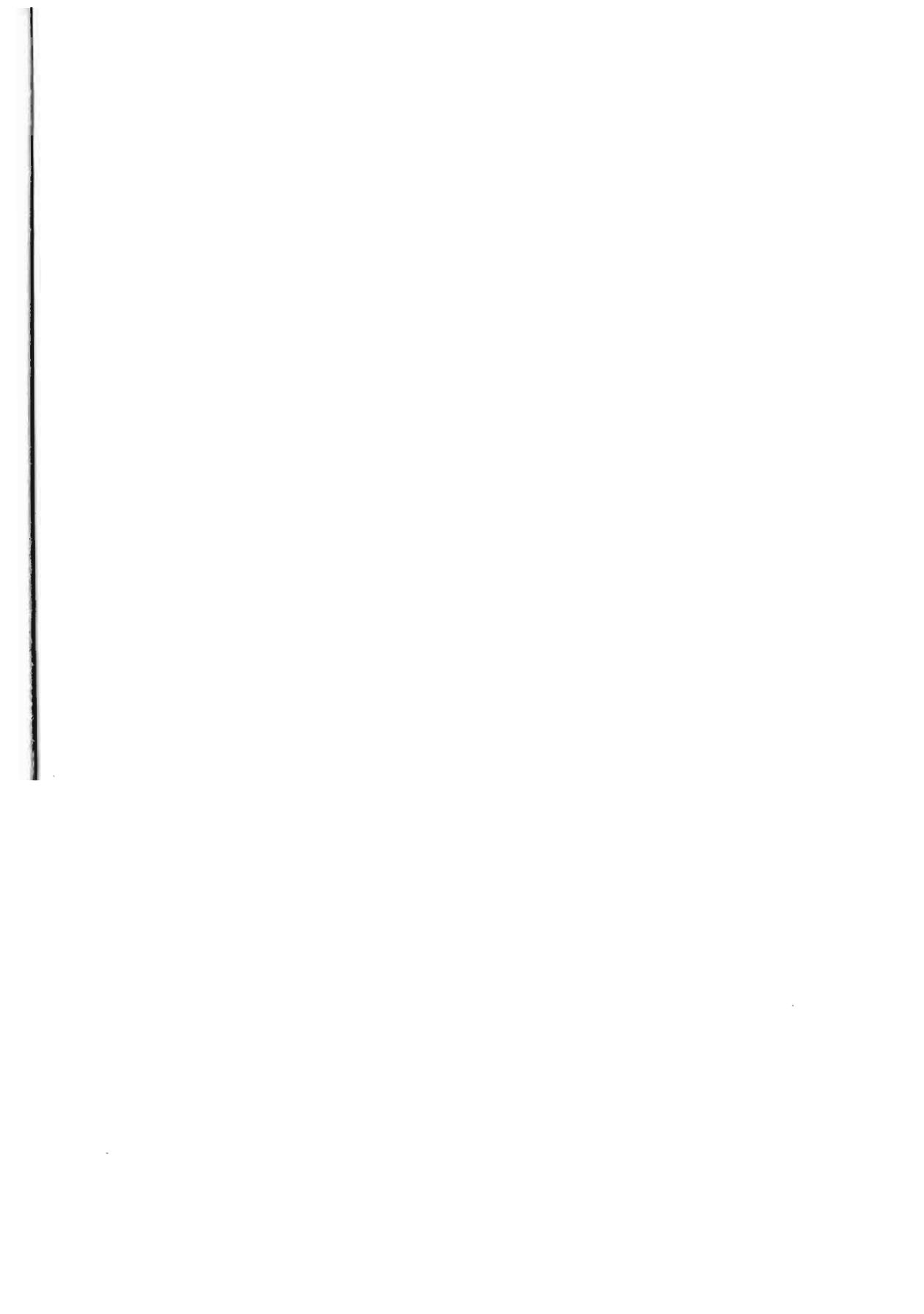




LUCAS MALLADA

12

REVISTA DE CIENCIAS



LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

12

HUESCA, 2005

LUCAS MALLADA

REVISTA DE CIENCIAS

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALTOARAGONESES

(DIPUTACIÓN DE HUESCA)

Director: César PEDROCCHI RENAULT

Consejo de redacción: Joaquín ASCASO MARTORELL, David BADÍA VILLAS,
Francisco A. COMÍN SEBASTIÁN, José CREUS NOVAU, José Antonio CUCHÍ OTERINO,
Federico FILLAT ESTAQUÉ, Javier LUCIENTES CURDI, Antonio MELIC BLAS,
Ángel VILLACAMPA MÉNDEZ

Secretaria: Pilar ALCALDE ARÁNTEGUI

Correctores: Isidoro GRACIA y Teresa SAS

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

www.iea.es / iea@iea.es

ISSN: 0214-8315

Depósito Legal: HU-151/2000

Imprime: Línea 2015, S. L. HUESCA

ÍNDICE

ARTÍCULOS

| | |
|---|-----|
| Caracterización productiva de la gallina del Sobrarbe, por José Ramón CAJAL PABLO | 9 |
| Evidencias de predación de dinosaurios terópodos en el Maastrichtiense superior, Cretácico superior de Arén (Huesca), por José Ignacio CANUDO <i>et al.</i> | 29 |
| Estudio de la correlación de cálculo de la humedad del grano de maíz en función de variables de control de un secadero de columna, por F. J. GARCÍA RAMOS y D. BANZO USIETO | 59 |
| Radioseguimiento de un quebrantahuesos (<i>Gypaetus barbatus</i>) reproductor en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (Aragón, España), por Juan Antonio GIL <i>et al.</i> | 75 |
| Alimentación de la nutria en diferentes hábitats de la provincia de Huesca, por R. MIRANDA <i>et al.</i> | 89 |
| Valores de conductividad eléctrica de nieve y suelo a lo largo de un transecto longitudinal en el Pirineo, por C. CALVO <i>et al.</i> | 101 |
| Evolución demográfica de la cigüeña común (<i>Ciconia ciconia</i>) en el Alto Aragón en el periodo 1996-2004 y estudio de su nidotópica, por César PEDROCCHI <i>et al.</i> | 113 |

NOTAS

| | |
|---|-----|
| Nota sobre recrecimientos subglaciares de calcita bajo el glaciar de la cara norte de Monte Perdido (Huesca), por J. A. CUCHÍ y E. VILLAGRASA | 135 |
|---|-----|

Aportaciones a la distribución del camarón de río, *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1831) (Decapoda, Natantia), en la cuenca del Ebro (España), por J. OSCOZ y C. DURÁN 139

Nota sobre acerollas y nísperos cultivados en la huerta de Huesca, a partir de una antigua cita, por J. A. CUCHÍ *et al.* 145

ARTÍCULOS

CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LA GALLINA DEL SOBRARBE*

José Ramón CAJAL PARDO**

RESUMEN.— La gallina del Sobrarbe es la única raza doméstica de aves autóctona de Aragón. Hasta la fecha todo el trabajo que se había realizado con esta raza había consistido en su conservación y caracterización morfológica. En nuestra investigación tratamos de determinar sus características productivas, tanto para su posible aprovechamiento cárnico como de raza ponedora. Para ello el trabajo se desarrolló en dos fases: en la primera, se atendió a los parámetros productivos durante la fase de crecimiento, tanto de machos como de hembras; en la segunda, se estudió la fase de puesta.

ABSTRACT.— The Sobrarbe hen is the only autochthonous domestic poultry breed. All the work that had been performed, to date, with this breed had consisted in its preservation and morphological characterisation. In our research we try to determine its productive characteristics, both for its possible use as meat and as a laying breed. Therefore, the work was carried out in two phases: during the first, attention was paid to the productive parameters during the growth phase, both in males and females, and in the second, the laying phase was studied.

KEY WORDS.— Sobrarbe, hen, productive characteristics, Aragon (Spain).

* Este trabajo se realizó gracias a una Ayuda de Investigación otorgada por el IEA en el curso 2003-2004.

** Plaza Santa Clara, 4-1º C. E-22002 HUESCA. Apdo. 167. jrcajal@yahoo.es

ANTECEDENTES

La actual raza de gallinas del Sobrarbe tiene una historia relativamente corta. En 1994 comienza el trabajo de la Fundación Pirineos para la recuperación de varias razas de animales del Pirineo, pero no de gallinas, puesto que nunca se había descrito raza alguna en Aragón.

Es en 1995 cuando llega a esta institución la noticia de la existencia de una población de gallinas en la comarca del Sobrarbe (a las faldas de la Peña Montañesa) que los habitantes de estos pueblos denominaban «gallina del país».

Los propietarios de estas gallinas las conservaban por añoranza, ya que siempre las habían visto en casa y en años pasados, más duros que los actuales, habían sido una fuente de alimento para las familias.

Las gallinas encontradas eran bastante homogéneas en cuanto a tipo y presentaban diversidad de colores. Estas aves parecían constituir un núcleo residual de una población mucho más extendida en décadas pasadas por el norte de Huesca, pero que nunca había sido descrita ni mencionada en bibliografía alguna, y que se encontraba al borde mismo de la desaparición.

Sin embargo, algunas fotografías antiguas (de las primeras décadas del siglo pasado) de la Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca, así como algunas particulares, confirman la amplia existencia de este tipo de gallinas en el norte de la provincia en épocas pasadas. Así, existen fotografías con gallinas de tipo mediterráneo, orejilla blanca y una gran diversidad de plumajes (trigueños, negros, blancos, barrados, plateados...) en Ansó, Aragüés del Puerto, Biescas, Sallent de Gállego, Bielsa, Chistau..., y hasta en Huesca capital. Posteriores hallazgos de otras poblaciones en Ribagorza y La Litera confirman esta teoría.

Con estas poblaciones, don Ricardo Azón, por aquel entonces director de la Fundación Pirineos, se puso a trabajar para la conservación y estandarización de lo que actualmente conocemos como Gallina del Sobrarbe. Para ello contó con la ayuda del doctor Amadeu Francesch, que ya había realizado un trabajo similar con las razas de gallinas de Cataluña, y con una pequeña red de aficionados que también colaboraban en dicho trabajo.

Tras un arduo, pero gratificante trabajo, se ha logrado definir y conservar la raza. Está reconocida a nivel nacional e internacional, existe una Asociación

de Criadores con socios de todo Aragón y hay un concurso-exposición anual en Sariñena que sin duda ayuda a elevar el nivel de exigencia en su mejora.

En la actualidad existen cinco variedades de color de esta raza: trigueñas, negras, azules, barradas en negro o franciscanas y plateadas. De estas cinco las dos primeras son las que cuentan con una población mayor y las que están más uniformizadas.

Dada la situación de aquella población de gallinas, es muy probable que, de no haber intervenido en aquel momento, hoy no existiría, habiendo pasado desapercibida para nosotros una parte irrecuperable del importante patrimonio que las razas domésticas representan, en un momento precisamente en el que las principales instituciones internacionales, como la FAO y la Unión Europea, han vuelto la mirada hacia los recursos genéticos animales, considerándolos un bien cultural, natural y económico de primer orden y habilitando líneas para su conocimiento, evaluación y conservación.

