque en ellos afloran aguas con interés hidroquímico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras se seleccionaron a partir de diversas fuentes de información geológica, geográfica y etnológica, así como por referencias de pastores, montañeros, agentes forestales y autoridades locales. A partir de la información obtenida se seleccionaron las siguientes zonas:

- Cabecera del Aragón Subordán: Hecho, Oza y Aguas Tuertas.
- Cabecera del Aragón: Astún, Rioseta, Canal Roya y Villanúa.
- Cabecera del Gállego: Portalet, Corral de las Mulas, embalse de La Sarra, balneario de Panticosa, Santa Elena.
- Cabeceras del Cinca: minas de Parzán (Liena), Tabernés y Viadós.
- Cabecera del Ésera: Eriste, Aigualluts, Vallibierna y Campo.
- Cabecera del Isábena: Villarrué y Capella.
- Cabecera del Noguera Ribagorzana: Llauset.
- Prepirineo y depresiones interiores: salinas de Naval, balnearios de Estadilla y Arro, Sabiñánigo, Senegüé, Ordovés.

In situ, se determinaron temperatura y conductividad mediante un conductímetro Orion 122; pH y potencial redox, con un pHmetro Orion 920A; oxígeno disuelto, con un YSI 55.

Según las circunstancias, en cada punto de agua se llegó a tomar hasta cuatro muestras diferentes, en botellas de PVC o polipropileno, para alcalinidad, iones normales, metales pesados y sulfuros. Las dos primeras se transportaron y almacenaron con refrigeración. Se añadieron 5 cm³ de ácido nítrico concentrado a las muestras para análisis de metales pesados. Para sulfuros, solo en aquellas en que se detecta organolépticamente su presencia, se adicionaron 2 gramos de acetato de zinc sólido. Todas las botellas habían sido previamente lavadas con HCl concentrados y enjuagadas con agua desionizada. En el muestreo se enjuagaron al menos tres veces con el agua a analizar.

La alcalinidad se determinó, en todos los casos, en menos de 24 horas desde la recogida, sobre muestras conservadas en nevera. El resto de iones comunes y los sulfuros se analizaron en menos de una semana en los laboratorios de la EUPH; los metales pesados, en el Servicio Central de Análisis de la Universidad de Zaragoza.

Los cloruros se determinaron mediante electrodo selectivo, con adición de nitrito sódico; los sulfatos, por turbidimetría con adición de cloruro de bario en medio acético, en un aparato Unicam UV2, a 470 nm; la alcalinidad, por adición de ácido sulfúrico, con naranja de metilo como indicador; los nitratos, por absorbancia a 220 nm en medio ácido; el sílice, por colorimetría a 820 nm, con formación de molibdosilicato; sodio, potasio y calcio, por fotometría de emisión de llama a 589 nm, 765 nm y 623 nm en un Jenway PFP7; el magnesio, por complexometría con AEDT a pH 10 y Negro de Eriocromo T como indicador; los fluoruros, por valoración potenciométrica con electrodo selectivo y electrodo de referencia; los sulfuros totales, mediante yodatometría.

Aluminio, arsénico, hierro, manganeso, cobre, zinc, plomo, boro y mercurio se analizaron mediante ICP; aluminio, arsénico, hierro y manganeso se determinaron también en algunas muestras por espectrometría analítica con cámara de grafito y efecto Zeeman en un Varian Spectra 300/400.

Los datos analíticos fueron procesados con el programa WATEQF, del U. S. Geological Survey, que calcula la especiación y grado de saturación/instauración de las muestras de agua en varios minerales.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en la tabla I.

El pH se expresa en unidades de pH, temperatura en grados centígrados, conductividad en microsiemens/cm, a 20 °C, oxígeno disuelto en ppm, potencial redox en milivoltios, los iones mayoritarios en miligramos por litro. Los metales pesados, por ICP en miligramos por litro. Los datos entre paréntesis indican los valores extrapolados por debajo de los límites de detección por este método. Las cuatro últimas columnas presentan los datos de metales pesados en microgramos por litro determinados mediante efecto Zeeman. La última línea de la tabla muestra los límites de detección para ICP.

INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos se han clasificado las aguas en cuatro tipos. Como «normales» se han calificado las aguas relacionadas con macizos calizos y formaciones de areniscas. Más singularidad presentan las

Tabla I. Datos analíticos de diversas aguas del Pirineo del Alto Aragón.

	pH	t °C	CE μ S/cm	OD ppm	Eh mV	HCO ₃ ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	F ⁻	Cl ⁻	S ²⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Sílice	Fechas
Liena	5,35	5,1	127	9,51	533	68,32	4,94	15,9	0	0,12	0,242	0,07		3,16	0,39	0	17/6/95
Arro	7,7	19	1,192	2,6	-280	244	50,08	36,1	123	4,2	0,445	11,3	2,56	3,46	369,8	0,79	17/6/95
Estadilla	7,12	12,5	1,872	0,46	163	351,26	135,5	89,03	99	6,79	0,32	65,2	0,48	12,4	406,4	3,55	24/6/95
Naval	7,16	21,5	298,000	5,9	289	178,61	234,4	1,850	26,050	903	0,33	151,200		4,220	1,015	0	24/6/95
Portalet	6,77	8,1	336	6,77	374	113,12	8,46	51,8	0	0,07	2,16	1,19		2,8	49,8	0	17/8/95
Corral de las Mulass	7,19	16,5	128	5,7	397	53,58	0,78	19,6	0	0,21	0	1,06		1,79	19,12	0	17/8/95
La Sarra	7,55	8,3	306	10,02		161,08	14	36,6	2,47	0,21	0	0,96		11,3	21,13	0,57	6/9/95
Tiborio	9,1	47	176	2,89		50,49	2,92	0	26,56	0,9	0,98	14,2	1,92	9,64	27,43	9,99	6/9/95
La Belleza	9,15	27,9	164	2,03	-139	52,87	2,92	0	25,57	0,73	0,87	9,46	0,32	11,6	22,43	8,32	6/9/95
Ordovés	7,37	22,4	523	4,56		281,25	31,64	47,23	7,59	2,13	0	8,04		17,5	27,97	1,87	6/9/95
Ordovés (piedra)	7,54	22,3	528	4,44		281,67	31,64	47,33	7,51	2,48	0	8,57		28,83	28,91	1,77	6/9/95
A. Claver	7,22	13,3	1,481	1,89	65,4	349,8	96,46	23,3	126	4,6	0,199	25,6	0,48	24,4	386,3	4,45	23/9/95
J. Claver	7,31	15,2	1,691	3,74	20,3	625,1	12,13	81,5	292	4,5	0,281	101	0,48	5,94	321,4	5,67	23/9/95
Aguas Tuertas	8,22	11,4	249	9,86	348	136,93	13,4	30,8	0	2,07	0,29	1,15		2,83	28,34	0,71	30/9/95
Oza	8,04	9,4	284	10,1	376	178,6	13,8	34,9	0	2,65	0,24	38,7		4,42	16	2	30/9/95
Merendero de Orza	6,88	9,8	303	6,85	411	178,6	13,8	36,5	0	2,07	0,31	1,23		2,94	19,53	1,87	30/9/95
Barranco de la Mina	8,23	8,8	172	10,7	483	101,21	6,42	23,1	0	1,68	0,27	2,61		1,66	22,18	1,06	30/9/95
Acherito	8,18	12,6	178			101,2	6,32	23,3	0	1,48	0,31	1,09		1,15	20,02	0,93	30/9/95
Baños de Hecho	7,38	12,9	1,132	2,83	-74,1	666,8	12,94	23,5	234	7,71	3,35	56,1	4,9	4,69	41,95	7,47	30/9/95
C. Bachimala	6,07	6,7	54,9	9,36	264	3,57	1,83	4,2	0	0,28	0,49	0		1,59	20,9	1,81	7/10/95
Cinqueta de la Pez	6,68	6,7	44,9	9,15	438	7,14	0,07	6,3	0	0,46	0,34	0		1,41	33,94	1,46	7/10/95
Cinqueta de la Madera	4,07	7,7	71,4	9,13	396	0	2,59	1,34	0	0,26	0,52	0		0,66	23,51	1,98	7/10/95
Barranco Tabernés	3,61	10	63	9,51	506	0	0,97	0	0	0,04	0,42	0,86		0,34	10,48	0,69	7/10/95
Fuente Encante	6,86	8,4	279	8,25	330	19,65	7,76	36,11	0	0,62	0,77	1,07		0,55	80,87	4,36	7/10/95
Fuente Pista	6,22	10,1	125	9,27	445	71,44	3,2	14,62	0	0,42	0,38	1,33		1,38	7,87	3,03	7/10/95
Morgazos Villanúa	7,5	7,2	200	10,54	444	107,16	2,22	34,83	0	0,8	0,34	1,11		2,09	23,25	2,13	8/10/95
Viejas Villanúa	7,24	6,9	204	10,76	430	119,072	3,72	33,87	0	0,32	0,35	1,06		1,9	23,12	0,1	8/10/95
Astún	7,76	13,6	105	8,45	337	52,09	3,82	12,94	0	0,5	0,33	1,21		0,73	15,7	0,11	8/10/95
Canal Roya	7,41	10,8	132	10,65	323	72,93	2,66	19,66	0	0,28	0,27	1,02		0,87	6,57	2,33	8/10/95
Escorrentía C. R.	7,73	8,9	167	10,77	400	96,75	7,52	18,06	0	0,58	0,27	0,99		1,14	5,26	2,78	8/10/95
Santa Elena	7,01	9,4	294	10,12	398	171,2	12,56	37,01	0	0,84	0,3	1,01		1,15	5,26	4,35	8/10/95
Matamoros	6,74	12,8	692	8,3	412	334,9	15,93	90,79	0	1,83	0,61	5,89	0,24	22,63	57,4	4,25	8/10/95
Desvío a Campo	6,61	14	617	8,26	414	342,3	2,16	114,6	1,16	0,4	0,35	1,5		3,26	58,71	3,37	12/10/95

	pH	t °C	CE μ S/cm	OD ppm	Eh mV	HCO ₃ ⁻	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Na ⁺	K ⁺	F ⁻	Cl ⁻	S ²⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Silice	Fechas
Barranco Corvacho	7,58	12	474	9,68	370	297,7	0	109,5	1,93	0,57	0,25	2,2		1,11	26,12	3,79	12/10/95
Fuente de La Puda	8,99	13,2	980	2,7	-128,2	491,2	1,7	3,61	198	1,08	4,88	119,6	0,56	1,15	5,26	3,97	12/10/95
Isábena	8,34	9,8	272	9,85	144,7	166,7	0	56,9	0,85	0,16	0,25	1,17		0,78	17	1,93	12/10/95
Isábena Capella	8,07	17,3	496	8,54	388	142,9	9,03	59,7	0,51	1,32	0,22	56,12		1,39	45,67	0,69	13/10/95
Llauset	7,74	6,6	69,6	9,5	353	31,26	0,03	10,74	3,54	0,5	0,16	0,61		0,76	17	0,5	12/10/95
Túnel de Llauset	3,95	11,3	565	6,3	276	0	2,59	73,01	0,62	6,06	0,16	2,18		0,3	333,8	4,76	12/10/95
Túnel de Anglíos	7,32	8,8	83	8,55	486	44,65	0	16,03	0	0,43	0,12	1,56		0,98	17	0	12/10/95
Rinero	6,8	6,6	306	11,16	212,7	10,42	7,22	38,94	0	0,53	0,26	0,56		0,32	144,74	0,67	13/10/95
Barranco Abetosa	7,83	7,7	124	10,13	410	67	0	26,2	0	0,1	0,12	1,03		1,08	11,78	2,76	13/10/95
Barranco Coronas	6,8	7,3	38	9,6	435	0	0	5,9	0	0,04	0,12	0,83		0,8	6,57	0,42	13/10/95
Royera	3,25	9,7	303	9,33	453,4	0	1,06	2,18	0	0,1	0,24	0,44		0,16	110,85	2,73	13/10/95
Aiguallut	5,89	10,1	35	9,35	423	17,9	0	5,96	0,05	0,29	0,11	1,01		0,04	7,87	0,65	13/10/95
Espiantosa	7,75	6,3	124	10,36	396	67	0	30,9	0,08	0,03	0,1	1,14		1,22	6,57	1,89	13/10/95
Aigüeta Eriste	7,72	8,6	72,9	9,56	436	40,2	0	14,6	0,71	0,19	0,17	0,9		2,46	5,26	1,39	13/10/95