Tras este laborioso trabajo de conservación y estandarización, era necesario conocer la capacidad productiva de esta raza, tanto como gallina ponedora como la posible utilidad de los machos como pollos para carne. Estos dos aspectos básicos a la hora de caracterizar una raza permitirán conocer su utilidad para sistemas de producción alternativos: producción al aire libre, avicultura ecológica..., ya que en un principio la rusticidad del animal y la adaptación al medio están garantizados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trabajó con las dos variedades de color más uniformizadas y, por otra parte, más abundantes, que son la trigueña y la negra. Se partió de un lote de hembras trigueñas, de machos trigueños, de hembras negras y uno de machos negros. Los lotes de machos se compararon entre sí, al igual que en las hembras, a efectos estadísticos. Sobre estos lotes se desarrolló el proyecto de investigación en dos fases:

1ª Fase: Crecimiento

1. Resultados en incubación.
2. Resultados de bajas durante la fase de engorde en machos y recría en hembras.

3. Resultados en crecimiento de machos y hembras.
4. Consumo de alimento en machos y hembras.
5. Rendimiento canal de los machos.
6. Medidas zoométricas de la canal de los machos.
7. Entrada en puesta de las hembras.

2ª Fase: Puesta

1. Número de huevos puestos por hembra.
2. Análisis de la calidad del huevo.
3. Peso de gallos y gallinas adultos.

Los pollitos nacieron el 11 de febrero; al nacer fueron separados por variedades, sexados y vacunados contra Marek, enfermedad bastante habitual en nuestros días que afecta especialmente a animales con un proceso productivo largo, como se esperaba en este caso.

Posteriormente, se procedió a la identificación individual de cada pollito, para ello, se colocó en la membrana del ala que cubre el húmero un candadito de metal numerado.

Los animales llegaron a la explotación al día siguiente de nacer; fueron separados por variedad y sexo en cuatro departamentos.

Durante el primer día de vida no se les dio de comer para favorecer la reabsorción del saco vitelino y evitar así posibles enfermedades.

Instalaciones

Cada lote de animales estuvo albergado en dos instalaciones diferentes:

1. La *instalación de primera edad* contaba con calefacción mediante estufa de gas butano, luz natural y yacija de viruta de madera. En esta instalación permanecieron 21 días, reduciendo poco a poco las horas de calefacción, de tal forma que se favoreciera el emplume de los animales.

2. A los 21 días los animales fueron trasladados a *los locales de cría*. Los dos lotes de machos contaban con una zona cubierta y con parques exteriores. Las hembras estaban alojadas en locales sin acceso a parques

exteriores, con luz natural. Los locales eran iguales dos a dos, de esta forma se evitaba la posible influencia del factor local sobre los resultados finales del proyecto.

Alimentación

Los animales se alimentaron con pienso industrial de una casa comercial. En las tablas I y II se presentan los programas de alimentación seguidos con los machos y las hembras durante la primera fase del proyecto de investigación.

Tabla I. Pienso de machos.

| <i>Características</i> | <i>Pienso 1</i> | <i>Pienso 2</i> | <i>Pienso 3</i> |
|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|
| Duración | De 0 a 7 días de vida | De 7 a 28 días de vida | De 28 días hasta el sacrificio |
| Presentación | Migaja fina | Migaja | Granulado |
| Proteína bruta | 22,99% | 21,37% | 19,22% |
| Materia grasa bruta | 6,45% | 6,85% | 5,57% |
| Celulosa bruta | 2,80% | 3,01% | 3,51% |
| Cenizas brutas | 5,91% | 5,70% | 6,20% |
| Metionina | 0,54% | 0,52% | 0,49% |

Elaboración propia a partir de datos suministrados por la casa comercial.

Tabla II. Pienso de hembras.

| <i>Características</i> | <i>Pienso 1</i> | <i>Pienso 2</i> |
|------------------------|-----------------|---|
| Duración | De 0 a 28 días | De 28 días hasta el inicio de la puesta |
| Presentación | Migaja fina | Migaja |
| Proteína bruta | 22,99% | 15,92% |
| Materia grasa bruta | 6,45% | 2,90% |
| Celulosa bruta | 2,80% | 3,34% |
| Cenizas brutas | 5,91% | 8,61% |
| Metionina | 0,54% | 0,33% |

Elaboración propia a partir de datos suministrados por la casa comercial.

El consumo de pienso, tanto de machos como de hembras, se controlaba cada tres días.

Mortalidad de animales

Los animales se visitaban diariamente si había alguna baja; al contar con una forma de identificación individual, se anotaba la baja y el día en que el animal había fallecido.

Control de peso de los animales

Los pollitos fueron pesados al día siguiente de nacer.

Los siguientes pesos tuvieron una periodicidad semanal, hasta las 19 semanas de vida en los machos y hasta las 20 semanas en las hembras. Las pesadas eran individuales.

Medidas zoométricas y rendimientos de canal

Al carecer de cualquier dato sobre el crecimiento de esta raza, se desconocía el ideal de edad al sacrificio.

Se estimó que oscilaría entre las 18 y 20 semanas de vida por comparación con otras razas autóctonas estudiadas.

Finalmente, se sacrificaron 12 machos por lote a las 19 semanas de vida. Esta decisión se tomó porque a partir de las 18 semanas de vida aumentó la libido de los machos y provocó los ataques entre ellos ocasionando alguna baja. Los machos sacrificados fueron elegidos al azar.

Doce horas antes del sacrificio se pesaron los animales obteniendo así el peso vivo de cada pollo. Tras doce horas de ayuno se volvieron a pesar obteniendo el peso vivo en ayunas.

Tras este registro de pesos se sacrificaron mediante desangrado. Cuando se produjo el desangrado completo se desplumó a cada animal y se volvieron a pesar obteniendo así el *peso de la canal al sacrificio*, expresado como tanto por ciento (%) del peso vivo en ayunas del animal.

Para la posterior determinación de los rendimientos de canal y de las medidas zoométricas, las canales no se evisceraron sino que, después de una refrigeración durante 24 horas a 4 °C, se envasaron y congelaron a -20 °C.

Previamente a la determinación de estos parámetros, hubo que descongelar cada canal a una temperatura de 4 °C durante 24 horas.

Medidas zoométricas

Las medidas zoométricas se realizaron con una cinta métrica y fueron:

— *Longitud de la canal*: corresponde a la distancia entre el pico y las uñas.

— *Longitud de la cabeza-cuello*: corresponde a la distancia entre el pico y el final del cuello.

— *Longitud del tronco*: corresponde a la distancia entre el final del cuello y la glándula pineal.

— *Longitud de las extremidades*: es la que corresponde a la distancia entre el punto más elevado del contramuslo y las uñas.

Rendimientos de canal

En primer lugar se procedió a la evisceración, según las recomendaciones del grupo de trabajo nº 5 de la WPSA (1984).

Mediante un bisturí se hizo una incisión transversal en la piel del dorso de la canal a nivel de la pelvis (*Il.lium*) y una longitudinal. A continuación, se trabajó la piel situada entre el muslo y el cuerpo en la parte ventrolateral de la canal, desde el pubis hasta el final del pectoral, y desde este hasta la incisión transversal hecha en la pelvis. De esta manera se pudo extraer el paquete abdominal, constituido por intestinos, vísceras y grasa abdominal (que debido a su escasez se consideró nula a efectos de cálculos posteriores). A continuación se pesaron las vísceras (corazón, hígado y molleja) y la canal eviscerada, que expresado como tanto por ciento (%) del peso vivo en ayunas, constituían los rendimientos en vísceras y canal eviscerada, respectivamente.

Después, se separaron las patas, cortando por la articulación que une la tibia y el tarso. Se cortaron los dos músculos del muslo, el *Semimembranosus* y el *Semitendinosus*, desde el final de la cola (*Ischium*), así como también los músculos y los tendones de alrededor de la articulación del contramuslo para desencajarla. De esta manera se pudo separar la extremidad del cuerpo cortando los músculos *Gluteus* y *Lliotibialis*.

Seguidamente, se separó el contramuslo del muslo, cortando por la articulación que los une.

Para poder separar las alas se hizo una incisión en la articulación de la zona dorsal de la canal y paralelamente al músculo *Scapulo tríceps*. Se continuó cortando alrededor de esta articulación paralelamente al músculo *Pectoralis major*, evitando que una parte quedara unida al ala y se separó esta cortando los tendones de las articulaciones. A continuación se separó la piel del pectoral estirándola desde el extremo inferior y en dirección al cuello para poder separar los músculos *Pectoralis major* y *Pectoralis minor* (pechugas) de la carcasa del animal. Los contramuslos, los muslos, las alas y las pechugas se pesaron para determinar los respectivos rendimientos, expresados como tanto por ciento (%) del peso de la canal eviscerada.

De la parte izquierda de la canal, se cogieron el contramuslo y el muslo, que se diseccionaron para pesar la piel, la carne y el hueso. Estos pesos expresados como tanto por ciento (%) respecto del peso del contramuslo y el muslo, permitieron obtener el rendimiento en piel, carne y hueso.

Análisis estadístico de los resultados

Curvas de crecimiento

El estudio estadístico de los datos se realizó mediante el programa informático SPSS 10.0 para Windows.

El crecimiento de los animales se modelizó según la fórmula de Gompertz-Laird (LAIRD *et al.*, 1965). Los datos se ajustaron al modelo por el procedimiento de regresión no lineal del programa informático SPSS 10.0.

$$W_t = W_o \cdot \exp [(L/K)(1-\exp-Kt)]$$

Donde:

W_t : peso vivo en un momento t . (g).

W_0 : peso vivo inicial (g).

L : máximo crecimiento relativo (por tiempo) (t^{-1}).

K : porcentaje de decrecimientos de L tras el punto de inflexión (t^{-1}).

Del modelo se derivan los siguientes parámetros:

t_i : $(1/K)\ln(L/K)$

W_i : $W_0 \exp[(L/K)^{-1}]$

$W_A = W_0 \exp(L/K)$

Donde:

t_i : edad en el punto de inflexión.

W_i : peso vivo en el punto de inflexión.

W_A : peso vivo a la madurez, peso vivo asintótico.

Tratamiento de los datos del estudio de la canal

Se consideró un modelo monofactorial en el que se comparaba la variedad; para resolverlo se utilizó un modelo lineal general del paquete estadístico SAS versión 8.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados en incubación

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en la incubación de los huevos.

Tabla III. Resultados en incubación.

| <i>Variedad</i> | <i>Nº de huevos</i> | <i>Fertilidad</i> | <i>Incubabilidad del huevo fértil</i> | <i>Eclosión</i> | <i>Nº de pollitos nacidos</i> |
|-----------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Negra | 225 | 50 | 75 | 37,8 | 85 |
| Trigueña | 225 | 84 | 80 | 68,9 | 155 |

Elaboración propia.

Los resultados en incubación fueron claramente favorables a la variedad trigueña, condicionados estos fundamentalmente por la diferencia de fertilidad de los huevos en cada variedad.

Esta diferencia en la fertilidad hace que no se puedan sacar conclusiones determinantes sobre los resultados en incubación, ya que este fallo de fertilidad en la variedad negra ha podido ser causado por varios factores.

Mortalidad durante la fase de estudio

En la siguiente tabla se presentan los resultados de mortalidades por sexo y variedad durante la fase de estudio:

Tabla IV. Mortalidad durante el proyecto.

| Variedad | Sexo | Población Inicial | Mort. en la 1ª semana | % | Mort. de 1 a 3 semanas | % | Mort. de 3 a 8 semanas | % | Mort. de 8 a 11 semanas | % | Mort. de 11 a 19-20 semanas | % | Bajas totales | % |
|----------|------|-------------------|-----------------------|------|------------------------|-----|------------------------|-----|-------------------------|------|-----------------------------|------|---------------|------|
| T | M | 61 | 3 | 4,9 | 1 | 1,6 | 1 | 1,6 | 1 | 1,6 | 2 | 3,3 | 8 | 13,1 |
| N | M | 48 | 9 | 18,7 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 1 | 2,1 | 5 | 10,4 | 15 | 31,2 |
| T | H | 62 | 2 | 3,2 | 1 | 1,6 | 2 | 3,2 | 0 | 0,0 | 8 | 12,9 | 13 | 20,9 |
| N | H | 46 | 5 | 10,9 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 6 | 13,0 | 5 | 10,9 | 16 | 34,8 |

Elaboración propia.

La variedad trigueña presentó, en líneas generales, menor mortalidad que la variedad negra y además los machos menor mortalidad que las hembras en cada variedad.

Hay dos periodos críticos en cuanto a bajas: la primera semana y el periodo entre la semana 11 a 19 en machos y 20 en hembras.

Resultados durante la fase de crecimiento en machos

En la variedad negra el consumo de pienso hasta las 19 semanas de vida fue de 10.453,44 gramos por animal.

En la variedad trigueña el consumo de pienso hasta las 19 semanas de vida fue de 9.917,39 gramos por animal.

La media de los pesos vivos alcanzados por los machos al sacrificio fueron de 2.105,95 gramos en la variedad trigueña y de 2.016,67 gramos en la variedad negra.

Con lo cual obtuvimos los siguientes índices de conversión: en machos negros, 5,25 y en trigueños, 4,71.

Comprobando los datos cedidos por la casa comercial que nos suministraba el pienso, observamos que con el mismo pienso y con las estirpes actuales y en condiciones adecuadas de manejo y sanidad, se obtenían los siguientes resultados:

Peso a 40 días: 2,100 kg, con un I. C. = 1,7

Lo que implica que para alcanzar un mismo peso vivo, con nuestra raza se invirtieron 93 días más y aproximadamente 3,3 kg de pienso más por kilogramo de pollo (Figura 1).

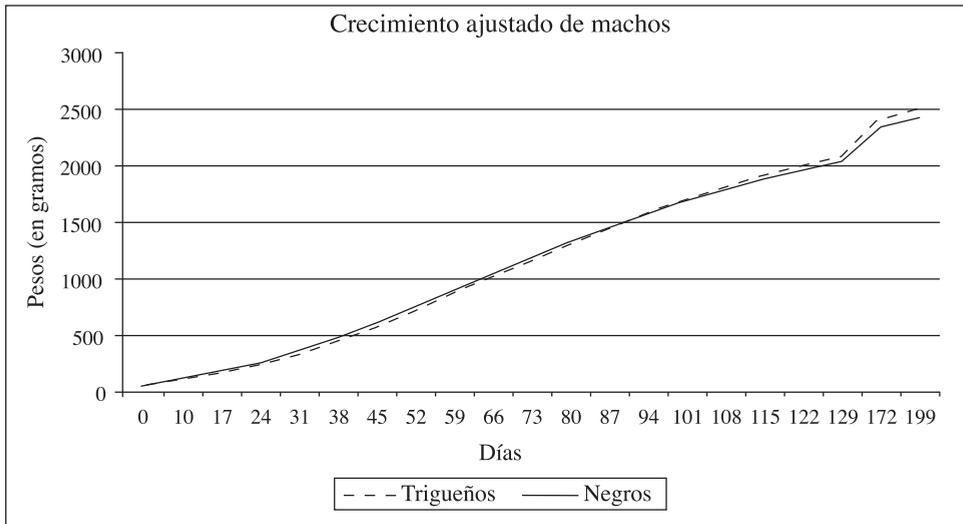


Fig. 1.

Análisis estadístico

En la tabla V se comparan los parámetros estimados de la función de Gompertz-Laird (LAIRD *et al.*, 1965) para los machos en cada variedad estudiada.

Tabla V. Estimación de parámetros con su error estándar y coeficiente de determinación (R^2) para las dos variedades de machos.

| | W_0 | L | K | R^2 |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Negros | 48,28 ± 7,72 | 0,890 ± 0,07 | 0,224 ± 0,01 | 0,91 |
| Trigueños | 38,58 ± 4,14 | 0,944 ± 0,04 | 0,223 ± 0,01 | 0,95 |

W_0 : peso vivo inicial (g).

L : máximo crecimiento relativo (por tiempo) (t^{-1}).

K : porcentaje de decrecimiento de L tras el punto de inflexión (t^{-1}).

El peso inicial estimado en la variedad negra fue superior que el mismo en la variedad trigueña. El máximo crecimiento relativo conseguido en una semana (L : crecimiento instantáneo / crecimiento total) fue superior en la variedad trigueña, sin embargo la deceleración en el crecimiento tras el punto de inflexión (K) fue prácticamente igual en ambas variedades.

Tabla VI. Estimación de parámetros derivados del modelo para las dos variedades de machos.

| | t_i | W_i | W_A | Gm |
|-----------|-------|--------|----------|------|
| Negros | 6,16 | 944,09 | 2.566,33 | 0,78 |
| Trigueños | 6,47 | 978,40 | 2.659,56 | 0,79 |

t_i : edad en el punto de inflexión (semanas) = $(1/K)\ln(L/K)$.

W_i = peso vivo en el punto de inflexión (g) = $W_0 \exp(L/K) - 1$.

W_A : peso vivo a la madurez, peso vivo asintótico (g) = $W_0 \exp(L/K)$.

Gm : grado de madurez a las 19 semanas/ W_A .

Del estudio de los parámetros derivados (Tabla VI) para los machos, se observó que la edad en el punto de inflexión fue baja y mayor en la variedad trigueña. Por ejemplo, en estudios de la raza Castellana esta edad se situó en las 10 semanas (CIRIA *et al.*, 2001), aunque en los otros parámetros prácticamente no hubo diferencias con esta misma raza.

Resultados en pollos sacrificados

Medidas zoométricas

Las distintas medidas zoométricas que se tomaron en los pollos sacrificados se introdujeron en el programa estadístico SAS, obteniendo los siguientes resultados para las variables comparadas entre variedades:

Tabla VII. Análisis estadístico de las medidas zoométricas.

| <i>Variedad</i> | <i>Lsmean cm</i> | <i>Error estándar</i> | <i>Diferencias</i> |
|----------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| Variable: longitud de la canal | | | |
| Negra | 68,75 | 0,71 | 0,37 |
| Trigueña | 67,83 | 0,71 | |
| Variable: longitud cabeza-cuello | | | |
| Negra | 23,58 | 0,45 | 0,44 |
| Trigueña | 23,08 | 0,45 | |
| Variable: longitud tronco | | | |
| Negra | 21,92 | 0,31 | 0,85 |
| Trigueña | 22,00 | 0,31 | |
| Variable: longitud extremidades | | | |
| Negra | 36,92 | 0,67 | 0,79 |
| Trigueña | 36,67 | 0,67 | |

Elaboración propia.

Del análisis estadístico de las distintas medidas zoométricas, podemos deducir que no hay diferencias significativas entre las dos variedades para las distintas variables.

Pesos y rendimientos

Como se explicaba en el apartado de material y métodos, se procedió a la disección de la canal de doce pollos de cada variedad, se tomaron los pesos de las partes y se calculó el rendimiento de cada parte sobre la canal eviscerada.

Tabla VIII. Resultados de los pesos (12 observaciones por variedad).

| <i>Variable</i> | <i>Variedad negra</i> | | <i>Variedad trigueña</i> | |
|---------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| | <i>Media (g)</i> | <i>Std. error</i> | <i>Media (g)</i> | <i>Std. error</i> |
| Peso vivo | 2.250,0 | 101,13 | 2.262,5 | 56,78 |
| Peso vivo en ayunas | 2.141,7 | 103,50 | 2.154,2 | 53,46 |
| Canal matadero | 1.934,0 | 87,16 | 1.985,7 | 57,94 |
| Canal eviscerada | 1.753,9 | 88,95 | 1.816,6 | 51,25 |
| Vísceras | 77,1 | 3,19 | 70,4 | 2,55 |
| Muslos | 237,0 | 13,04 | 251,6 | 7,73 |
| Contramuslos | 272,5 | 14,35 | 276,0 | 10,02 |
| Alas | 187,6 | 8,48 | 180,8 | 2,59 |
| Pechugas | 223,3 | 12,25 | 245,4 | 6,87 |

Elaboración propia.

A raíz del estudio estadístico se pudo comprobar que en las diferentes variables estudiadas, referidas a los distintos pesos canal, pesos de las partes nobles del animal y pesos de las vísceras, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la variedad negra y la trigueña.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los diferentes rendimientos canal y rendimientos de las partes nobles sobre peso canal eviscerada. Los rendimientos se expresan en tanto por ciento (%).

Tabla IX. Resultados de los rendimientos (12 observaciones por variedad).

| <i>Variable</i> | <i>Variedad negra</i> | | <i>Variedad trigueña</i> | |
|------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| | <i>Media (g)</i> | <i>Std. error</i> | <i>Media (g)</i> | <i>Std. error</i> |
| Rendimiento matadero | 90,50 | 0,99 | 92,11 | 0,92 |
| Rendimiento canal eviscerada | 81,80 | 0,94 | 84,29 | 0,80 |
| Rendimiento en vísceras | 3,68 | 0,23 | 3,27 | 0,09 |
| Rendimiento en muslos | 13,48 | 0,12 | 13,85 | 0,12 |
| Rendimiento en contramuslos | 15,53 | 0,22 | 15,17 | 0,27 |
| Rendimiento en alas | 10,74 | 0,09 | 10,00 | 0,18 |
| Rendimiento en pechugas | 12,71 | 0,17 | 13,53 | 0,25 |

Elaboración propia.

Al trabajar las distintas variables respecto a los rendimientos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla X. Análisis estadístico de las variables estudiadas.

| <i>Variedad</i> | <i>Lsmean (%)</i> | <i>Error estándar</i> | <i>Diferencias</i> |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| Variable: rdto. canal matadero | | | |
| Negra | 90,50 | 0,96 | 0,2715 |
| Trigueña | 92,11 | 0,96 | |
| Variable: rdto. canal eviscerada | | | |
| Negra | 81,80 | 0,87 | 0,056* |
| Trigueña | 84,29 | 0,87 | |
| Variable: rendimiento en vísceras | | | |
| Negra | 3,68 | 0,18 | 0,1188 |
| Trigueña | 3,27 | 0,18 | |
| Variable: rendimiento en muslos | | | |
| Negra | 13,48 | 0,12 | 0,0472* |
| Trigueña | 13,85 | 0,12 | |

Tabla X. (cont.).

| <i>Variedad</i> | <i>Lsmean (%)</i> | <i>Error estándar</i> | <i>Diferencias</i> |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| Variable: Rdto. en contramuslos | | | |
| Negra | 15,53 | 0,24 | 0,3081 |
| Trigueña | 15,17 | 0,24 | |
| Variable: Rendimiento en alas | | | |
| Negra | 10,74 | 0,14 | 0,0016* |
| Trigueña | 10,00 | 0,14 | |
| Variable: Rendimiento en pechugas | | | |
| Negra | 12,71 | 0,22 | 0,0155* |
| Trigueña | 13,53 | 0,22 | |

(*) Resultados estadísticamente significativos. Elaboración propia.