	Al	As	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Hg	B	Al*	As*	Fe*	Mn*
Rinero	3,07	(0,13)	5,953	0,163	(-0,02)	(-0,035)	(0,023)	(0,24)					
Túnel de Llauset	9,47	0,62	52,2	0,468	0,172	(-0,036)	(-0,105)	(0,11)					
Llauset	0,30	(0,23)	0,258	0,019	(-0,07)	(-0,154)	(-0,04)	(0,03)		238	548		
La Puda	0,20	(0,33)	0,074	0,02	(-0,064)	(-0,149)	(0,020)	(0)		65			
Bachimala	0,43	(0,18)	1,014	0,032	(-0,073)	(-0,155)	(0,024)	(-0,08)					
Royera	1,23	(0,17)	15	0,153	(-0,066)	(-0,158)	(-0,004)	(-0,04)					
Aiguallut	(0,18)	(0,13)	0,143	0,024	(-0,072)	(-0,167)	(0,009)	(-0,03)		33			
Fuente Encante	(0,25)	(0,17)	7,032	0,074	(-0,049)	(-0,168)	(0,022)	(-0,02)		13			
Pozo J. Claver	0,67	(0,31)	0,953	0,026	(-0,017)	0,125	(0,062)	(-0,04)					
Barranco Tabernés	0,52	(0,14)	0,139	0,026	(-0,066)	(-0,159)	(0,016)	(-0,12)					
Merendero de Oza	(0,26)	(0,24)	(0,042)	(0,012)	(-0,059)	(-0,171)	(0,001)	(-0,06)		7	14	0,9	
Llena	(0,26)	(0,20)	(0,042)	(0,012)	(-0,062)	(-0,086)	(-0,043)	(0,02)		20	20	2	
Barranco Madera	1,32	(0,08)	0,463	0,029	(-0,066)	(-0,150)	(0,045)	(-0,01)					
Portalet	0,44	(0,35)	0,146	(0,015)	(-0,065)	(-0,177)	(0,083)	(0,06)				6	
Tiberio	(0,10)	(0,12)	0,07	(0,011)	(-0,055)	0,34	(0,037)	(-0,06)		41	339	1	
Salinas de Naval	1,25	(0,17)	0,129	0,065	(-0,017)	(-0,037)	(0,130)	(0,04)		3,885			
Límite ICP	0,28	0,53	0,046	0,014	0,077	0,018	0,42	0,25	0,048				

aguas en contacto con granitos, especialmente las termales. Estas y otras aguas relacionadas con margas y evaporitas presentan sulfuros disueltos. En las zonas de aureola metamórfica de los plutones graníticos se encuentran aguas con elevados niveles de acidez y presencia de metales pesados.

1. Aguas relacionadas con calizas

Las macizos calizos del Pirineo, formados por materiales del Devónico, Carbonífero, Cretácico superior, Paleoceno y Eoceno, albergan diversos acuíferos kársticos. En el presente trabajo se han estudiado aguas del valle de Hecho (barranco de la Mina, Acherito), Aragón (Morgazos y Viejas de Villanúa), Cinca (fuente en el desvío a Campo), Gállego (Portalet, barranco del Corral de las Mulas, fuente de La Sarra, Santa Elena). En este último punto se muestreó la fuente sita en la carretera, donde paran numerosos automovilistas.

En conjunto, las aguas son de tipo bicarbonatado cálcico y pH alcalino, presentan conductividades en un rango amplio entre 200 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, redox positivo y cercanas a la saturación en oxígeno. El pH de las surgencias es más bajo que el de los cursos de agua, hecho también observado en Guara por BUERA y cols. (1998) y atribuido a una posible actividad biológica en las aguas superficiales. Destaca el contenido de fluoruros en el nacimiento del Gállego. Aunque aflora en calizas, cabe recordar la existencia de minas de fluorita en los alrededores.

La aplicación del WATEQF muestra una insaturación general calcita/aragonito, en la mayor parte de las muestras. Cuando en estas aguas se incrementa la temperatura o el pH se produce la sobresaturación en calcita/aragonito (Corvacho). Es también común la saturación en sílice (Campo, Santa Elena, Corvacho). Como era de esperar, el agua del Portalet es más compleja y presenta saturación (de acuerdo con el programa informático) en varios oxihidróxidos de hierro III y aluminio.

2. Aguas de areniscas

Diversas formaciones de areniscas dominan el paisaje del Alto Aragón. En la zona pirenaica son características las formaciones rojizas del Estefa-

no-Pérmico, que aflora en Oza, Canal Roya, Bielsa, Viadós, Villanova y Laspaúles. En la ladera norte del Prepirineo, la formación Campodarbe cubre una extensa superficie desde el puerto de Santa Bárbara hasta Bara. Se ha muestreado preferentemente la primera de ellas, con varias muestras en Oza, Astún, Canal Roya, pista de Viadós (Fontaciellas), así como el alto Isábena, aguas arriba de Laspaúles. A efectos de una simple comparación se ha tomado otra muestra del río Isábena, en Capella. Como esta litología ha sido estudiada en BUERA y cols. (1998), solo se ha tomado una muestra de agua de las areniscas del Monrepós, en Ordovés.

Las aguas de las areniscas rojizas presentan características similares a las de las calizas; es de destacar que el pH de las fuentes es también mas bajo que el de los cursos superficiales.

WATEQF presenta solo saturación en aragonito, calcita y dolomita en Aguas Tuertas y la fuente de la carretera de Oza. El agua de la fuente del merendero de Oza, con un análisis más completo, presenta saturación en un amplio número de minerales. Las demás están insaturadas.

La muestra de agua de la fm. Campodarbe es similar a las anteriores, aunque con mayor contenido relativo en magnesio. Como curiosidad, se ha muestreado esta agua antes y después de introducir la piedra de Ordovés. El agua, una vez remojada la piedra en ella, se emplea como remedio popular contra mordeduras de algunas serpientes. Sin poder entrar en otras consideraciones, solo se ha observado un enriquecimiento en nitratos. También presenta saturación en calcita y dolomita.

3. *Aguas ácidas*

La mayor parte de las aguas superficiales y subterráneas del Pirineo central tienen pH cercano a la neutralidad. Aunque el pH del agua de fusión de la nieve pirenaica suele ser ligeramente ácido (CUCHÍ y MANSO, 1997), se neutraliza con cierta rapidez, al interaccionar con la roca. Sin embargo se detecta la presencia de aguas claramente ácidas en la aureola metamórfica de los batolitos del Aneto, Llardana (Posets) y Barrosa. Su origen parece relacionado con la oxidación de mineralizaciones de sulfuros metálicos, objeto de explotación en el pasado, como relaciona MALLADA (1878). No

se han encontrado, aunque se buscaron, indicios de aguas ácidas en los alrededores de las minas de cobalto de Gistaín.

Los valores más bajos corresponden a aguas de la zona de Royera, en el valle de Ballibierna y en el refugio de Tabernés. En el primer caso, las aguas discurrían sobre una amplia zona de aspecto ferruginoso característico. Junto al refugio de Tabernés, las aguas muestreadas se utilizan en un abrevadero.

En este mismo valle, el Cinqueta de la Madera y el barranco de Bachimala acidifican, a la altura del pluviómetro, al Cinqueta de la Pez. El agua del río permanece ácida, a pesar de la aportación del barranco Culrueba, hasta su confluencia con el Cinqueta de Añes Cruces. Esto puede explicar los fracasos en los intentos de repoblación piscícola en el tramo inferior del Cinqueta de la Pez, que, sin embargo, han tenido éxito aguas arriba, por encima del paso del Gato (P. BARRACHINA, com. personal).

Estas aguas ácidas presentan contenidos importantes de metales pesados, acordes con su hipotética génesis por alteración de sulfuros. Destacan las concentraciones de aluminio en el túnel de Llauset (9,47 mg/L) y barranco Rinero (3,07 mg/L), y de hierro en Llauset (53,20 mg/L), Royera (15,00 mg/L), fuente del Encante (7,03 mg/L) y barranco Rinero (5,95 mg/L). Las concentraciones de manganeso son mucho menores, con los valores más altos también en Llauset (0,468 mg/L), Rinero (0,163 mg/L) y Royera (0,153 mg/L). Solo se ha detectado cobre en Llauset (0,172 mg/L) y posibles indicios de mercurio, por debajo del límite de detección del ICP, también en Rinero (0,24 mg/L) y Llauset (0,11 mg/L). Asimismo se detecta la presencia de arsénico (548 $\mu\text{g/L}$) en una fuente que mana en un canchal cercano a la presa de Llauset.

A pesar de la acidez del agua de una de las bocas de la mina Robert (Liena, Chisagüés), sus niveles de metales pesados son relativamente bajos. Es posible que haya un efecto de dilución por agua de fusión de nieve infiltrada. En este sentido, cabría pensar en la posibilidad de variaciones de concentración a lo largo del ciclo anual.

Estos niveles de metales pesados detectados indican que pueden presentarse problemas si estas aguas se utilizasen de forma prolongada como aguas de bebida humana o animal. Sería conveniente realizar un muestreo más exhaustivo en las zonas señaladas.

En algunos manantiales de este tipo de aguas se han construido acumulaciones ferruginosas de cierta importancia, en el alto Cinqueta (Orieles, Encante) y Ballibierna (Royera). En el flujo superficial se produce la precipitación de óxidos de hierro, dando aspecto aceitoso e iridiscente a aguas tranquilas y tiñendo de ocre los cantos (Cinqueta de la Madera, Rinero). También se observa la producción de precipitados coloidales de color vario y composición desconocida en Tabernés y especialmente en Llauset.

La aplicación del programa WATEQF a este grupo de muestras indica en muchos casos la precipitación de numerosos minerales, coherente con las observaciones directas, como en Llauset y El Encante. Es interesante el hecho de que aparezcan teñidos de rojo los cantos y maderas en los arroyos que descienden del puerto de la Madera y de Bachimala, mientras que no lo están en el Cinqueta de la Pez, insaturado según el programa. No fue posible aplicar este a las aguas de Royera.