En contra de lo que se podía pensar, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuatro de las variables estudiadas.

En el rendimiento de la canal eviscerada, la variedad trigueña presentó mejor rendimiento. También presentó mejor rendimiento en muslos y en pechugas. En el de alas, la variedad negra lo mostró mejor.

RESULTADOS DE RECRÍA DE POLLITAS Y FASE DE PUESTA

Las hembras comenzaron la puesta a las 20 semanas de vida, dos semanas más tarde que las estirpes actuales de puesta. El control de pesos de animales, consumo de pienso y huevos puestos por animal se prolongó hasta las 72 semanas de vida, o lo que es lo mismo un año de puesta real. Su peso medio al inicio de puesta fue de 1.470 gramos en trigueñas y de 1.201 gramos en la variedad negra. Posteriormente, se tomaron los pesos a las 25, a las 30, a las 52 y a las 72 semanas de vida obteniendo un peso máximo de 1.740 gramos en la variedad trigueña y de 1.752 gramos en la variedad negra.

El consumo de pienso hasta inicio de puesta fue de 7.900 gramos para la variedad trigueña por animal y 7.665 gramos por animal en la variedad negra.

Durante la fase de puesta los consumos de alimento fueron de 36.958 gramos en la variedad trigueña y 36.364 gramos en la variedad negra.

El número de huevos puesto por animal fue de 173,30 en la variedad trigueña y de 167,04 huevos por animal en la variedad negra.

El consumo de pienso por docena de huevos puesta fue de 3.100 gramos en la variedad trigueña y de 3.160 gramos en la variedad negra.

El peso medio máximo del huevo durante la fase de estudio fue de 58,69 gramos en la variedad trigueña y 59,10 gramos en la variedad negra.

De estos resultados se puede concluir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos variedades en ninguno de los parámetros controlados durante la fase de puesta. Los resultados son claramente peores a los de las estirpes actuales de puesta, aunque mejores que los de otras razas autóctonas como la raza Prat, que tradicionalmente se habían considerado como gallinas de puesta.

CONCLUSIONES

— Se constata que la raza de gallinas Sobrarbe engloba a animales ligeros de crecimiento lento.

— La variedad trigueña presentó mejor índice de conversión y mejor peso al final de la fase de estudio.

— Además, esta variedad ofrece mejores resultados en incubación.

— También presentó menor mortalidad durante la fase de estudio. Se constata que hay menor mortalidad en machos que en hembras en ambas variedades.

— Se comprueba que no es aconsejable sacrificar los machos con una edad superior a las 18 semanas de vida, por problemas de competencia entre ellos que provocan pérdidas de peso y la muerte de algunos ejemplares.

— No existen diferencias significativas entre variedades en la mayoría de parámetros estudiados.

— La variedad trigueña presentó mejor rendimiento en la canal eviscerada, en pechuga y en muslos.

— La variedad negra presentó mejor rendimiento en alas.

— Igualmente, se comprueba que el inicio de puesta en esta raza se produce a las 20 semanas de vida.

— Se constata que la gallina del Sobrarbe tiene una puesta anual de 170 huevos por animal con un consumo de pienso de 3.100 gramos por docena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGREY, S. E. (2002). Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Sci.*, 81: 1782-1788.
- AZÓN, R.; y FRANCESCH, A. (1997). Recuperación y definición de poblaciones de gallinas del Pirineo altoaragonés. *Comunicaciones de las II Jornadas de Etnología Avícola (II)*. *Arte Avícola*, 19: 12-14.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; y STUART, J. (1999). *Estadística para investigadores*. Editorial Reverté.
- CARDELLINO, R. (2002). La estrategia mundial de la FAO para los recursos zoogenéticos. *V Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales. III Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales*: 13-20.
- CEPERO, R.; RUBIO, J.; TARAZONA, J.; ÁLAVA, A.; GUTIÉRREZ, M. A.; SANTOLARIA, P.; y SAÑUDO, C. (1994). Evaluación de la calidad de la carne de pollos «label» producidos en Aragón: resultados preliminares. *XXXI Symposium de la Sección Española de la WPSA*: 165-175. Pamplona.
- CEPERO, R. (1998a). El pollo de campo: calidad, rentabilidad y futuro comercial. *Jornadas Técnicas PROGALTER. Expoaviga 1998*: 97-120.
- CEPERO, R. (1998b). Problemas en la calidad de la canal de pollo. Causas y soluciones. *Jornadas Técnicas Grupo Sada*: 1-59. Madrid.
- CIRIA, J.; GOMARA, A.; FRANCESCH, A.; ASENJO, B.; y MIGUEL, J. A. (1999b). Valoración del crecimiento de tres tipos genéticos de pollo en la provincia de Soria. *XXXVI Symposium de la Sección Española de la WPSA*: 183-188. Valladolid.
- CIRIA, J.; ASENJO, B.; MIGUEL, J. A.; y CASADO, A. B. (2000). Caracterización de la carne de la raza Castellana Negra. *XXXVII Symposium de la Sección Española de la WPSA*: 143-147. Barcelona.
- CUBILÓ, M. D.; TOR, M.; y FRANCESCH, A. (1999a). Rendimientos al sacrificio y calidad de la canal en gallos de la raza Penedesenca Negra. *XXXVI Symposium de la Sección Española de la WPSA*: 175-181. Valladolid.
- CUBILÓ, M. D.; TOR, M.; HERNÁNDEZ, H., y FRANCESCH, A. (1999b). Estudio comparativo del crecimiento en gallos y capones de la raza Penedesenca Negra. *VII Jornadas sobre producción animal. Volumen Extra, número 20, tomo I* (1999): 717-719.
- D.O.C.E. (1991). Reglamento CEE nº 1538/91 que establece las disposiciones de aplicación del Reglamento CEE nº 1906/90 por el que se establecen normas de comercialización aplicables a las aves de corral. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº L143: 11-12.
- Expectativas y hábitos de consumo ante la carne de pollo. *Eurocarne*, 108: 23-28.
- FRANCESCH, A. (1991). Recuperación de razas de gallinas autóctonas labelizables. *V Seminario sobre producciones avícolas alternativas*: 1-10.

- FRANCESCH, A.; PARDO, C.; ESTEVE-GARCÍA, E., y ALMIRALL, M. (1993). Resultados de la mejora genética de las razas de gallinas Penedesenca Negra y Ampurdanesa Roja en producción de carne. Crecimiento y rendimientos de los productos finales. *XXX Symposium de Avicultura Científica. Sección Española de la WPSA*: 289-297.
- FRANCESCH, A. & PARDO, C. (1995a). Comparison of some carcass characteristics between traditional and genetically improved catalan autochthonous chickens. *XII Europ. Symp. on the Quality of Poultry Meat*: 195-200. Zaragoza.
- FRANCESCH, A. (1997a). Programa IRTA de conservación de razas de gallinas autóctonas catalanas. *Comunicaciones de las II Jornadas de Etnología Avícola (I). Arte Avícola*, 18: 13-15.
- FRANCESCH, A.; CASANOVAS, P.; y FONTGIBELL, A. (1997b). Heterosis en el cruzamiento de estirpes de razas de gallinas autóctonas catalanas. *ITEA. Vol. Extra*, nº18 (I): 424-426.
- FRANCESCH, A.; ESTANY, J.; ALFONSO, L.; e IGLESIAS, M. (1997c). Genetic parameters for egg number, egg weight and eggshell color in three catalan poultry breeds. *Poultry Science*, 76: 1627-1631.
- FRANCESCH, A. (1998a). Funcionamiento de la conservación de razas de gallinas autóctonas en Cataluña. *Archivos de Zootecnia*, 47: 141-148.
- FRANCESCH, A. (1998b). *Gallinas de raza*. Arte Avícola publicaciones.
- FRANCESCH, A.; ANGUERA, R.; GUERRERO, L.; GUÀRDIA, M. D.; y ESCODA, L. (1999). Efectos de la mejora genética en producción de carne sobre características productivas, de la canal y organolépticas en gallinas de razas catalanas. *XXXVI Symposium de Avicultura*: 161-172. Valladolid.
- FRANCESCH, A. (2002). Mejora genética de razas de gallinas catalanas. *ITEA. Vol. 98*, nº 2: 173-184.
- GÓMARA, A.; ASENJO, B.; FRANCESCH, A.; CIRIA, J.; PÉREZ, R., y RUIZ, M^a T (1999). Valoración del crecimiento y caracterización de la canal en el cruce de gallinas de raza Castellana Negra con gallos mejorados de raza Penedesenca Negra. *VII Jornadas sobre producción animal*. Volumen Extra, número 20, tomo I (1999): 173-175.
- GOMPERTZ, B. (1925). On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on new method of determining the value of life contingencies. *Phil. Trans. Royal Soc.*, 115: 513-585.
- LAIRD, A. K.; TYLER, S. A.; y BARTON, A. D. (1965). Dynamics of normal growth. *Growth*, 29: 233-248.
- LAIRD, A. K. (1966). Postnatal growth of birds and mammals. *Growth*, 30: 349-363.
- OROZCO, F. (1989). *Razas de gallinas españolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. Ed. Mundi-Prensa.
- OROZCO, F. (1997). Conservación de razas españolas de gallinas (I, II, III, IV y V). *Arte Avícola*, 16, 17, 18, 19 y 20.

- SOLOMON, S. E., y BAIN, M. (2001). Control y mejora de la calidad del huevo. *Jornadas teórico-prácticas organizadas por la Asociación española de Ciencia Avícola (Sec. Esp. WPSA) y Organización Interprofesional del Huevo y sus Productos*. Madrid. 2001.
- VILLALBA, D.; CUBILÓ, M. D.; TOR, M.; SOLANES, X.; MOLINA, E.; FRANCESCH, A.; y ESTANY, J. (2001). Diferencias de crecimiento entre dos líneas de gallinas de raza Penedesenca Negra y un broiler. *ITEA. IX Jornadas sobre Producción Animal*. Volumen Extra, número 22, tomo I: 93-95.
- WPSA. Working Group nº 5 (1984). Method of dissection of broiler carcasses and description of parats. J. Fris Jenser edit. 33 pp.

EVIDENCIAS DE PREDACIÓN DE DINOSAURIOS TERÓPODOS EN EL MAASTRICHTIENSE SUPERIOR, CRETÁCICO SUPERIOR DE ARÉN (HUESCA)*

José Ignacio CANUDO¹

José Luis BARCO^{1,2}

Penélope CRUZADO-CABALLERO¹

Gloria CUENCA-BESCÓS¹

José Ignacio RUIZ-OMEÑACA¹

Rafael ROYO-TORRES³

RESUMEN.— Se presentan por primera vez evidencias de predación sobre los dinosaurios hadrosaurios del Maastrichtiense superior en Arén (Ribagorza, Huesca). Estas evidencias son la presencia de dientes aislados en relación con las carcasas de los hadrosaurios: marcas de carroñeo sobre las espinas neurales de las vértebras caudales y una patología también en una vértebra caudal. Las marcas anastomosadas representan uno de los pocos casos del registro fósil de aprovechamiento complejo por parte de los terópodos de los huesos de los hadrosaurios. La patología se interpre-

* Este trabajo fue realizado con una Ayuda de Investigación concedida por el IEA en el curso 2003-2004.

¹ Grupo de Investigación Aragosaurus (<http://www.aragosaurus.com>). Paleontología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. E-50009 ZARAGOZA. jicanudo@unizar.es; cuencag@unizar.es; jigrui@unizar.es; penelope@unizar.es

² Paleoymas. Nuestra Señora del Salz, 4. E-50017 ZARAGOZA. jlbarco@paleoymas.com

³ Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. Polígono el Plano, s/n. E-44002 TERUEL. royo@dinopolis.com

ta como resultado de un mordisco de un carnívoro y la posterior infección producida por los microorganismos patógenos presentes en la boca del predador. El rápido desarrollo de la infección pudo ser la causa de la muerte del dinosaurio.

ABSTRACT.— For the first time, evidence has been found of predation on hadrosaur dinosaurs of the Upper Maastrichtian in Arén (Ribagorza, Huesca). This evidence takes the form of isolated teeth found among hadrosaur carcasses, intersecting teeth marks on the neural spine of caudal vertebrae, as well as a pathology in a caudal vertebra. The intersecting teeth marks represent one of the few cases of a fossil record of the scavenger behaviour of hadrosaur bones by theropods. The pathology is interpreted as the result of a carnivore bite and the subsequent infection produced by the pathogenic micro-organisms present in the predator's mouth. The rapid development of the infection could have been the cause of the dinosaur's death.

KEY WORDS.— Theropoda, hadrosauria, pathology, Upper Cretaceous, paleobiology, predation, Pyrenees (Spain).

INTRODUCCIÓN

Las reconstrucciones tradicionales de los dinosaurios los proponían como animales lentos y pesados. Esta visión anticuada ha sido la base de mucha de la mitología tradicional de los dinosaurios (SANZ, 1999). Nuestra visión actual de estos organismos ha evolucionado por completo. Las evidencias de gregarismo y de cuidados familiares en saurópodos y en ornitópodos demuestran que las reconstrucciones paleobiológicas deben estar más cercanas a la de los mamíferos o las aves que a la de los reptiles. Bajo esta perspectiva los dinosaurios adquieren una nueva dimensión, bien reflejada en libros de divulgación y documentales de animación. El punto de partida para las reconstrucciones paleobiológicas es el estudio de los fósiles y de las estructuras conservadas en ellos. Una vez hecho esto, aplicando el actualismo podemos llegar a interpretar aspectos de cómo vivían o de cómo murieron. El objetivo de este trabajo es un ejemplo de reconstrucción paleobiológica obtenida a partir de las evidencias de la predación presentes en los dinosaurios ornitópodos hadrosáuridos de los yacimientos de Arén.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

Arén está situado en el extremo noreste de la provincia de Huesca (Fig. 1). Los yacimientos con restos de dinosaurios se encuentran al oeste del núcleo

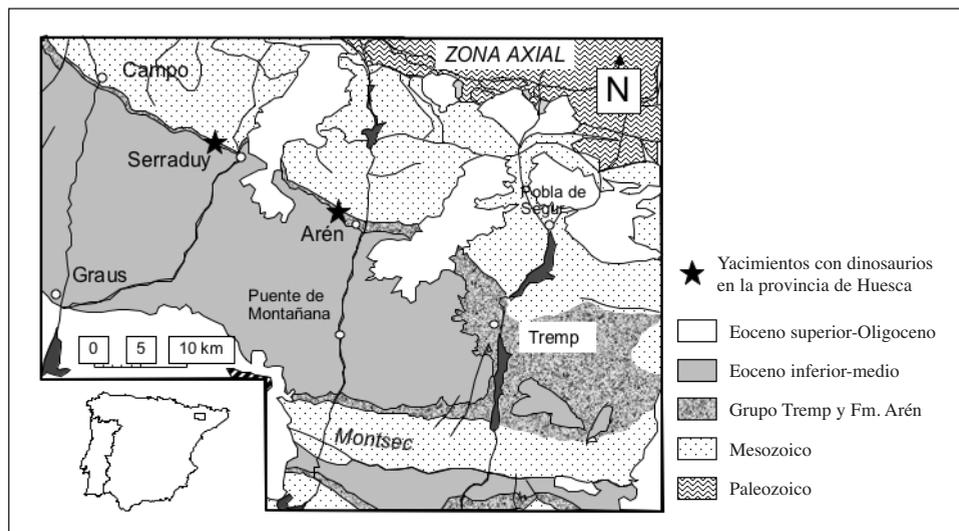


Fig. 1. Situación geológica y geográfica de los yacimientos con dinosaurios del Maastrichtiense superior en la provincia de Huesca.

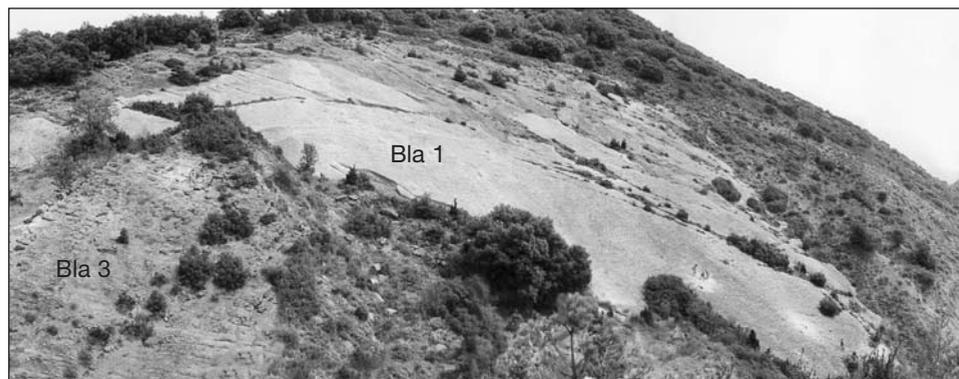


Fig. 2. Aspecto de campo de los yacimientos Blasi-1 y 3 (Maastrichtiense superior de Arén, Huesca). La superficie expuesta es techo de los estratos, de manera que la blanca es Blasi-1 y la gris (situada a la izquierda en la fotografía) es Blasi-3. En la parte más cercana del fondo del valle en Blasi-1 se pueden observar varias figuras humanas que sirven de referencia.

urbano muy cerca del collado de Blasi, que da nombre al yacimiento (Fig. 2). Se han localizado siete niveles con restos fósiles de dinosaurios (Blasi-1, 2A, 2B, 3, 3,5, 4, 5). Los niveles 1 a 3 se encuentran en el mismo afloramiento y del 4 al 5 al oeste, pero claramente correlacionables estratigráficamente (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001). También se ha descrito un yacimiento pa-

leocnológico situado cerca del núcleo urbano con varios rastros atribuidos a hadrosaurios (BARCO *et al.*, 2001).

El tránsito entre el Cretácico y el Terciario en Arén se encuentra representado por las facies deltaicas de la Formación Arén, a cuyo techo se encuentra Bla-1. Inmediatamente por encima se encuentran las facies continentales del Grupo (o Formación según autores) Tresp, donde se encuentran Bla-2 al Bla-5 (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001). La base del Grupo Tresp en Arén está formada por lutitas de colores gris anaranjado y marrón con intercalaciones de areniscas y microconglomerados. Son facies continentales depositadas en medios fluviales cercanos a la costa incluidas en la Formación Conqués (OMS y CANUDO, 2004) y en parte de la secuencia de Arén 4 de LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.* (2001). El nivel fosilífero más rico es Blasi 3 situado en la base de la formación. Los restos de vertebrados de Bla-3 se encuentran generalmente desarticulados, aunque muchos de ellos podrían pertenecer a un único individuo de Hadrosauria. El material está actualmente en estudio. Además de restos craneales y poscraneales de hadrosaurios se han reconocido dientes de terópodos y cocodrilos, además de placas de quelonios (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001; TORICES *et al.*, 2004; MURELAGA y CANUDO, en prensa). Inmediatamente por debajo de Bla-3 hay un nivel arcilloso con gran abundancia de microvertebrados que se ha denominado Bla-2. Los yacimientos de Blasi tienen una edad de Maastrichtiense superior (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001; OMS y CANUDO, 2004).

LAS VÍCTIMAS: LOS HADROSAURIOS

Los hadrosaurios fueron los vertebrados más abundantes y diversos en el Cretácico superior de Laurasia (HORNER *et al.*, 2004). Sus principales caracteres diagnósticos se encuentran en el cráneo: por una parte, estructuras craneales, como son las expansiones de los nasales; por otra parte, las adaptaciones a un mecanismo de alimentación eficaz como es la batería dental, poseyendo varios dientes de reemplazamiento por fila dental (WEIS-HAMPEL, 1983).

La mayoría de los restos recuperados en Blasi pertenecen a hadrosaurios. Están presentes elementos craneales y poscraneales de al menos ocho individuos distintos pertenecientes claramente a dos hadrosaurios distintos,



Fig. 3. Vista lateral de un dentario izquierdo de un lambeosaurino procedente del yacimiento Blasi-1 (Maastrichtiense superior, Arén).

pero podría haber más taxones. Entre los identificados se encuentra un lambeosaurino (Fig. 3), que es un hadrosáurido derivado (véanse LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001; PEREDA-SUBERBIOLA *et al.*, 2002; CRUZADO-CABALLERO *et al.*, en prensa) y un hadrosáurido primitivo caracterizado por la presencia de crestas secundarias en los dientes de la mandíbula. Los dientes aislados indican la presencia de dos morfotipos más; sin embargo, dado que desconocemos las variaciones ontogenéticas o dimórficas, se prefiere no considerarlos, por el momento, como taxones distintos. Las mandíbulas y las vértebras cervicales presentan caracteres distintos de *Pararhabdodon izonense* (CASANOVAS-CLADELLAS, SANTAFÉ-LLOPIS e ISIDRO-LLORENS, 1993), el único hadrosaurio descrito en el final del Cretácico en el Pirineo, por lo que estos fósiles pueden pertenecer a especies sin describir.