4. Aguas en granitos

Poca información se tiene todavía sobre la hidroquímica de las aguas superficiales y subterráneas en los diversos plutones graníticos, aunque muchos ibones y diversas corrientes, como Aguas Limpias y Caldarés, discurren por este material. Ejemplo de las mismas serían las muestras de los barrancos de Coronas, en Ballibierna, y Aigualluts en el *forau* del mismo nombre. Presentan valores de conductividad eléctrica francamente bajos y pH ligeramente ácido, que permiten relacionarlas con aguas de fusión de nieve y hielo glaciar. En todo caso presentan un enriquecimiento en calcio y sílice. Las aguas de Abetosa en Ballibierna, Espiantosa y Aigüeta de Eriste muestran un aumento en pH y contenido en sales disueltas, por discurrir en terrenos mixtos o ser resultado de mezclas de aguas.

Queda mucho por estudiar en la hidrología de los acuíferos en los granitos altoaragoneses, especialmente en su evolución química e isotópica, desde el agua de fusión de nieve hasta las aguas termales, pasando por los modestos flujos subsuperficiales a través del diaclasado de descompresión. Solo se han muestreado aguas profundas, que se consideran en el apartado de aguas sulfurosas.

WATEQF presenta una lógica insaturación en las aguas de Coronas, Abetosa, Espiantosa y Aigüeta de Eriste. Sin embargo en Aigualluts se presenta saturación en minerales de hierro y aluminio. Es posible que sea un «artefacto» analítico, dado que es la única con datos de metales pesados. Sin embargo, se ha observado el afloramiento de aguas procedentes de las laderas calcoesquistosas del norte del valle, de características diferentes que las que descienden de Aneto y Barrancs. Por ello es posible que la hidroquímica señale una mezcla de aguas y la zona sea hidrológicamente más complicada de lo supuesto inicialmente.

5. Aguas sulfurosas

Se constata la existencia de tres tipos de aguas sulfurosas en el Pirineo altoaragonés, en granitos, margas y evaporitas.

En los batolitos graníticos del Paleozoico, por flujo a través de fisuras, se generan las aguas termales que afloran en los balnearios de Panticosa y Benasque. Además de su temperatura, se caracterizan por bajos valores de conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, potencial redox negativo, presencia de sulfuros y carácter bicarbonatado sódico. Dado que han sido ampliamente estudiadas en diversos informes geológicos y médicos, solo se han muestreado las aguas del sondeo de Tiberio y la fuente de la Belleza en Panticosa. Estas aguas presentan los valores de pH más elevados del conjunto de las muestras, pues superan el valor de 9,0. Hay que destacar también la presencia de arsénico en Tiberio ($339 \mu\text{g/L}$), derivado posiblemente de la alteración de minerales arsenicales, citados por MALLADA (1878) en otras zonas del batolito (Yenefrito). Este dato complementa los valores presentados por MORENO y cols. (1997).

Aplicando WATEQF, Belleza aparece sobresaturado en cuarzo y varios silicatos magnesianos (talco, crisotilo) y en equilibrio con magnesita. Tiberio, con más datos analíticos, también lo está en los minerales magnesianos y en oxihidróxidos de hierro y manganeso. Sorprendentemente no está saturada en cuarzo.

Las aguas de la modesta fuente de La Puda, en Villarrué, afloran a través de areniscas rojizas. Su nombre en patués denota su olor. Por su pH ele-

vado, presencia de flúor y otras características, pudieran ser relacionables con flujo profundo por granitos. WATEQF presenta una saturación en minerales que en parte coinciden con los de Tiberio y, en parte, con la fuente del merendero de Oza.

En materiales terrígenos, en flujos aparentemente más superficiales, se producen también aguas de características sulfurosas. Tanto en el *flysch* del grupo de Hecho como en diversas formaciones margosas del Cretácico Superior al Oligoceno, aparecen pequeños manantiales. Salvo los casos de Tiermas y Assoveral, fuera de Huesca, en el resto de los casos sus caudales son mínimos, poco más que rezumes muy afectados por periodos prolongados de sequías. Se han empleado tradicionalmente para curar enfermedades de la piel. SAZ (1991) lista y presenta datos analíticos de varias de ellas.

La información hidrológica de estas unidades es prácticamente inexistente; en la práctica se consideran como impermeables. Hay, sin embargo, indicios de flujos localizados, posiblemente relacionados con fisuras, y además, en la confluencia del Aurín y el Gállego, evidencias de un acuífero en margas que abastece a varias propiedades. En este trabajo se han muestreado las fuentes de los Baños de Hecho y el balneario de Arro, el barranco de Corvacho en el valle de Bardají, la fuente de Matamoros, entre Senegüé y Sabiñánigo, y dos pozos de particulares en Foniles (Sabiñánigo).

Las dos primeras tienen temperaturas normales, pH próximo a 7,0, conductividad eléctrica superior a los $1.000 \mu\text{S/cm}$, reductoras, una mayor participación de iones divalentes frente al sodio, que se observa en aguas sulfurosas de granitos, así como valores altos de potasio. Características similares tienen las aguas de los dos pozos y en menor medida de la fuente de Matamoros. Por la presencia de nitratos parece evidenciarse, en estas últimas aguas, un cierto efecto de recarga desde el sistema local de riego. La aplicación de WATEQF pone de manifiesto la existencia de una cierta heterogeneidad en estas aguas. Así, Arro está saturada en calcita, dolomita y magnesita; Echo, en fluorita; Matamoros y el pozo de A. Claver, en cuarzo. Los datos más completos del otro pozo muestran saturación en una colección de minerales, incluido ilita, mineral que se considera dominante en las margas grises de la cuenca de Jaca.

El barranco de Corvacho en la falda del Turbón, donde NINOT y cols. (1993) citan una fuente sulfurosa, discurre sobre margas. Sin embargo, sus

aguas presentan características similares a las de calizas. Este hecho parece repetirse en otras zonas similares, como en los pies margosos de Sierra Ferrera y Castillo Mayor.

La génesis de los sulfuros pudiera explicarse como un proceso de reducción de los sulfatos a partir de la degradación bacteriana de la materia orgánica existente en las margas. En todo caso, existe muy poca información sobre las características de todo tipo, no solo hidrológicas, de las margas de la zona central del Alto Aragón. A pesar de su aspecto monótono, existen evidencias de una amplia heterogeneidad.

El tercer tipo de aguas con sulfuros se deriva de las arcillas y evaporitas del Keuper. Este participa en las estructuras geológicas del conjunto pirenaico y ha causado diversos diapiros desde Naval hasta el Noguera Ribagorzana. Aunque considerado como acuicludo, algún tipo de material asociado, quizás las carniolas, transporta salmueras. Su emergencia origina las numerosas fuentes y barrancos salados de la zona norte de la provincia: Salinas de Jaca, barranco salado de Puibolea, fuente salada de Guara, Chasa de Rodellar, salinas de Naval, barrancos salados de Aguinaliu y Gabás, Salinas de Trillo, Peralta de la Sal y Calasanz. En el presente trabajo se ha muestreado el manantial principal de las salinas de Naval y una de las piscinas subterráneas alimentadas por el pobre manantial en la galería del balneario arruinado de Estadilla.

Solo algunas de las surgencias saladas señaladas muestran signos organolépticos de presencia de sulfhídrico gaseoso, aunque es muy común la de azufre reducido de tipo bacteriano. Las características hidroquímicas de Estadilla son similares a las de Arro. En este punto, al igual que en el balneario de Camporrells, no podría descartarse la mezcla de agua de varios tipos, con dilución de las salmueras del Keuper. WATEQF indica para Estadilla un equilibrio con dolomita y cuarzo.

Evidentemente destacan los resultados de Naval, donde solo se ha muestreado la fuente de Rolda, que se emplea en las salinas de mayor entidad; por su temperatura, se puede incluir entre las manifestaciones débilmente termales del Prepirineo (Nueno, Alquézar, El Grado). Estas y las diversas salmueras del Prepirineo merecen mayor estudio.

Entre la elevada concentración de diversos iones, sorprenden los niveles de nitratos de Naval. De confirmarse su presencia general en aguas del

Keuper, ello podría constituir una explicación a los relativamente elevados niveles de nitratos presentes en algunos manantiales del pie del Prepirineo (LARREY y cols., 1996; BUERA y cols., 1998), para los que no se hace fácil pensar en una contaminación por actividades agropecuarias.

CONCLUSIONES

Las aguas del Pirineo altoaragonés presentan una amplia variedad de facies hidroquímicas, relacionadas con la litología de cuencas y acuíferos. Las más comunes son las derivadas de calizas y areniscas. Mayor singularidad presentan las aguas ácidas de las aureolas metamórficas de los plutones graníticos y las aguas sulfurosas de diverso origen.

El grado de conocimiento sobre las mismas es todavía muy insuficiente, en especial lo relacionado con la evolución hidroquímica en los flujos subterráneos.

AGRADECIMIENTOS

Entre las muchas personas que nos han ayudado, queremos agradecer la colaboración, dentro del COMENA, del ingeniero forestal Francisco Fábregas, la ictióloga Pilar Barrachina y los agentes forestales Enrique Alcaíne, Rafael Vidaller, Javier Ricou y Ramón Espuña, así como de Antonio Arazo y Carlos Puyal, montañeros de Peña Guara.

BIBLIOGRAFÍA

- BESCÓS, J. M. 1991. La salinidad de las aguas superficiales en el Pirineo oscense. *Lucas Mallada*, 3: 9-26. Huesca.
- BUERA, J.; CUCHÍ, J. A., y MANSO, J. A. 1998. Hidroquímica de las aguas naturales de los sectores occidental y central de la sierra de Guara (Huesca). *Lucas Mallada*, 9: 35-63. Huesca.
- CUCHÍ, J. A., y MANSO, J. A. 1997. Calidad química de la nieve del Pirineo altoaragonés en 1997. *I Congreso Ibérico de Geoquímica – VII Congreso de Geoquímica de España (Soria)*: 427-433. CEDEX, Madrid.
- LARREY, Ó.; LASAOSA, J. C.; DÍAZ, R. C., y CUCHÍ, J. A. 1996. Niveles de ion nitrato en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca. *Kalium*, 5: 117-127.

- MALLADA, L. 1878. *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. 439 pp. Ed. facsimilar: *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, IEA, Huesca, 1990.
- MORENO, L.; AZCÓN, A.; NAVARRETE, P., y GARRIDO, E. 1997. Caracterización geológica e hidroquímica de las surgencias con influencia termal en los macizos graníticos de la zona axial pirenaica. *I Congreso Ibérico de Geoquímica – VII Congreso de Geoquímica de España (Soria)*: 392-399. CEDEX, Madrid.
- NINOT, J. M^a; ROMO, À., y SESÉ, J. A. 1993. *Macizo del Turbón y Sierra de Sis (flora, paisaje vegetal e itinerarios; prepirineo aragonés)*. Naturaleza en Aragón, 6. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza. 495 pp.
- PEDROCCHI, C., (coordinador). 1997. *Guía del naturalista de los Pirineos*. Planeta, Barcelona. 495 pp.
- SÁNCHEZ, J. Á. 1987. *Estudio hidrológico e hidroquímico de las Sierras de Guara y sus Somontanos*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 851 pp. y 245 pp. de anexos.
- SAZ, P. 1991. *Fuentes minero-medicinales de la provincia de Huesca*. IEA, Huesca. 102 pp.