LOS PREDADORES: TERÓPODOS

Los terópodos son los dinosaurios carnívoros y uno de los principales grupos de predadores en los ecosistemas terrestres del Mesozoico (HOLTZ

Tabla I. Dientes de terópodo del Maastrichtiense superior de Arén (Huesca), modificada de TORICES-HERNÁNDEZ *et al.* (2004).

| Taxón | Yacimiento | Formación | Sigla | Altura (mm) | Anchura (mm) | FABL | Dd | Dm | DSDI | |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-----------|-------|-----------|--------|--------|
| Neoceratosauria indet. | Blasi-1 | Arén | MPZ2004/3 | > 19,5 | 9,5 | 15 | 2 | roto | – | |
| | | | MPZ2004/4 | > 45 | 12,5 | 24 | 2 | 2-2,5 | 1,25-1 | |
| | Blasi-3 | Trempe | MPZ2004/5 | > 18 | roto | roto | roto | 3 | – | |
| | | | MPZ2004/8 | 28 | 7,5 | 12 | 2,5 | 2,5-3 | 1,2-1 | |
| | | | MPZ98/67 | > 27,5 | 13 | 27 | roto | roto | – | |
| Maniraptoriformes indet. | Blasi-2 | Trempe | MPZ98/79 | 1,86 | 1,02 | 1,86 | no | no | – | |
| | | | MPZ98/80 | 2,56 | 0,88 | 1,81 | no | no | – | |
| | | | MPZ98/81 | 1,91 | 0,74 | 1,39 | no | no | – | |
| | | | MPZ98/82 | 2,42 | 0,74 | 1,21 | no | no | – | |
| Dromaeosauridae indet. | A | Blasi-2 | Trempe | MPZ98/74 | 3,02 | 0,60 | 1,39 | 8,2-10,87 | no | – |
| | | | | MPZ98/72 | 4,32 | 1,07 | 2,23 | 7,57 | no | – |
| | B | Blasi-3 | Trempe | MPZ98/68 | >18 | en matriz | 16 | 2,91 | 5,03 | 1,73 |
| | C | Blasi-2 | Trempe | MPZ2004/6 | 17,5 | 4,4 | 11 | 3-3,5 | 3,5 | 1-1,17 |
| | D | Blasi-2 | Trempe | MPZ98/73 | 3,35 | 0,93 | 2,19 | 10,87 | no | – |
| | | | | MPZ2004/7 | 2,1 | 0,4 | 1 | 10-11 | > 14 | > 1,27 |
| E | Blasi-2 | Trempe | MPZ98/75 | 2,65 | 0,74 | 1,39 | 15,87 | no | – | |
| Cf. <i>Euronychodon</i> sp. | Blasi-2 | Trempe | MPZ98/76 | 2,74 | 0,60 | 1,49 | no | no | – | |
| | | | MPZ98/77 | 2,79 | 0,60 | 1,39 | no | no | – | |
| | | | MPZ98/78 | 2,23 | 0,84 | 1,21 | no | no | – | |

Abreviaturas: FABL: longitud mesiodistal en mm; Dd: dent/mm en el margen distal; Dm: dent/mm en el margen mesial; DSDI: índice de tamaño relativo de los denticulos. Dromaeosauridae indet. A, B, C, D y E corresponden a los morfotipos 4, 5, 6, 7 y 8 de TORICES *et al.* (2004).

Tabla II. Terópodos del Maastrichtiense superior de los yacimientos de Blasi (Arén, Huesca), con indicación de su tamaño relativo, obtenido a partir de la comparación de taxones con dientes y esqueleto poscranial (referencias en el texto). Dromaeosauridae indet. A, B, C, D y E corresponden a los morfotipos 4, 5, 6, 7 y 8 de TORICES *et al.* (2004).

| | Tamaño | Blasi-1 | Blasi-2 | Blasi-3 |
|---------------------------------|--------------|---------|---------|---------|
| Theropoda | | | | |
| <i>Neoceratosauria</i> indet. | medio-grande | x | x | x |
| Tetanurae | | | | |
| Maniraptoriformes | | | | |
| <i>Maniraptoriformes</i> indet. | pequeño | | x | |
| Maniraptora | | | | |
| Paraves | | | | |
| Dromaeosauridae | | | | |
| <i>Dromaeosauridae</i> indet. A | pequeño | | x | |
| <i>Dromaeosauridae</i> indet. B | medio-grande | | | x |
| <i>Dromaeosauridae</i> indet. C | medio | | x | |
| <i>Dromaeosauridae</i> indet. D | pequeño | | x | |
| <i>Dromaeosauridae</i> indet. E | pequeño | | x | |
| Aviale | | | | |
| Cf. <i>Euronychodon</i> sp. | pequeño | | x | |

et al., 2004). Los ejemplares más o menos completos son escasos; sin embargo, la abundancia de dientes aislados en los sedimentos indican que eran uno de los componentes imprescindibles en estos ecosistemas. Este patrón se encuentra también en Blasi, donde únicamente se han recuperado dientes aislados y no restos poscraneales. Se han reconocido ocho diferentes taxones en los niveles Blasi-1 y 3 (Tablas I y II). El mayor de ellos es un taxón de tamaño relativamente grande relacionado con Neoceratosauria. Un pequeño Maniraptoriformes sin identificar. Un segundo Maniraptoriformes de afinidades inciertas está clasificado como cf. *Euronychodon*. El cuarto grupo representado se incluye también en los Maniraptoriformes, con cinco morfotipos distintos de dromaeosáuridos (LÓPEZ MARTÍNEZ *et al.*, 2001, y TORICES *et al.*, 2004; CANUDO y RUIZ-OMEÑACA, 2003).

Neoceratosauria indet.

En los yacimientos de Blasi (Tabla I) hay cuatro dientes de un tamaño medio-grande, con unos denticúlos grandes y un DSDI (en sentido de RAUHUT y WERNER, 1995) cercano al 1 (Fig. 4). Los caracteres plesio-



Fig. 4. Corona dental de *Neoceratosauria indet.* (MPZ 2004/3) procedente del yacimiento Blasi-1 (Maastrichtiense superior, Arén).

mórficos que presentan los diferencian del resto de terópodos del Cretácico superior de la península Ibérica. Los únicos terópodos grandes del final del Cretácico en España se han atribuido a este clado (PEREDA-SUBERBIOLA, 1999). La morfología de los dientes de Arén son coherentes con este clado, por lo que se incluyen en él (TORICES *et al.*, 2004).

Los neoceratosaurios incluyen taxones de medio-gran tamaño como *Carnotaurus sastrei* (BONAPARTE y NOVAS, 1985) que llegaría a los 7,5 m (BONAPARTE *et al.*, 1990, fig. 38) o *Majungatholus atopus* (SUES y TAQUET, 1979) con un tamaño algo mayor (7-9 m según SAMPSON *et al.*, 1998). Material fragmentario de otros taxones indica que podrían alcanzar un mayor tamaño; así, el cráneo del holotipo de *Abelisaurus comahuensis* (BONAPARTE y NOVAS, 1985), que da nombre a la familia, tiene una longitud de 85 cm (el de *Carnotaurus* mide 59,6 cm y el de *Majungatholus* 57 cm; BONAPARTE *et al.*, 1990; SAMPSON *et al.*, 1998). Los dientes de Neoceratosauria indet. de Blasi presentan un FABL entre 12 y 27 mm, que al compararlo con el diente más grande del holotipo de *Ceratosaurus nasicornis* (MARSH, 1884, FABL de 27 mm, en GILMORE, 1920) indicaría que de manera aproximada el Neoceratosauria de Arén podría llegar a 5,69 m de longitud (con la reconstrucción de PAUL, 1988).

Los neoceratosaurios se incluyen en Ceratosauria, el primer grupo de terópodos que tuvo una importante diversificación. Sus restos son abundantes en el Triásico y en el Jurásico inferior a nivel mundial (TYKOSKI y ROWE, 2004). En el Cretácico de Gondwana siguieron siendo abundantes en África y Sudamérica y al parecer en Europa. El único neoceratosaurio definido en el Cretácico superior de Europa es, por el momento, *Tarascosaurus salluvicus* (LE LOEUFF y BUFFETAUT, 1991). A *Tarascosaurus* también se han atribuido dos fémures del Campaniense superior de Laño (LE LOEUFF y BUFFETAUT, 1991, y LE LOEUFF, 1992), posteriormente asignados a Neoceratosauria indet. (PEREDA-SUBERBIOLA *et al.*, 2000). *Tarascosaurus* ha sido considerado un abelisáurido (LE LOEUFF y BUFFETAUT, 1991; LE LOEUFF, 1992), familia de terópodos característica de Gondwana (SERENO *et al.*, 2004). Dada la ausencia de pruebas de conexión entre Gondwana y Laurasia en el Cretácico superior, los autores que estudian los abelisaurios gondwánicos dudan que los restos europeos atribuidos a esta familia puedan incluirse en ella (SAMPSON *et al.*, 1998). No hay que descartar que las

formas europeas fueran una línea independiente de ceratosaurios con una evolución independiente de las formas gondwánicas.

Maniraptoriformes indet.

El resto de terópodos de Blasi se incluyen en Maniraptoriformes, algunos de los cuales se han podido caracterizar a nivel familiar, pero en otros su posición sistemática es incierta. En Blasi-2 hay pequeños dientes de terópodo (Tabla I) curvados distalmente y carecen de dentículos tanto en las carena mesial como distal (Fig. 5). Se han citado representantes de varios grupos de Maniraptoriformes con estos caracteres, como es el ornitomimosaurio *Pelecanimimus* del Barremiense superior de Cuenca (PÉREZ-MORENO *et al.*, 1994), troodóntidos del Cretácico de China y Mongolia (XU y NORELL, 2004), alvarezsáuridos del Cretácico de Mongolia (CHIAPPE *et al.*, 2002) y las aves mesozoicas que poseen dientes (CHIAPPE, 2002).

Maniraptoriformes constituyen un clado bien diversificado de formas generalmente de pequeño tamaño (por debajo de 2 m de longitud), aunque

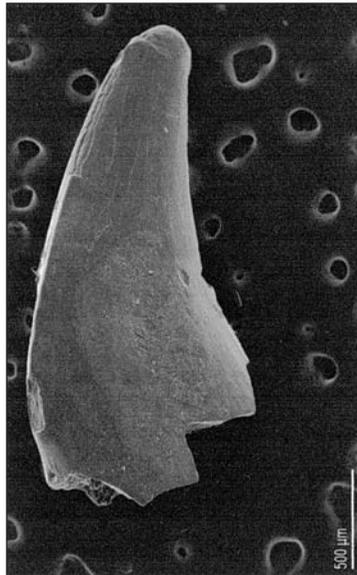


Fig. 5. Corona dental de Maniraptoriformes indet. procedente del yacimiento Blasi-2 (Maastrichtiense superior, Arén).

algunos taxones alcanzaron tamaños relativamente grandes. De manera independiente en diferentes grupos de Maniraptoriformes se produce la desaparición de los dentículos en los bordes, por lo que en el estado actual de conocimientos no se puede precisar la posición taxonómica de los dientes de Blasi, incluso pudiendo pertenecer a Avialae. Los dientes de Maniraptoriformes, excluyendo a los Dromaeosauridae de Blasi-2, con FABL entre 1,21-1,86 mm, pertenecieron a individuos de 74-114 cm. Para obtener esta medida se ha comparado con el holotipo de *Archaeopteryx bavarica* (WELLNHOFER, 1993) con dientes de hasta 0,6 mm de FABL (ELZANOWSKI y WELLNHOFER, 1996: fig. 12) y aproximadamente 37 cm de longitud, calculada a partir de ELZANOWSKI (2001: apéndice 1) y PAUL (1998: 353).

cf. Euronychodon sp.

En Blasi-2 se han encontrado dientes aislados de un enigmático grupo del final del Cretácico europeo tradicionalmente incluidos en *Euronychodon* o «paronicodóntidos» (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001; CANUDO *et al.*, 2001). Son dientes de pequeño tamaño caracterizados por la ausencia de una carena con dentículos y la presencia de surcos longitudinales más o menos desarrollados. Dientes similares a los de Blasi han sido descritos en otros yacimientos de la península Ibérica (ANTUNES y SIGOGNEAU-RUSELL, 1991; LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001). En la actualidad se considera a los «paronicodóntidos», incluyendo a *Euronychodon*, como terópodos relacionados con Maniraptoriformes primitivos, cercanos a los troodóntidos y ornitomimosaurios (ZINKE y RAUHUT, 1994), o incluso recientemente se ha apuntado que podrían ser aves (RAUHUT, 2002).