APORTACIONES AL CONOCIMIENTO DE LA FLORA DEL ALTOARAGÓN

Mario SANZ ELORZA¹

RESUMEN.—Se comentan 24 especies de plantas fanerógamas de interés florístico y corológico para el Altoaragón. De ellas, 16 constituyen novedades florísticas provinciales, cinco son segundas citas para Huesca y las tres restantes son táxones que requieren alguna aclaración o puntualización. Para siete especies se añade iconografía.

ABSTRACT.—Some comments on 24 vascular plants from Altoaragón, northern Spain. 16 of them are registered for the first time in the province of Huesca. Another five are registered for the second time and the other three are featured for need explanation. For seven plants drawing is added.

KEY WORDS.—Vascular plants, chorology, Huesca, Spain.

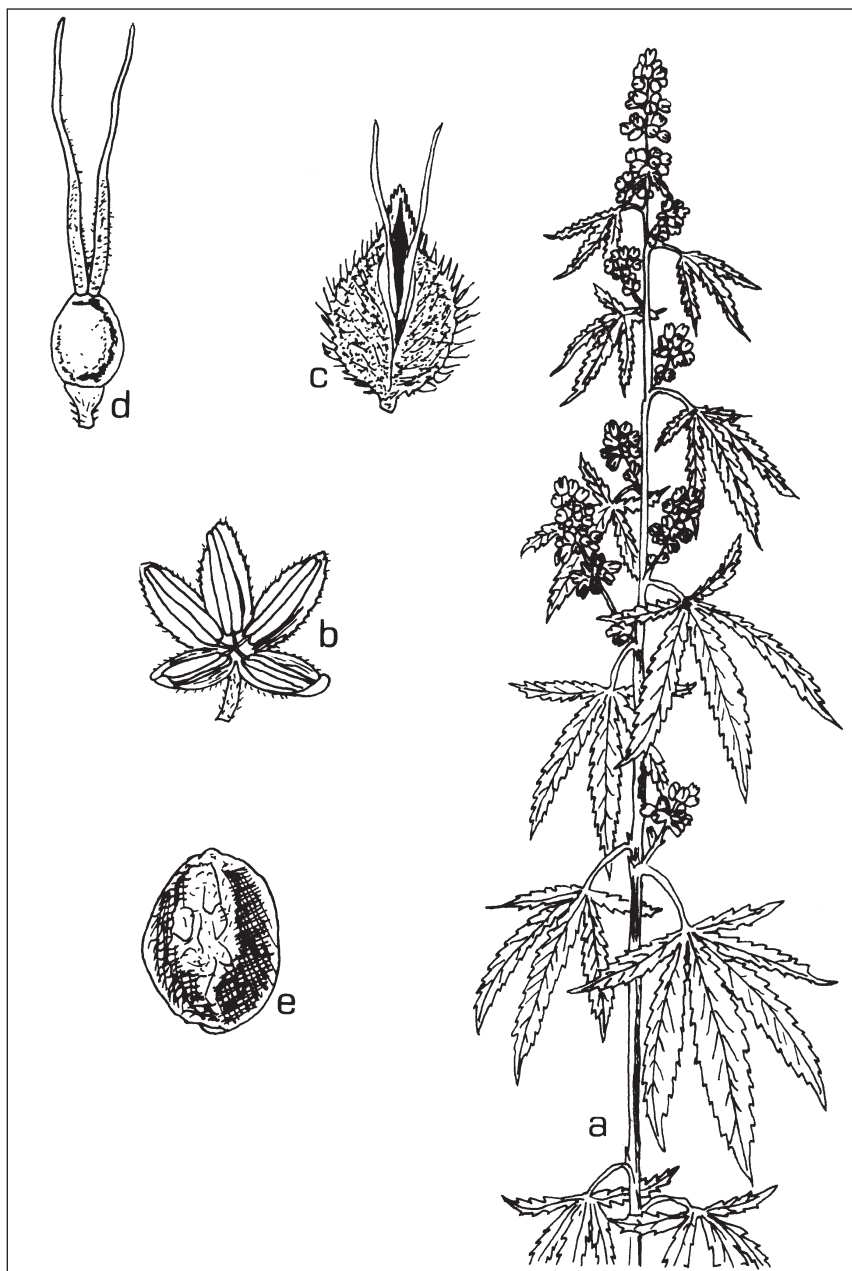
La provincia de Huesca, con su millón y medio de hectáreas y su gradiente altitudinal comprendido entre los 3.400 y los 100 m de altitud sobre el nivel del mar, es un territorio extraordinariamente rico y diverso en lo que a flora se refiere. Esta cualidad ha sido motivo de atracción para

¹ Departament de Hortofructicultura, Botànica i Jardineria. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. Avda. Rovira Roure, 177. E-25006 LLEIDA.

muchos botánicos y naturalistas, sobre todo en los tiempos más recientes, lo que ha dado lugar a la realización de varias tesis doctorales y a la publicación de numerosos artículos y notas florísticas, y también de varios catálogos locales muy exhaustivos, aparte del muy completo trabajo, ya disponible en su primera parte, sobre la flora de toda la mitad septentrional de la provincia (L. VILLAR & *al.*, 1997). Por todo ello, puede decirse que el Pirineo central es una de las zonas mejor conocidas florísticamente del territorio español (R. MORALES, 1998). No puede decirse lo mismo de las zonas áridas y esteparias del meridión provincial, donde aún se carece de un estudio moderno de conjunto, pese a que estamos ya cerca de conseguirlo.

Dentro de la flora altoaragonesa, y española en general, es tal vez en lo concerniente a las plantas nitrófilas, ruderales y arvenses donde el estado de los conocimientos sea más inexacto, debido en parte a lo poco atractivo que resulta su estudio para los botánicos si se compara con las satisfacciones que depara la investigación fitológica en otros medios o ambientes más amenos. No obstante, hemos de reconocer que la mayor parte de las novedades florísticas que se van detectando, en casi todas las regiones, se refieren precisamente a este colectivo de plantas. La aparición de plantas alóctonas o xenofitas, a veces con carácter colonizador, es un problema que preocupa, de modo que han proliferado en los últimos años los estudios sobre el tema (MASALLES & *al.*, 1996). Por una parte pueden llegar a desplazar a la flora autóctona de la región, invadir los campos de cultivo, las vías de comunicación, etc. Por otra, lo que es aún más grave, son señal de homogeneización y por ende empobrecimiento de la diversidad biológica a nivel mundial. Mención especial merecen las especies alóctonas termófilas que van extendiéndose hacia territorios más continentales o septentrionales, lo que quizá es un indicador más del calentamiento de la tierra y del tan anunciado cambio climático.

En estas breves notas, fruto de los resultados de la tesis doctoral del autor, se presentan como anticipo algunas novedades florísticas para nuestra provincia, la mayor parte referidas a plantas alóctonas de ecología ruderal y arvense; se aporta iconografía en algunos casos, cuando ha sido posible. Todo el material citado se conserva y puede ser consultado en los herbarios JACA (Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Jaca) y MA (Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid).



Lám. 1. *Cannabis sativa*, San Juan de Plan, Huesca (MA 615030):
a) porción del tallo de una planta masculina x 1/2; b) flor masculina x 6;
c) flor femenina x 4; d) gineceo x 8; e) fruto x 6.

***Cannabis sativa* L.**

San Juan de Plan: orilla de camino, 1.120 m, 31TBH8218, *M. Sanz Elorza*, MA 615030.

El cáñamo antaño se cultivó en algunos valles pirenaicos de economía autárquica como planta textil. Raramente aparece naturalizado, por lo que la población aquí señalada constituye una excepción. Primera cita para la provincia de Huesca, excluidas sus referencias como planta cultivada.

***Aristolochia paucinervis* Pomel**

Sopeira: mala hierba en campo de cebada de secano, 665 m, 31TCG1386, *M. Sanz Elorza*, JACA 230097.

Aparece en ambientes húmedos ruderalizados, márgenes de bosques de ribera y campos de cereales de invierno sobre suelos frescos. Flora ibérica [CASTROVIEJO *in* CASTROVIEJO & *al.* (eds.), 1986] no la da por presente en Huesca, cuando en el herbario JACA existen pliegos de la Venta de Ballerías y Villanueva de Sigena, y además está citada en Camporrells (L. VILLAR & *al.*, 1997) y en Barrio del Pou y congosto de Escales (J. M. NINOT & *al.*, 1993). Se hace, pues, necesaria la puntualización.

***Rumex palustris* Sm.**

Alcolea de Cinca: orilla del río Cinca, 190 m, 31TBG6123, *M. Sanz Elorza*, JACA 229697.

Gurrea de Gállego: orilla del río Gállego, 330 m, 30TXM8453, *M. Sanz Elorza*, JACA 229797.

Se trata de una especie higronitrófila, propia de terrenos temporalmente inundados ricos en materia orgánica, arenas y gravas fluviales, conducciones de agua para el riego, etc. Se ha señalado su presencia, hasta la fecha, en la península Ibérica en unas pocas localidades dispersas de Valencia, Madrid, Cataluña y del valle del Guadalquivir. En el herbario JACA hay material procedente de Monzón y de Ballobar. Primera cita para la provincia de Huesca, donde parece limitarse al curso bajo de los ríos Cinca y Gállego.

***Amaranthus viridis* L.**

Torrente de Cinca: escombrera, 90 m, 31TBF7794, *M. Sanz Elorza*, MA 615031.

Planta hipernitrófila y muy termófila, de distribución pantropical, transgresiva hacia otras latitudes con clima templado. En la península Ibérica está extendida por el litoral mediterráneo, sin alejarse mucho de la influencia marítima. La hemos encontrado en nuestra provincia en el extremo más meridional del valle del Cinca, a muy baja altitud, y constituye la primera cita altoaragonesa de la especie.

***Fumaria bastardii* Boreau**

Zaidín: cuneta de la carretera con vegetación nitrohalófila, 125 m, 31TBG7010, *M. Sanz Elorza*, JACA 229497.

Se trata de una planta termófila relativamente extendida por las comarcas litorales mediterráneas y cantábricas, y también en algunos enclaves abrigados del interior. Aparece en tierras cultivadas, yermos, campos abandonados, orillas de caminos, etc. Primera cita para la provincia de Huesca.

***Galega officinalis* L.**

Castejón de Sos: cuneta de la carretera, 940 m, 31TBH9409, *M. Sanz Elorza*, JACA 230797.

Antaño fue una importante planta medicinal por sus propiedades galactógenas. Ignoramos si se cultivó en el Altoaragón. A veces aparece asilvestrada en cunetas, prados, herbazales nitrófilos húmedos, orillas de bosques de ribera, etc. Primera cita para la provincia de Huesca.

***Vicia articulata* Hornem.**

Colungo: campo de veza en secano, 460 m, 31TBG5671, *M. Sanz Elorza*, JACA 230497.

El Tormillo: campo de veza, 410 m, 30TYM4540, *J. V. Ferrández*, JACA 304897.

Es posible que en el pasado se cultivasen las algarrobas a pequeña escala en algunos pueblos altoaragoneses. Puede aparecer naturalizada como mala hierba en cultivos diversos de secano, orillas de caminos, etc. En la península Ibérica se distribuye sobre todo por el cuadrante noroccidental. Primera cita para la provincia de Huesca. Curiosamente en las dos localidades donde se ha encontrado ha sido en campos de veza cultivada.

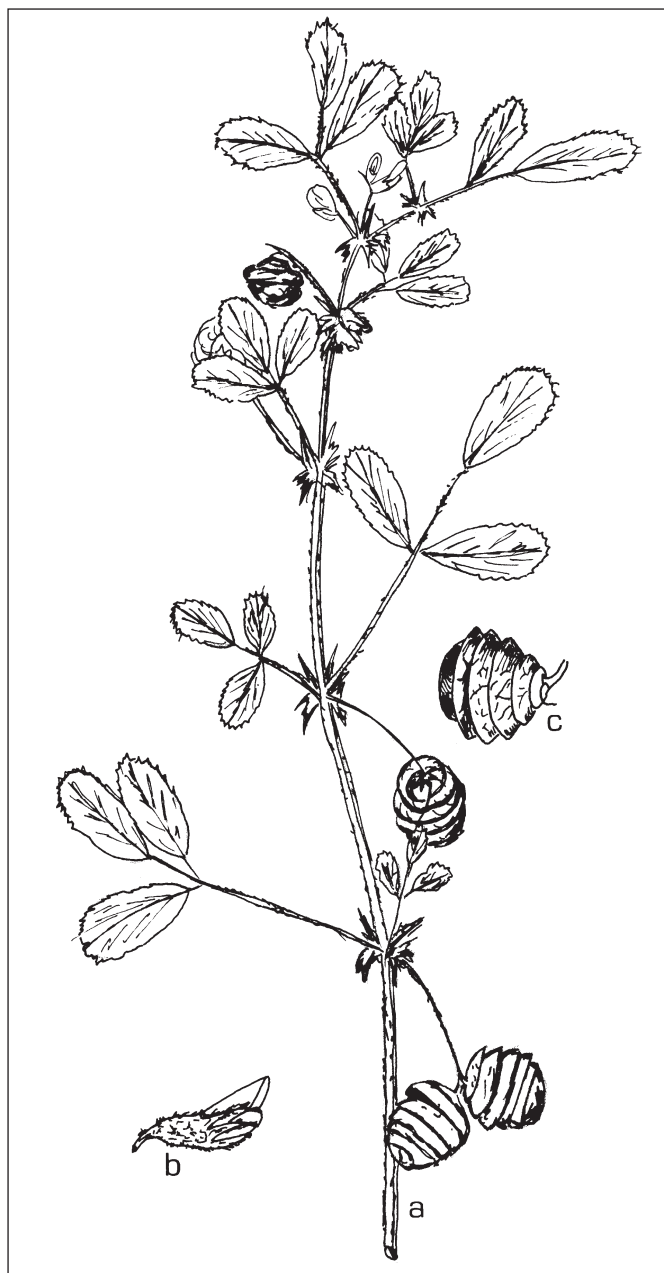
***Medicago scutellata* (L.) Miller**

Huesca: orilla de jardín poco cuidado junto a una acera, 445 m, 30TYM1467, *M. Sanz Elorza*, MA 615032.

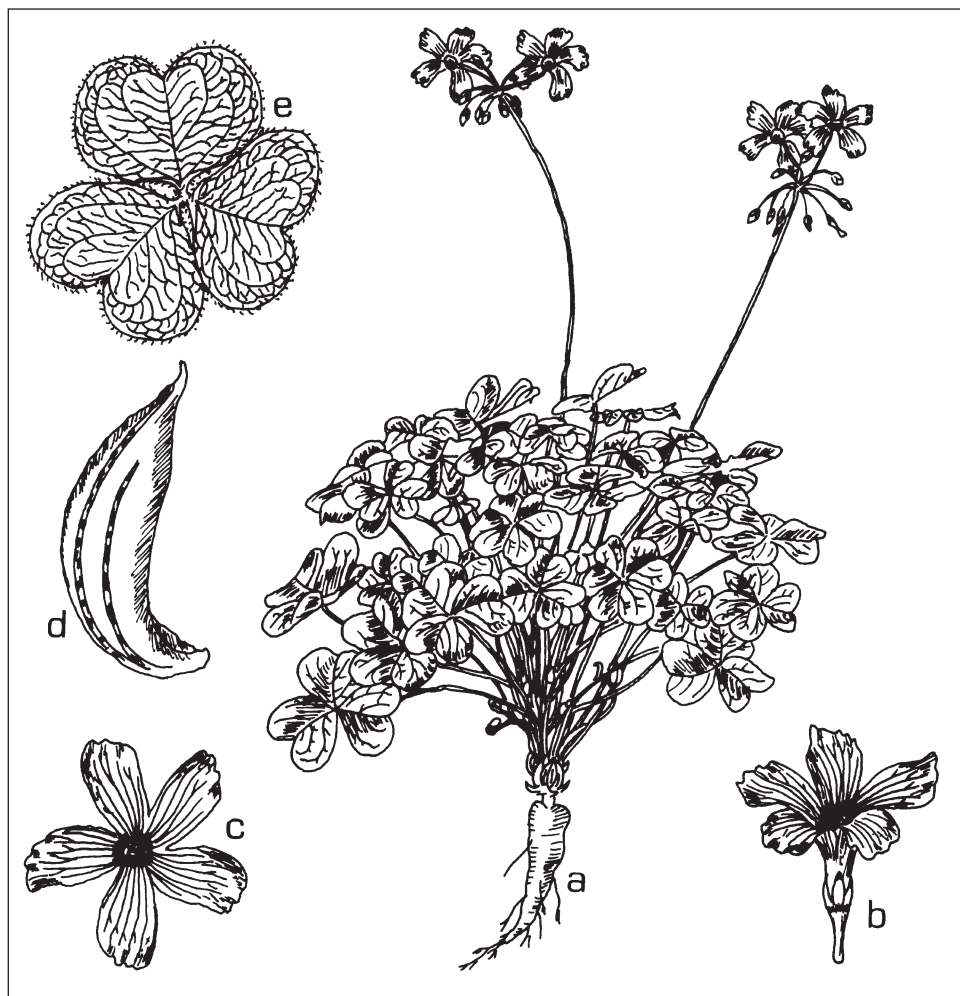
Leguminosa termófila, poco frecuente en España, donde se distribuye de manera irregular por Andalucía, Cataluña, Baleares, Bajo Aragón, Salamanca, etc. Habita en herbazales viarios, tierras cultivadas y en general en lugares con fuerte influencia antropozoógena. Primera cita para la provincia de Huesca.

***Oxalis latifolia* Kunth**

Broto: mala hierba en huerto polifito, 890 m, 30TYN3621, *M. Sanz Elorza*, JACA 326096.



Lám. 2. *Medicago scutellata*, Huesca (MA 615032):
a) hábito x 1; b) flor x 4; c) fruto x 2.



Lám. 3. *Oxalis latifolia*, Broto, Huesca (JACA 326096):
a) hábito x 1/2; b) flor x 3/2; c) flor x 3/2; d) bulbillo x 5; e) hoja x 1.

Mala hierba de origen neotropical, encontrada relativamente extendida en los huertos del valle de Broto. Segunda cita para la provincia de Huesca, conocida anteriormente solo de Hecho y Jaca (L. VILLAR & *al.*, 1997).

***Bifora testiculata* (L.) Roth**

Arén: mala hierba en campo de trigo, 760 m, 31TCG1384, M. Sanz Elorza, JACA 525996.



Lám. 4. *Bifora testiculata*, Arén, Huesca (JACA 525996):
a) hábito x 1; b) fruto x 3; c) flor x 3.

Especie segetal actualmente muy escasa debido al uso generalizado de herbicidas. La hemos encontrado también en Sopeira. Está citada además en Beranuy y Santorens (J. M. NINOT & *al.*, 1993) y en San Esteban de Litera (BRAUN-BLANQUET & BOLÒS, 1957), por lo que parece restringida a la zona oriental de la provincia.

***Stachys byzantina* C. Koch**

Seira: escombrera, 820 m, 31TBH8806, *M. Sanz Elorza*, JACA 230897.

Las Tiesas: subespontánea, 800 m, 30TXN9121, *E. de Mingo*, JACA 191683.

Benasque: cuneta, 1.160 m, 31TBH9720, *J. A. Sesé & J. L. Benito*, JACA 261792.

Cultivada como ornamental y raramente naturalizada en cunetas y lugares alterados cerca de los pueblos. Solo se conoce espontánea en el valle de Benasque y en las cercanías de Jaca. Primera cita para la provincia de Huesca.

***Salvia sclarea* L.**

Huesca: talud de una variante de circunvalación, 480 m, 30TYM1268, *M. Sanz Elorza*, JACA 230697.

Benabarre: ruderales junto a la carretera, 680 m, 31TBG9165, *P. Montserrat*, JACA 414371.

Taxon de corología mediterráneo oriental-irano-turaniana, a veces utilizado en jardinería con fines ornamentales. Ocasionalmente se naturaliza, como ocurre en el talud de la variante de circunvalación de Huesca, donde aparece cada año en fuerte explosión demográfica. Segunda cita para nuestra provincia, pues se conocía anteriormente de Aínsa (BUBANI, 1897).

***Datura innoxia* Miller**

Alcolea de Cinca: escombrera, 185 m, 31TBG6023, *M. Sanz Elorza*, JACA 230197.

Torrente de Cinca: escombrera, 105 m, 31TBF7795, *M. Sanz Elorza*, JACA 231197.

Neófito neotropical hipernitrófilo y termófilo propio de escombreras, basureros, solares urbanos, etc. Su presencia en nuestra provincia se limita al valle del río Cinca, entre Monzón y Torrente. Primera cita para la provincia de Huesca.

***Veronica triphyllos* L.**

Montanuy: campo de avena en secano sobre pizarras, 1.215 m, 31TCH1004, *M. Sanz Elorza*, JACA 230197.

Especie segetal silicícola y sabulícola, y en menor medida integrante de pastos de anuales subnitrófilos sobre los mismos tipos de sustrato. Parece exclusiva en nuestra pro-

vincia del extremo nororiental (valles de Barrabés y Castanesa, sierra de Sis, etc.). Segunda cita para Huesca (J. M. NINOT & *al.*, 1993).

Orobanche crenata Forskal

Colungo: parasitando a *Vicia sativa* cultivada, 460 m, 31TBG5671, *M. Sanz Elorza*, JACA 230597.

El jopo es una planta parásita de leguminosas cultivadas (habas, veza, guisante, etc.), bastante termófila, distribuida en España por las zonas mediterráneas no muy alejadas del mar y por el valle del Guadalquivir. La cita indicada del Somontano es la primera para la provincia de Huesca.

Conyza albida Willd. ex Sprengel

Castelflorite: talud en un camino de concentración parcelaria, 320 m, 30TYM4531, *M. Sanz Elorza*, JACA 230997.

Albelda: ruderales en el borde de la pista, 320 m, 31TBG8837, *P. Montserrat*, JACA 221993.