Los dientes de *cf. Euronychodon* sp. de Blasi-2 presentan un FABL entre 1,21-1,49 mm, lo que indica que pertenecieron a individuos de entre 74-91 cm comparando con el holotipo de *Archaeopteryx bavarica* (WELLNHOFER, 1993). Para obtener esta medida se ha comparado este holotipo con dientes de hasta 0,6 mm de FABL (ELZANOWSKI y WELLNHOFER, 1996: fig. 12) y aproximadamente 37 cm de longitud (calculada a partir de ELZANOWSKI, 2001: apéndice 1, y PAUL, 1998: 353). Por lo tanto, *cf. Euronychodon* sp. representa un taxón de Maniraptoriformes de pequeño tamaño sin identificar, que incluso podría pertenecer a Avialae.

Dromaeosauridae

Los dromeosáuridos son terópodos Maniraptoriformes cretácicos generalmente de pequeño tamaño. La mayoría median entre 2 y 3 m de longitud (CURRIE, 1997), aunque algunos taxones del Cretácico inferior como *Utahraptor ostrommaysi* (KIRKLAND, BURGE y GASTÓN, 1993) llegaron a alcanzar los 7 m de longitud (KIRKLAND *et al.*, 1993).

Los dientes de dromeosáuridos son los más abundantes y diversos en Blasi. Se caracterizan por la presencia de un menor desarrollo de los dentículos en la carena mesial respecto a la distal, incluso pudiendo desaparecer por completo los dentículos mesiales (Fig. 6). En Blasi hay cinco morfotipos diferentes de *Dromaeosauridae* indet. (A, B, C, D y E en la tabla I; correspondientes a los morfotipos 4, 5, 6, 7 y 8 de TORICES *et al.*, 2004). Estos morfotipos se diferencian por las desigualdades en la morfología y el tamaño de los dentículos. Los más pequeños (tipos A, D y E), con FABL

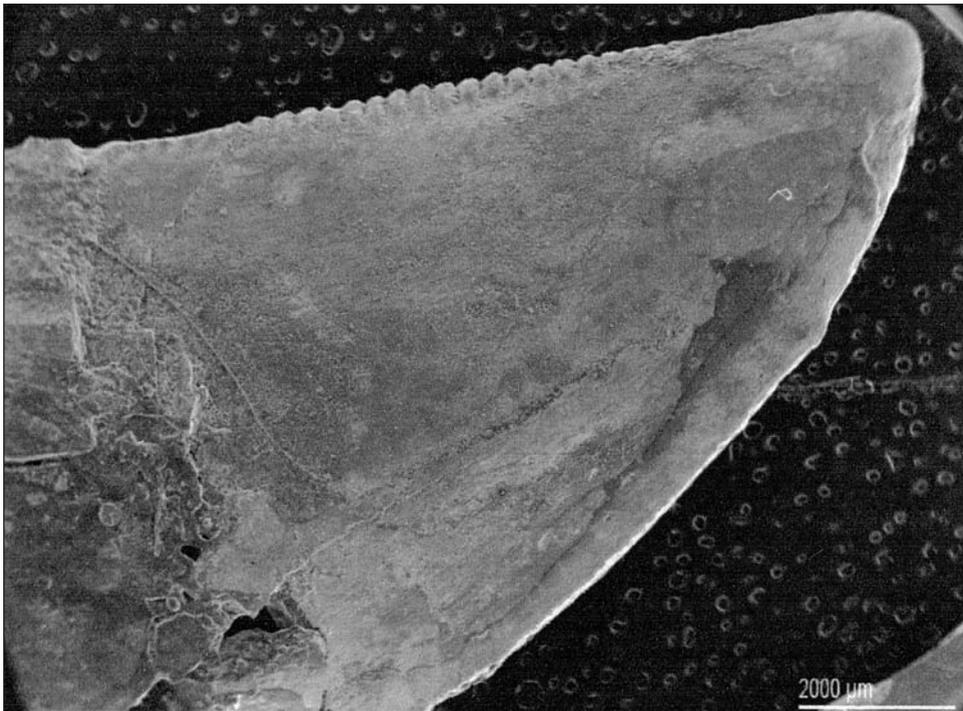


Fig. 6. Corona dental de *Dromaeosauridae* indet. morfotipo C (MPZ 2004/6) procedente del yacimiento Blasi-2 (Maastrichtiense superior, Arén).

entre 1-2,23 mm (Tabla I), corresponderían a individuos de unos 24-53 cm de longitud. Esta medida se ha obtenido comparando con *Bambiraptor feinbergi* (BURNHAM *et al.*, 2000), de 1 m de longitud (BURNHAM, 2004: 75). Son, por lo tanto, los terópodos más pequeños de los yacimientos de Arén. Entre los dientes de dromeosáuridos los hay de mayor tamaño con FABL entre 11-16 mm (Tabla I), que podrían pertenecer a individuos de 2,7-4,7 m. Esta medida se ha obtenido comparando con *Deinonychus*, de 2,5-3 m de longitud (OSTROM, 1969: 141) y dientes de hasta 10,2 mm de FABL (OSTROM, 1969: fig. 6). El tamaño de estos dromeosáuridos más grandes podría ser suficiente para convertirlos en unos de los predadores de los ornitópodos hadrosaurios.

EVIDENCIAS DE PREDACIÓN

Las evidencias de la predación activa de los dinosaurios son escasas en el registro fósil. Se han descrito siguiendo diferentes líneas de argumentación. Una de ellas es la presencia de restos de otros organismos en el interior de su caja torácica, como sucede en un ejemplar articulado de *Compsognathus longipes* (WAGNER, 1861) del Jurásico superior de Alemania. En su interior se encuentran los restos desarticulados de su última comida, un pequeño lagarto del género *Bavarisaurus* (OSTROM, 1978). Sin embargo, este tipo de fósiles es la excepción, por lo que debemos utilizar otro tipo de datos indirectos.

Quizá la representación paleobiológica con más repercusión en la historia de la paleontología de dinosaurios es la escena de caza recreada en el Natural History Museum de Nueva York en la última mitad del siglo XX. Se basaba en unas investigaciones publicadas por BIRD (1953) sobre un yacimiento del Cretácico inferior de Texas. Este autor describe un rastro de gran saurópodo bien conservado y, paralelo y cerca de él, otro de un gran terópodo. Lo singular es que las icnitas de terópodo desaparecen bruscamente, interpretando BIRD que el carnívoro había saltado encima del saurópodo en una acción típica de caza. La propuesta es sugerente, pero hay otras interpretaciones, al considerar una diferencia temporal en la producción entre estos dos rastros (FARLOW, 1987), lo que descartaría el ataque.

Está comúnmente aceptado en los documentales y en los libros de divulgación el canibalismo en el terópodo *Coelophysis bauri* (COPE, 1889)

del Triásico superior de Nuevo México (EUA). Se basa en dos ejemplares excepcionalmente conservados del yacimiento de Ghost Ranch, uno de los cuales (de menor tamaño) se encuentra en el interior de la cavidad abdominal del de mayor tamaño. Sin duda, esto podría ser una prueba de predación de ejemplares adultos sobre infantiles de su misma especie (COLBERT, 1989). Sin embargo, estudios recientes han aportado una idea más clara, ya que estos fósiles forman una asociación tafonómica y no paleoecológica (GATESY, 2002). Este autor observa que en algunos puntos las costillas del ejemplar infantil estaban por encima del adulto y, por lo tanto, la supuesta prueba del canibalismo es un mero artefacto tafonómico. El canibalismo es un comportamiento poco frecuente en vertebrados, pero conocido hoy en día en al menos 14 especies de mamíferos carnívoros y numerosos reptiles (ROGERS *et al.*, 2003). Se ha sugerido que *Tyrannosaurus rex* (OSBORN, 1905) era caníbal, ya que algunos de sus huesos presentan marcas de dientes; sin embargo, como en los mismos niveles estratigráficos se encuentran otros terópodos, es difícil diferenciar las marcas que produciría *Tyrannosaurus* de los de otros carnívoros (PERKINS, 2003). Este problema parece no existir con los terópodos de la Formación Maevarano del Cretácico superior de Madagascar. En estos niveles se ha descrito el abelisaurio *Majungatholus atopus* (SUES y TAQUET, 1979); al menos dos ejemplares de esta especie presentan marcas de dientes coherentes con los dientes de *Majungatholus*, no existiendo en esta formación ningún otro carnívoro que pudiera realizar estas marcas (ROGERS *et al.*, 2003), por lo tanto los autores las interpretan como pruebas de canibalismo.

Mejores evidencias de predación se encuentran en los huesos de los dinosaurios fitófagos. Existe una excepcional prueba del Cretácico de Mongolia recuperada durante las campañas conjuntas polaco-mongolas en el Gobi (KIELAN-JAWOROWSKA y BARSBOLD, 1972). Son dos ejemplares prácticamente completos y articulados, uno de ellos es un dinosaurio fitófago, llamado *Protoceratops andrewsi* (GRANGER y GREGORY, 1923), el otro son los restos de un ejemplar del terópodo *Velociraptor mongoliensis* (OSBORN, 1924). Ambos ejemplares se encontraban agarrados en un abrazo mortal (véanse figuraciones en CANUDO, 2004). Hoy sabemos que mientras se encontraban en esta pelea una gran tormenta de arena los enterró rápidamente y quedaron muertos en esta posición (KIELAN-JAWOROWSKA y BARSBOLD, 1972). Sin duda, esta es una evidencia excepcional, pero como

vamos a ver a continuación hay otras más indirectas, aunque inequívocamente interpretables como de predación de terópodos encontradas en Arén.

DIENTES AISLADOS DE TERÓPODOS Y CARCASAS

Aplicando el actualismo, los dinosaurios carnívoros serían los principales predadores sobre los dinosaurios fitófagos como son los hadrosaurios de Arén, y, por lo tanto, deberíamos asumir que los terópodos se alimentarían de ellos, así como que serían carroñeadores de ejemplares muertos. Sin embargo, el registro fósil de esta actividad es limitado a nivel mundial, por lo que resulta interesante estudiar las evidencias de los yacimientos de Blasi. En Blasi-1 y 3 se han encontrado únicamente dientes aislados de terópodos, y, por el momento, no hay ningún otro resto. ¿Qué información nos puede aportar esta presencia? La asociación de carcasas de dinosaurios fitófagos y dientes aislados de terópodos es relativamente frecuente en yacimientos formados por ejemplares fosilizados *in situ*, sin transporte después de la muerte. En un trabajo clásico, MATTHEW (1908) explica cómo algunos de los huesos del saurópodo *Apatosaurus* excavado por COPE en el famoso yacimiento de Como Bluff (Formación Morrison, EUA), presentan marcas de mordiscos en algunas partes de su esqueleto, especialmente en las espinas neurales de las vértebras. Al comparar estas marcas con los dientes de *Allosaurus fragilis* (MARSH, 1877), el terópodo más abundante en el yacimiento, encontró que coincidían. Además, apunta que algunos dientes de *Allosaurus* se encontraron cerca de los restos de *Apatosaurus*. La conclusión parecía clara: el terópodo se había alimentado de la carne del saurópodo, y en el transcurso de su comida había perdido algunos de los dientes. Posteriormente, se han documentado buenas evidencias como un esqueleto parcialmente articulado del saurópodo *Phuwiangosaurus* proveniente del Cretácico inferior de Tailandia. BUFFETAUT y SUTEETHORN (1989) describen que durante la excavación recuperaron diez dientes de un gran carnívoro junto con el esqueleto del saurópodo. El ejemplar estaba parcialmente articulado, habiéndose encontrado los dientes en la parte posterior de la carcasa, siendo más abundantes en la región de la pelvis. Los huesos del saurópodo carecen de signos aparentes de marcas de los dientes, por lo que BUFFETAUT y SUTEETHORN (1989) interpretan que los grandes terópodos pudieran comenzar a alimentarse de sus presas en la región pélvica, especialmente

en la región anal, desde donde podrían acceder fácilmente a sus órganos internos, tal y como hacen muchos mamíferos carnívoros.