Muy termófila, propia de zonas litorales mediterráneas, alcanza nuestra provincia en sus cotas más bajas. En realidad se trata de una especie bastante más frecuente de lo que sus escasas citas parecen indicar; se encuentra actualmente en expansión. Interviene en herbazales ruderales estivales desarrollados en cunetas, desmontes, solares, etc. Segunda cita para la provincia de Huesca (J. M. MONTSERRAT, 1986).

Eclipta prostrata (L.) L.

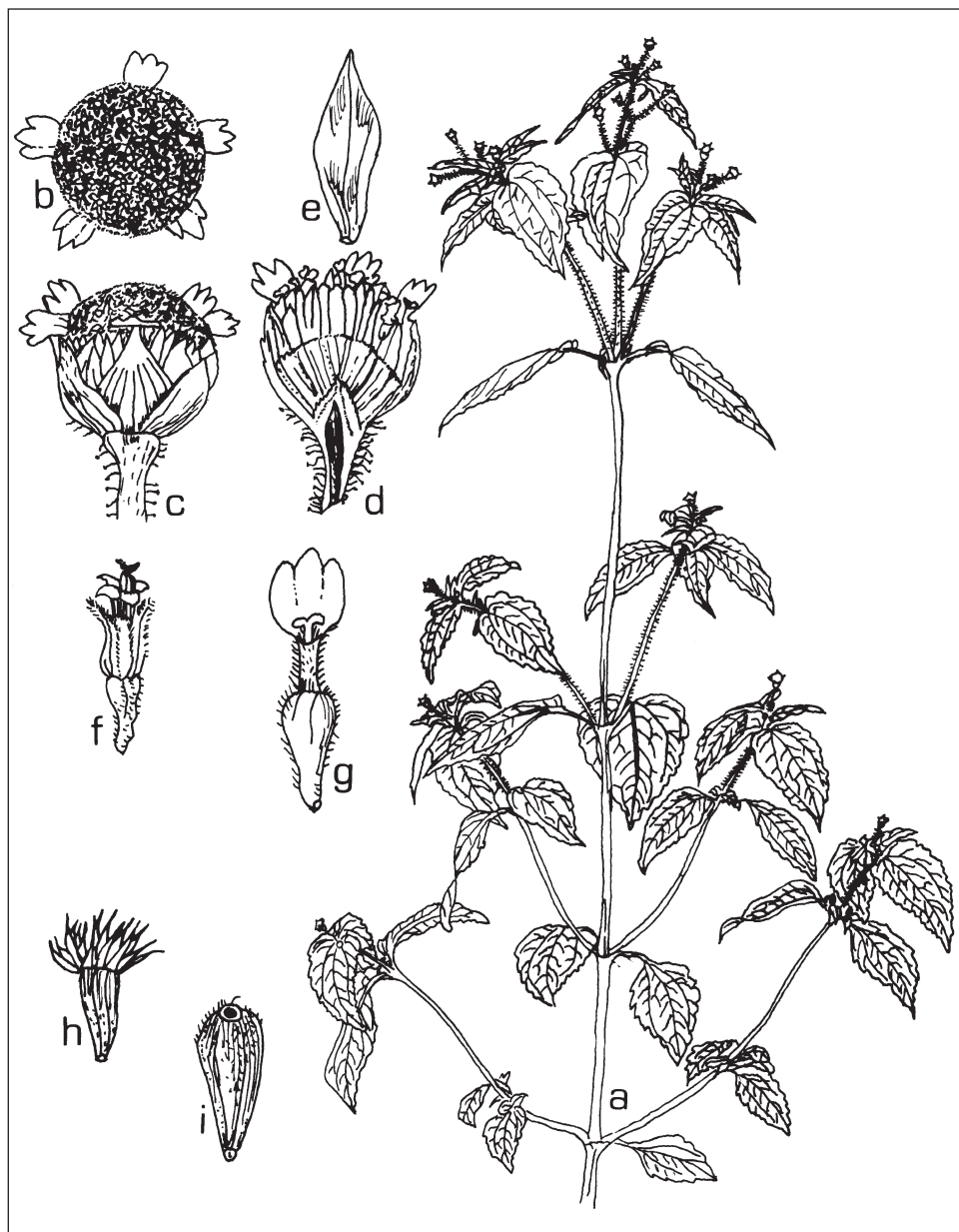
Fraga: margen de arrozal, 150 m, 31TBG8400, *M. Sanz Elorza*, JACA 231097.

Taxon de procedencia neotropical, naturalizado en diversos lugares de la costa mediterránea, en las vegas de Andalucía occidental [J. M. GALLEGO in VALDÉS & *al.* (eds.), 1987] y en el sur de Badajoz (A. ORTEGA in J. A. DEVESA, 1995), en herbazales higronitrófilos desarrollados cerca de los ríos, acequias, bordes de arrozales, etc. Primera cita para la provincia de Huesca, encontrada en el margen de un arrozal en Fraga, cerca del límite provincial con Lérida.

Galinsoga ciliata (Rafin.) S. F. Blake

Marcén: infestante en campo de maíz, 380 m, 30TYM2445, *M. Sanz Elorza*, JACA 525496.

Mala hierba neotropical, de fenología estival, propia de comunidades arvenses de regadío, jardines poco cuidados, etc. Primera cita para la provincia de Huesca.



Lám. 5. *Galinsoga ciliata*, Marcén, Huesca (JACA 525496):

- a) hábito x 1; b) capítulo x 5; c) ídem x 5; d) sección del capítulo x 5;
 e) escama del receptáculo x 7,5; f) flor del interior del capítulo x 7,5; g) flor ligulada x 7,5;
 h) fruto con vilano x 10; i) fruto sin vilano x 10.

***Achillea filipendulina* Lam.**

Azara: cuneta de la carretera cerca de San Román, 505 m, 30TYM4460, *M. Sanz Elorza*, MA 614994.

Planta cultivada como ornamental en jardinería para formar rocallas y macizos, con tendencia a escapar y naturalizarse en cunetas de carreteras, desmontes, jardines, vías férreas, etc. En su zona de origen (Cáucaso, Irán, Afganistán, Turquía, etc.) no es planta ruderal, aparece en riberas de ríos, lagos, laderas rocosas, etc. Se ha citado en varias localidades del centro de la península Ibérica, en las provincias de Madrid, Segovia y Salamanca (SOBRINO, 1997), siempre en lugares sometidos a fuerte influencia antropozooógena. En la provincia de Huesca hemos encontrado una población en expansión en el borde de la carretera de Lérida, a la altura de San Román. Pese a que todos los años se siega la cuneta, rebrota con fuerza y pujanza, sin que esto parezca afectar a su supervivencia. Primera cita para nuestra provincia.

***Alisma plantago-aquatica* L.**

Callén: mala hierba en arrozal, 345 m, 30TYM1850, *M. Sanz Elorza*, JACA 525396.

Propia de balsas, charcas, arrozales y en general de aguas estancadas o de curso lento. La hemos encontrado también en Castelflorite (30TYM4832) y en Fraga (31TBG8501), igualmente en campos de arroz. Hasta la fecha no se había citado al sur de las Sierras Exteriores pirenaicas.

***Allium neapolitanum* Cyr.**

Alerre: huerto rico en materia orgánica, 505 m, 30TYM0971, *M. Sanz Elorza*, JACA 229997.

Otra termófila mediterránea propia de huertos, olivares, viñedos, herbazales nitrófilos, etc., que prefiere los ambientes sombreados y abrigados creados bajo el arbolado. Primera cita para la provincia de Huesca.

***Heteranthera reniformis* Ruiz & Pavón**

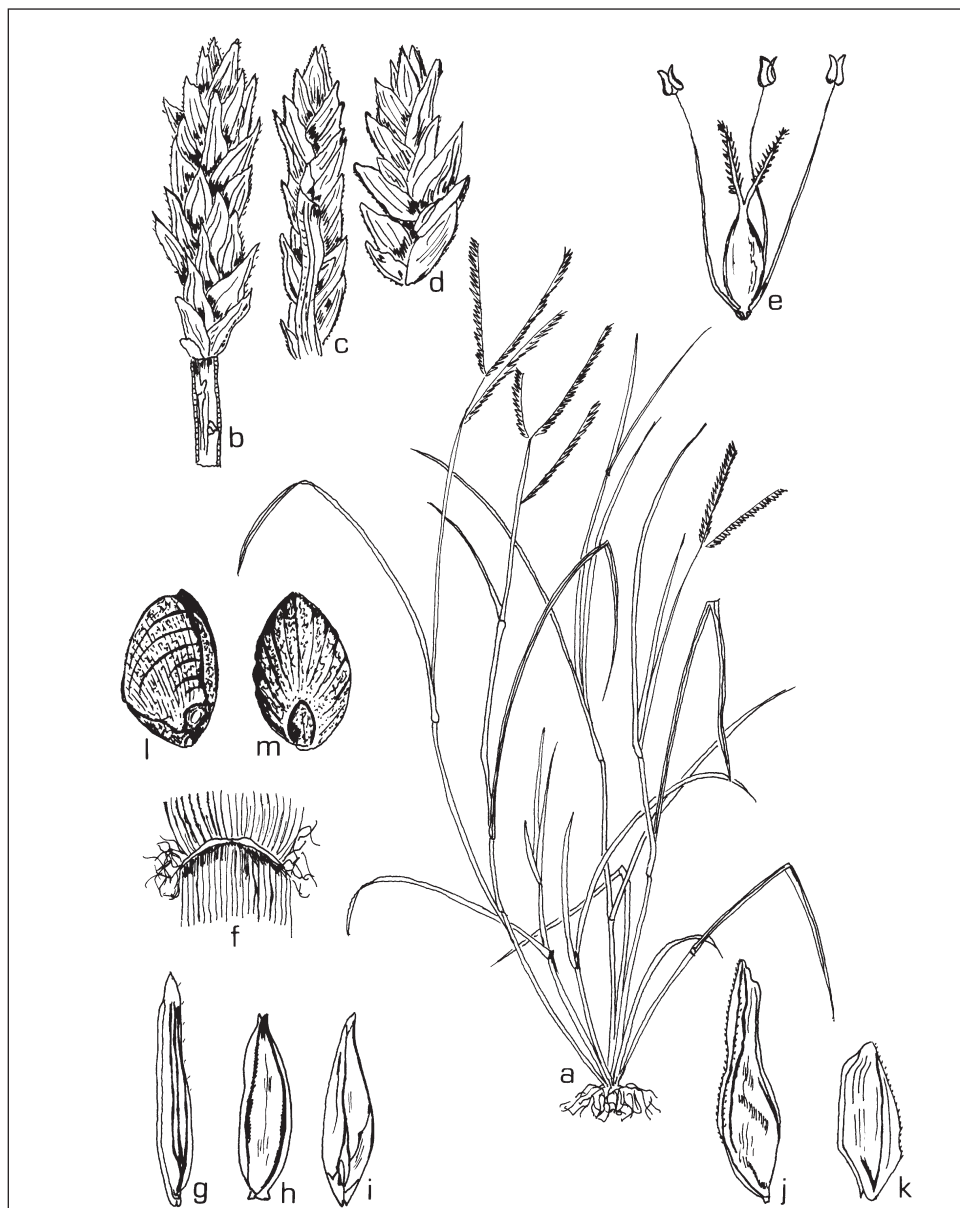
Callén: mala hierba en arrozal, 355 m, 30TYM1850, *M. Sanz Elorza*, JACA 230297.

Mala hierba, de origen neotropical, también alóctona y con gran capacidad infestante, exclusiva de arrozales, al menos en nuestras latitudes. Se encuentra en rápida expansión por las zonas arroceras altoaragonesas. Su introducción puede deberse a partidas de semillas de arroz contaminadas con diásporas de esta especie, procedentes de Italia. La hipótesis se basa en que fue en este país donde primero se detectó su presencia en Europa y además es nuestro principal suministrador de semillas de arroz. Segunda cita para la provincia de Huesca (ZARAGOZA & *al.*, 1993).



Lám. 6. *Alisma plantago-aquatica*, Callén, Huesca (JACA 525296):

- a) porción superior de un tallo florido y una hoja x 1; b) hábito x 1/12; c) flor x 3;
d) fruto x 6; e) gineceo x 8; f) carpelo x 12; g) semilla x 12; h) fruto simple x 8.



Lám. 7. *Eleusine indica*, Miralsot-Fraga, Huesca (MA 615029):

- a) hábito x 1/4; b) fragmento de espiga x 4; c) ídem x 4; d) espiguilla x 5;
 e) androceo y gineceo x 10; f) lígula x 5; g) lema de la flor inferior x 10;
 h) pálea de la flor inferior x 10; i) ídem x 10; j) gluma superior x 10; k) gluma inferior x 10.

***Gladyolus italicus* Miller**

El Tormillo: plantación de almendros en secano, 410 m, 30TYM4640, *M. Sanz Elorza*, JACA 229897.

Torres del Obispo: proximidades de la fuente Bardají y el barranco Ribera, 670-720 m, 31TBG8362, *G. Montserrat*, JACA 457987.

Puente de Montañana: borde de campo de cereal, 530 m, 31TCG0969, *G. Montserrat*, JACA 673586.

El Grado: entre el pueblo y el embalse, 450-500 m, 31TBG7071, *G. Montserrat*, JACA 732486.

Habita en campos de cereales y sus márgenes, olivares, viñedos, plantaciones de almendros, barbechos, herbazales nitrófilos, etc. Revisado el material depositado en el herbario JACA, muchos pliegos atribuidos a este taxón corresponden en realidad a su congénere *Gladyolus illyricus* Koch. Primera cita para la provincia de Huesca.

***Eleusine indica* (L.) Gaertner**

Fraga: margen de un campo de melocotoneros en regadío sobre suelo compactado cerca de Miralsot, 115 m, 31TBG7503, *M. Sanz Elorza*, MA 615029.

Se trata de una planta muy termófila, de origen tropical, relativamente extendida por el litoral mediterráneo, que en su proceso expansivo ha llegado a alcanzar la provincia de Huesca en su zona más baja y cálida. Habita en orillas de caminos y de campos, cultivos de regadío de fenología estival, etc., generalmente sobre suelos pisados o compactados. Primera cita para nuestra provincia.

BIBLIOGRAFÍA

- BUBANI, P. (1897). *Flora Pyrenaea I*. Mediolani.
- BRAUN-BLANQUET, J. & O. BOLÒS (1957). Les groupements végétaux du bassin de l'Èbre. *Anales Estación Experimental Aula Dei*, vol. 5, núms. 1-4. Zaragoza.
- CASTROVIEJO, S. & al. (eds.) (1986). *Flora iberica I*. Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid. 575 pp.
- DEVESA, J. A. (1995). *Vegetación y flora de Extremadura*. Universitas. Badajoz. 771 pp.
- MASALLES, R. M.; F. X. SANS & J. PINO (1996). Flora alóctona de origen americano en los cultivos de Cataluña. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 54 (1): 436-442.
- MONTSERRAT, J. M. (1986). *Flora y vegetación de la Sierra de Guara (Prepirineo aragonés)*. Diputación General de Aragón. Zaragoza. 334 pp.
- MORALES, R. (1998). Reseñas bibliográficas. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 56 (1): 187.

- NINOT, J. M.; À. ROMO & J. A. SESÉ (1993). *Macizo del Turbón y Sierra de Sis. Flora, paisaje vegetal e itinerarios (Prepirineo aragonés)*. Gobierno de Aragón. Zaragoza. 495 pp.
- SOBRINO, E. (1997). Distribución de *Achillea filipendulina* Lam. en la zona centro de la Península Ibérica. *Actas congreso 1997 Sociedad Española de Malherbología*: 159-165. Valencia.
- VALDÉS, B.; S. TALAVERA & E. FERNÁNDEZ-GALIANO (eds.) (1987). *Flora vascular en Andalucía occidental*. Ketres. Barcelona. 3 vols.
- VILLAR, L.; J. A. SESÉ & J. V. FERRÁNDEZ (1997). *Atlas de la flora del Pirineo aragonés, I (Introducción. Lycopodiaceae-Umbelliferae)*, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón e Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 648 pp.
- ZARAGOZA, C. & al. (1993). *Actas del Congreso 1993 de la Sociedad Española de Malherbología*: 37-40. Lugo.

NOTAS

FLORA DE INTERÉS EN VALCHELADAS Y EL PUEYO DE BARBASTRO (PROVINCIA DE HUESCA)

José Vicente FERRÁNDEZ PALACIO¹

Situadas en las tierras del Somontano de Barbastro, nos llaman la atención por su altivez estas dos avanzadillas hacia el sur de las sierras prepirenaicas. El sustrato es calcáreo (en Valcheladas hay una cantera ya fuera de uso) y son observables formas de erosión características, como los lapiares, aunque de poca intensidad; en las faldas meridionales aparecen yesos, continuación de los de Peraltila.

Los acantilados de Valcheladas son muy conocidos en la zona como escuela de iniciación a la escalada, mientras que El Pueyo alberga en su cima el monasterio homónimo. Las cotas máximas de estas dos atalayas son, respectivamente, 589 y 619 m y sus cuadrículas UTM, 31TBG5559-5558 y 31TBG5658.

Como es de suponer por su posición cercana a la depresión del Ebro, la flora de estos enclaves alberga muchas especies termófilas. Así, en los carrascales de El Pueyo es frecuente *Juniperus oxycedrus*, con *J. phoenicea*

¹ MONZÓN.

allí donde aflora la roca madre, mientras los olores de la ruda (*Ruta angustifolia*) y el romero acompañan a quienes trepan por los paredones de Valcheladas. Otras especies frioleras que habitan estos lugares son *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Rh. alaternus*, *Celtis australis*, *Jasminum fruticans*, *Lithodora fruticosa*, *Salvia lavandulifolia*, *Teucrium aragonense*, *Galium lucidum* subsp. *lucidum*, *Plantago afra*, *Silene nocturna*, *Cistus clusii*, *Fumana ericifolia*, *Stipa offneri* y *Aphyllanthes monspeliensis*. En los roquedos vemos *Asplenium ruta-muraria*, *Parietaria diffusa* y *Jasonia glutinosa*; a sus pies encontramos especies nitrófilas como *Erodium malacoides*, *Mercurialis annua*, *Urospermum picroides*, *Sisymbrium runcinatum*, *Bassia prostrata* y *Medicago minima*. En los suelos muy pedregosos se hallan *Teucrium botrys* y *Anthyllis vulneraria* subsp. *gandogeri*, mientras en los yesos son frecuentes *Ononis tridentata*, *Helianthemum syriacum* y *Stipa parviflora*; *Malva trifida*, *Sideritis ilicifolia*, *Hedysarum confertum* y *Launaea pumila* aparecen esporádicamente.

Destacamos a continuación otros taxones de importancia biogeográfica:

Arabis planisiliqua (Pers.) Rechb. [En nuestra provincia la hemos encontrado por los Somontanos centro-orientales (VILLAR, SESÉ & FERRÁNDEZ, 1997: 229) y algún otro punto más al sur (Almunia de San Juan, Serreta Negra de Fraga, sierra de Lanaja). En Valcheladas vive entre matorrales de boj. Europea occidental].

Atractylis cancellata L. subsp. **cancellata** [Habita en lugares muy secos con suelo esquelético. Rara en la provincia, la conocemos además de Ballobar, Castejón del Puente, Monzón y Castillonroy (FERRÁNDEZ & *al.*, 1988: 194). Aunque escasea en Valcheladas, abunda bajo el monasterio de El Pueyo, donde comparte un talud muy recalentado con *Sedum album* y *Plantago lagopus* a 580 m de altitud, la mayor registrada para este taxón en nuestra provincia. Mediterránea].

Buxus sempervirens L. [El boj se vuelve escaso en el límite entre los Somontanos y la depresión del Ebro, donde busca los enclaves más frescos de laderas umbrías (Ayerbe, Ortilla, Montearagón, Almunia de San Juan, etc.). No es raro en Valcheladas. Submediterránea].

Chaenorhinum origanifolium (L.) Fourr. subsp. **origanifolium** [Abunda en los acantilados soleados de Valcheladas y por este sector no parece avanzar más hacia el sur. Lateurosiberiana].

Haplophyllum linifolium (L.) G. Don fil. subsp. **linifolium** [Esta rutácea de vistosas flores amarillas crece en campos abandonados sobre yesos al norte de los riscos de Valcheladas, a 500 m de altitud. Desde la depresión del Ebro, penetra por los Somontanos hasta esta localidad, junto con las de Castillonroy, Fonç (VILLAR, FERRÁNDEZ & SESÉ,

1997: 472), San Esteban de Litera y Almunia de San Juan. Mediterránea W, la subespecie quizá endémica peninsular].

Helianthemum ledifolium (L.) Mill. [Vive en El Pueyo de Barbastro junto con *Atractylis cancellata* y otras anuales. Prefiere los suelos salinos o yesosos muy secos en verano y la conocemos además de pocas localidades oscenses: Ayerbe, Esquedas, Montmesa y Sariñena (FABREGAT & *al.*, 1995: 169). Mediterráneo, Macaronesia y parte de Asia].

Iris lutescens Lam. subsp. **subbiflora** (Brot.) D. A. Webb & Chater [Se trata de un vistoso lirio de flor azul que se localiza aquí y allá en la zona superior de Valcheladas, en pedregales calizos, siendo una de las plantas más destacadas de este enclave; parece muy raro en nuestra provincia, pues únicamente lo hemos encontrado en Lascellas, San Esteban de Litera y Almunia de San Juan (FABREGAT & *al.*, 1995: 169; FERRÁNDEZ, 1997: 293-294). Mediterránea W].

Minuartia campestris Loefl. ex L. subsp. **campestris** [Minúscula especie anual hallada por ahora en pocas localidades oscenses, casi todas en el Somontano oriental (FERRÁNDEZ & SESÉ, 1989: 41; VILLAR, SESÉ & FERRÁNDEZ, 1997: 109). Es muy rara en Valcheladas. Endémica peninsular, sobre todo oriental].

Ranunculus gramineus L. [Planta de bellas flores amarillas, más o menos frecuente en el Prepireneo oscense, si bien escasea mucho en los Somontanos; llega por el sur de la provincia hasta Monzón, San Esteban de Litera y Baldellou, que sepamos, para reaparecer luego en Monegros. Habita en la parte superior de Valcheladas, en pedregales calizos, junto con *Thalictrum tuberosum*, *Thymelaea pubescens*, *Cephalaria leucantha*, *Serratula pinnatifida*, *Scorzonera angustifolia*, *S. hispanica* y el mencionado *Iris lutescens*. Orófito mediterránea W].

Reseda alba L. subsp. **gayana** (Boiss.) Maire (*R. undata* L.) [Frecuente en el sur de la provincia, no se ha encontrado por el momento en nuestro ámbito al norte de Valcheladas. Vive sobre los yesos de una ladera muy pastada, a 480 m. Mediterránea W].

Seseli elatum L. [Se encuentra en lo alto de los riscos de Valcheladas; esta localidad, junto con Lascellas (30TYM46), Fonze (31TBG75) y Tamarite de Litera (31TBG83), marcan por ahora el límite SW en la distribución pirenaica de esta especie. Submediterránea europea].

Umbilicus rupestris (Salisb.) Dandy [Se encuentra tanto en Valcheladas como en El Pueyo, en roquedos abrigados. Planta crasa de hojas muy características, peltadas, que en este sector no se adentra más hacia la depresión del Ebro. W, S de Europa y N de África].

BIBLIOGRAFÍA

FABREGAT, C.; FERRÁNDEZ, J. V.; LÓPEZ-UDIAS, S.; MATEO, G.; MOLERO BRIONES, J.; SÁEZ, L.; SESÉ, J. A. & VILLAR, L., 1995. Nuevas aportaciones a la flora de Aragón. *Lucas Mallada*, 7: 165-192. Huesca.

- FERRÁNDEZ, J. V., 1997. 55 plantas destacadas del Cinca Medio. *Cuadernos de CEHIMO*, 24: 273-300. Monzón.
- FERRÁNDEZ, J. V.; MONTSERRAT MARTÍ, G. & SESÉ, J. A., 1988. Notas sobre la flora del Pre-pirineo Central. En *Homenaje a Pedro Montserrat*: 187-197. IEA-IPE (Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 4), Huesca-Jaca.
- FERRÁNDEZ, J. V. & SESÉ, J. A., 1989. Notas sobre la flora de La Ribagorza, La Litera y Cinca Medio (Alto Aragón Oriental). *Lucas Mallada*, 1: 37-49. Huesca.
- VILLAR, L., SESÉ, J. A. & FERRÁNDEZ, J. V., 1997. *Atlas de la flora del Pirineo Aragonés, I (Introducción. Lycopodiaceae-Umbelliferae)*. 648 pp. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón e Instituto de Estudios Altoaragoneses. Zaragoza-Huesca.

**NUEVAS LOCALIDADES DE *HETERANTHERA LIMOSA* (Sw.)
WILLD. Y *H. RENIFORMIS* RUIZ ET PAVÓN
EN LA PROVINCIA DE HUESCA (ESPAÑA)**

Lorenzo ORTAS¹
Joaquín ASCASO²

Se dan a conocer nuevas localidades de *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd. y *H. reniformis* Ruiz et Pavón, pertenecientes a la flora arvense alóctona de reciente introducción en los arrozales de la provincia de Huesca. Los pliegos correspondientes se encuentran depositados en el herbario DAHU de la Escuela Universitaria Politécnica de Huesca - Universidad de Zaragoza.

***Heteranthera limosa* (Sw.) Willd.**

Hs. Huesca: Grañén, Callén, 30TYM2051, 360 m, campo de arroz, 6-10-97, Leg. J. Ascaso & L. Ortas, DAHU 7048; ibídem, 30TYM1752, 370 m, campo de arroz, 26-6-98, Leg. J. Ascaso & L. Ortas, DAHU 7427.

¹ Cial. de Servicios AGRIGÁN, S. A. Ctra. Sariñena, km 0,6. E-22005 HUESCA.

² Área de Biología Vegetal, Escuela Universitaria Politécnica de Huesca, Universidad de Zaragoza. Ctra. de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA.

Conocida de Fraga, 31TCG8501 (CONESA *et* SANZ, 1997 *et* 1998), aparece también en los cultivos de arroz de la zona de Grañén. Se ha encontrado en los veranos de 1997 y 1998. El número de poblaciones y su abundancia se han incrementado notablemente en un año. 2ª cita provincial.

***Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavón**

Hs. Huesca: Grañén, Callén, 30TYM2051, 360 m, campo de arroz, 6-10-97, *Leg. J. Ascaso & L. Ortas*, DAHU 7047; ibídem, 30TYM1752, 370 m, campo de arroz, 26-6-98, *Leg. J. Ascaso & L. Ortas*, DAHU 8134.

Había estado citada ya en San Lorenzo del Flumen y Montesús (ZARAGOZA *et al.*, 1993) de los cuadrados UTM30TYM23 y 30TYM14 (aunque sin referencia expresa) y, posteriormente, lo ha sido de Callén (CONESA *et* SANZ, 1998) coincidiendo las UTM con la última cita. Nuestras dos localidades amplían el área de distribución conocida de este higrófito que convive con la anterior especie.

BIBLIOGRAFÍA

- AGOSTINI, G. (1974). El género *Heteranthera* (Pontederiaceae) en Venezuela. *Acta Bot. Venezuelica*, 9 (1/4): 295-301.
- CONESA, J. A.; SANZ ELORZA, M. (1997). Fragmenta chorologica occidentalia, 6274. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 55 (2): 454.
- CONESA, J. A.; SANZ ELORZA, M. (1998). *Azolla filiculoides* Lam. y *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd., dos nuevas malas hierbas de los arrozales altoaragoneses. *ITEA*, 94: 177-184.
- COOK, C. D. K. (1982). *Pontederiaceae*. In HAFLIGER, E. *et al.* (eds.), *Monocot weeds. III*. Documenta Ciba-Geigy. Basel.
- HORN, Ch. N. (1988). Pontederiaceae. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 30: 133-136.
- WEBB, D. A. (1980). *Heteranthera* Ruiz et Pavón. In TUTIN, T. G. *et al.* (eds.), *Flora Europaea*. Vol. 5. Cambridge University Press. Cambridge.
- ZARAGOZA, C.; GARCÍA FLORÍA, M. C.; AIBAR, J. (1993). Presencia de *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavón en el cultivo de arroz en Huesca. *Actas Congreso Sociedad Española de Malherbología*: 37-40. Lugo.

UNA CITA DE MARMOTA (*M. MARMOTA*) EN EL PREPIRINEO

José Luis RIVAS GONZÁLEZ¹

Marmota marmota es un roedor típico de los prados alpinos y subalpinos con presencia de acumulaciones de piedras, originario de los Alpes y los Montes Tatra. Escoge lugares abiertos, sin penetrar en las áreas boscosas (GOSÀLBEZ I NOGUERA, 1987).

Desde las primeras sueltas realizadas en el Pirineo francés (años 60 y 70) su expansión por la vertiente sur del Pirineo, debido a su preferencia por las exposiciones solanas, es un hecho recogido en diversos trabajos (GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.*, 1985; HERRERO *et al.*, 1987). En la actualidad, ocupa de forma continua todo el Pirineo aragonés, preferentemente entre 1.600 y 2.400 m, con unos límites altitudinales extremos entre los 1.400 y los 2.900 m (GARCÍA & HERRERO, 1999).

El ejemplar objeto de la presente nota se observó sobre las 7.00 (hora solar) del 25 de mayo de 1998, en las proximidades del puerto de Monrepós, a 1.200 m de altitud, dentro de las denominadas Sierras Exteriores, en el cuadrante NW de la provincia de Huesca.

¹ Avda. Montañana, 11. E-50059 ZARAGOZA.

En el momento de la observación la marmota, que presentaba un buen aspecto físico y de pelaje, intentaba cruzar corriendo la carretera N-330 cuando la repentina aparición de dos vehículos ocupando los dos carriles ascendentes le hizo retroceder desde el centro de la calzada hacia la cuneta.

La observación duró unos segundos, pero la perfecta visibilidad del lugar donde se realizó y la escasa distancia (fue necesario frenar el automóvil para evitar su posible atropello) permitieron ver en inmejorables condiciones al ejemplar.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTELLS, A. & MAYO, M. 1993. *Guía de los mamíferos en libertad de España y Portugal*. Ed. Pirámide.
- GARCÍA, R. & HERRERO, J. 1999. La marmota. *El Mundo de los Pirineos*, 10: 63-65.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; CANUT, J.; GARCÍA, D.; HERRERO, J.; HIDALGO, R.; JORDÁN, G.; NAVAJO, J.; RUIZ-OLMO, J. & MARCO, J. 1985. Primeras notas sobre la distribución de la marmota (*M. marmota* L. 1748) en la Península Ibérica. *Pirineos*, 125: 113-115.
- GOSÀLBEZ I NOGUERA, J. 1987. *Insectívors i rosegadors de Catalunya*. Ed. Ketres.
- HERRERO, J.; HIDALGO, R.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R. 1987. Colonization process of the alpine marmot (*Marmota marmota*) in Spanish western Pyrenees. *Pirineos*, 130: 87-94.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Lucas Mallada publica artículos y notas de investigación inéditos encuadrados en las distintas ramas de la ciencia.

1. Los trabajos, que no podrán sobrepasar las 20 páginas, serán mecanografiados en hojas DIN A-4 (30 líneas de 70 espacios cada una) por una sola cara y a doble espacio. Se presentará el original acompañado de dos copias, con las páginas numeradas.
2. El texto podrá redactarse en castellano, aragonés o inglés.
3. Todos los trabajos serán revisados 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 estudio del tema. Cuando el resultado de dicha revisión lo exija, el original con las pertinentes anotaciones será devuelto al autor, que deberá tenerlas en consideración.
4. Los caracteres en cursiva se utilizarán para los nombres científicos de géneros y de especies y para los neologismos intraducibles; las citas textuales, independientemente de la lengua, se consignarán 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.

Los números del uno al diez, siempre que aparezcan en el texto, se escribirán con letra.

Se evitarán siempre las notas a pie de página.

5. Cada autor recibirá una prueba de imprenta de su trabajo para su corrección, que devolverá en el plazo de diez días.
6. 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; género y especie irán acompañados de los taxones correspondientes.

Nombre del autor o autores, con su dirección postal.

Resumen en castellano que no supere las doce líneas mecanografiadas y que recoja lo esencial del manuscrito.

Abstract en inglés con las mismas características que el resumen. Estará encabezado por el título del trabajo en *cursiva*.

Palabras clave en inglés (seis como máximo), 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.

Bibliografía. Cada trabajo deberá ir acompañado de una bibliografía, que solamente contendrá las publicaciones citadas en el texto.

7. *Tablas y figuras.* 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. Las tablas se numerarán I, II, III, etc., y deberán estar siempre reseñadas en el texto. Las ilustraciones deberán presentarse separadas del texto e indicando en su dorso el título del trabajo y el nombre del autor o autores escritos a lápiz. Toda clase de ilustraciones (gráficos, figuras o fotografías) entrarán con el nombre de figura y se numerarán 1, 2, 3, etc., siendo siempre reseñadas en el texto. Los autores deberán indicar en el original, al margen, en qué parte del texto desean intercalar las figuras y las tablas.



**INSTITUTO DE ESTUDIOS
ALTOARAGONESES**

Diputación de Huesca



9 770518 408001