Además de los saurópodos, esta relación entre carcasas y dientes de terópodos está bien documentada en otros fitófagos, como son los ornitópodos. Algunos de los mejores ejemplos son el terópodo *Deinonychus* y el ornitópodo *Tenontosaurus* de la Formación Cloverly (Aptiense-Albiense) en Wyoming y Montana (EUA). MAXWELL y OSTROM (1995) hacen una recopilación de los yacimientos en los que se encuentran dientes aislados de *Deinonychus* y restos de *Tenontosaurus*. Especialmente significativo es MOR 682; es un ejemplar adulto con una longitud de unos 4,5 m. Se encontró articulado, pero le faltaban las extremidades. Además, se encontraron solo 11 dientes aislados de *Deinonychus*, casi todos distribuidos en la

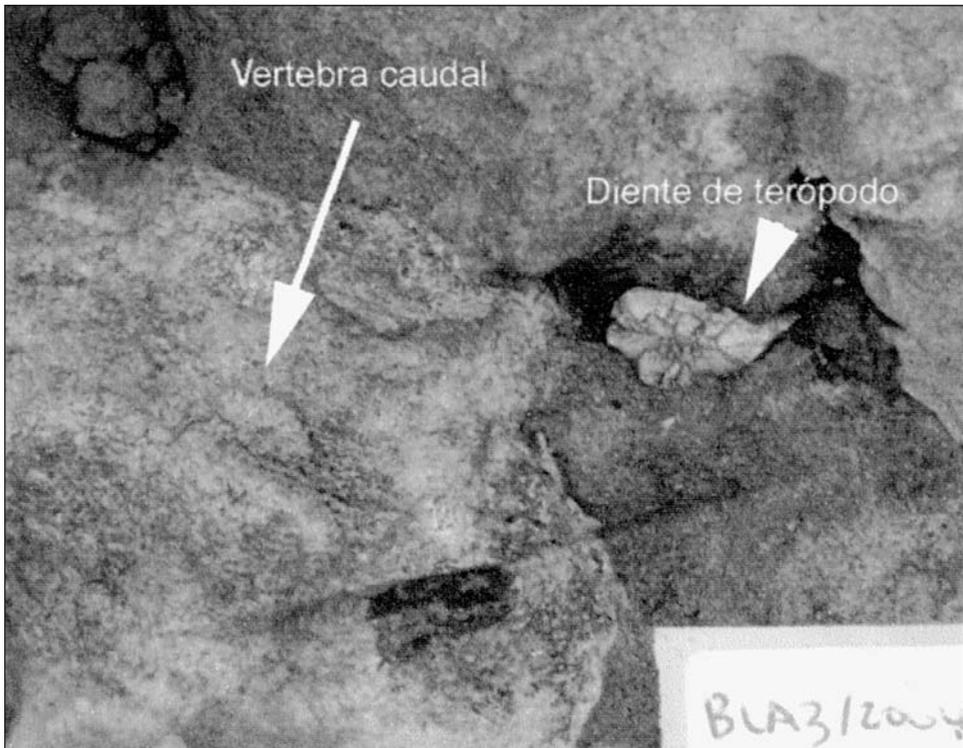


Fig. 7. Vértebra caudal de hadrosaurio seccionada; junto a ella se encuentra un diente de un gran terópodo, posiblemente Neoceratosauria indet. Estas dos piezas proceden de Blasi-3 (Maastrichtiense superior, Arén).

región pélvica. La conclusión a la que llegan MAXWELL y OSTROM (1995) es similar a la de BUFFETAUT y SUTEETHORN (1989): parece que bien el ataque o bien el comienzo del consumo de *Tenontosaurus* por parte de *Deinonychus* es en la región pélvica.

En los yacimientos de Arén la relación entre carcasas de dinosaurios y dientes aislados de terópodos no es tan evidente como en los ejemplos anteriores. Esto se debe a que en Blasi hay restos de varios ejemplares y es más difícil de establecer la relación, pero en algunos casos nos parece que está presente. En Blasi-1, LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.* (2001) describen varios de los huesos desarticulados de un cráneo de un hadrosaurio. En un área de unos pocos metros cuadrados se encontraron dentario (Fig. 7), maxilar, yugal, el coronoides y otros huesos sin identificar pertenecientes al mismo ejemplar. Además, había numerosas esquirlas angulosas centimétricas, resultado posiblemente de la destrucción del resto de los huesos craneales. El yugal y el dentario se encontraron en contacto e inmediatamente junto a ellos se recuperó una corona dental de Neoceratosauria indet. (Fig. 4). Como hemos visto, este es el taxón de mayor tamaño presente en los yacimientos de Blasi y, por su tamaño, capaz de predar sobre el hadrosaurio. Esta corona dental carece de signos de transporte y está rota cerca del contacto con la raíz, lo que se explica bien por una rotura por interacción con la carcasa del lambeosaurino. En Blasi-1 no se ha encontrado ningún otro resto poscranial de terópodo, lo que viene a reforzar la hipótesis de que el diente de Neoceratosauria procede de un ejemplar vivo y no de la desarticulación de un ejemplar muerto. Hasta el momento no se había citado una relación entre dientes de terópodos y el cráneo de un fitófago, pero de esta manera se podría explicar la asociación de las esquirlas producto de una rotura y elementos totalmente enteros (dentario). El neoceratosaurio podría haber mordido y fragmentado el cráneo para aprovechar las partes blandas, pero habría dejado sin morder las partes más duras, como el dentario.

En Blasi-3 hay restos de varios individuos de hadrosaurios y dientes aislados de terópodo (Tablas I y II). Un diente de Neoceratosauria se ha encontrado junto a una vértebra caudal de hadrosaurio (Fig. 7). Como en Blasi-1, no hay otros restos fósiles de terópodo, por lo que la hipótesis es la misma: que estos dientes provienen de la predación o el carroñeo de estos terópodos sobre los hadrosaurios.

HUESOS CON MARCA DE PREDACIÓN

El consumo o simplemente el mordisqueo de los huesos de las carcasas de ejemplares muertos por parte de los mamíferos carroñeros, como las hienas, es bastante corriente (KRUUK, 1972), incluso en fitófagos como los camellos (GAUTHIER-PILTERS y DAGG, 1981). Este comportamiento se suele considerar una fuente de nutrientes como el fósforo o el calcio. Los mamíferos carnívoros consumen por completo los huesos, especialmente los extremos proximales de los fémures o los húmeros con abundante grasa y otros nutrientes. En algunos casos se muerden los huesos con otros propósitos, como los puercoespines, que lo utilizan para desgastar sus incisivos de crecimiento continuo (BRAIN, 1981); en estos casos los huesos presentan unas marcas en forma de canales característicos (FARLOW *et al.*, 1986). La pregunta es si los dinosaurios interactuaban con los huesos de manera similar a como lo hacen los mamíferos actuales. Se desconocen dinosaurios con dientes de crecimiento continuo, por lo que podemos descartar un uso de desgaste como el de los puercoespines.

Las marcas de dientes atribuidas a la actividad de los mamíferos están bien documentadas tanto en huesos de mamíferos modernos como en fósiles; sin embargo, las marcas atribuidas a dientes de dinosaurios son escasas (DODSON, 1971; FIORILLO, 1991; HUNT *et al.*, 1994; ROGERS *et al.*, 2003). Las marcas de mordiscos en los huesos de dinosaurios son escasas en comparación con las que presentan los de los mamíferos cenozoicos (FIORILLO, 1991). Los dientes de un mamífero carnívoro presentan una eficiencia en la oclusión más precisa y son más bulbosos que los de los terópodos. Esto les permite un aprovechamiento del hueso mucho mayor del que aparentemente se beneficiaban los dinosaurios terópodos.

Las marcas de mordiscos son raras en el material de Arén y solo están presentes en Bla-3. Uno de los fósiles más espectaculares encontrados en la campaña de 1997, fue una serie de vértebras caudales articuladas del hadrosáurido de mayor tamaño (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2001). En el extremo dorsal de la espina neural de una de las vértebras se observa una serie de surcos profundos y anastomosados con una sección en forma de V (Fig. 8). Estos surcos son subparalelos entre ellos y al plano dorsoventral del dinosaurio. Dada su anchura y tamaño se adaptan bien al mordisco de los dos terópodos más grandes de Blasi, los neoceratosaurios y algunos de los dro-



Fig. 8. Vértebra caudal de una posición anterior-medial de hadrosaurio (Blasi-3, Maastrichtiense superior, Arén). La flecha muestra la espina neural con las marcas anastomosadas de mordeduras.

meosáuridos. Resulta reseñable que el resto de las vértebras de este individuo carezcan de estas marcas (Fig. 8); parece, por lo tanto, que el terópodo solo tuvo tiempo de morder una parte de la carcasa. Desconocemos la razón por la que tuvo que abandonar a su presa sin consumir. El patrón de estas marcas resulta singular; el terópodo mordió al menos dos veces el hueso (marcas anastomosadas) y no tuvo fuerza o no quiso romper la espina, posiblemente en un patrón de descarnación de huesos hasta ahora desconocido en dinosaurios. Se habían citado marcas de mordiscos, producidos por la gran fuerza desarrollada al cerrar las mandíbulas, fragmentando las partes blandas, pero también los huesos (HUNT *et al.*, 1994). La fuerte cola de los hadrosaurios constituía el 60% de la longitud del animal y se encontraba reforzada por la presencia de abundantes tendones osificados que hacen de la cola una estructura rígida y con un movimiento lateral restringido (HORNOR *et al.*, 2004). Las marcas de los terópodos encontradas en la vértebra serían, precisamente en nuestra interpretación, la rotura de estos tendones osificados para poder aprovechar la masa muscular asociada a las vértebras caudales.

PATOLOGÍA RELACIONADA CON UNA INFECCIÓN

MPZ 2004/480 es una vértebra caudal media de un hadrosaurio con una morfología patológica. El cuerpo vertebral es prismático con una espina

neural inclinada hacia el lado posterior (Figs. 9 y 10). La espina neural en vista anterior es sinuosa (Fig. 9). La parte curvada tiene una inflamación, y presenta un agujero (Fig. 10) ausente en las demás espinas neurales de vértebras caudales. En relación con esta área engrosada hay unas pequeñas fracturas con un desarrollo apreciable de recrecimiento óseo (Fig. 9). Estas singularidades nos están señalando la presencia de una patología que vamos a ver en detalle.

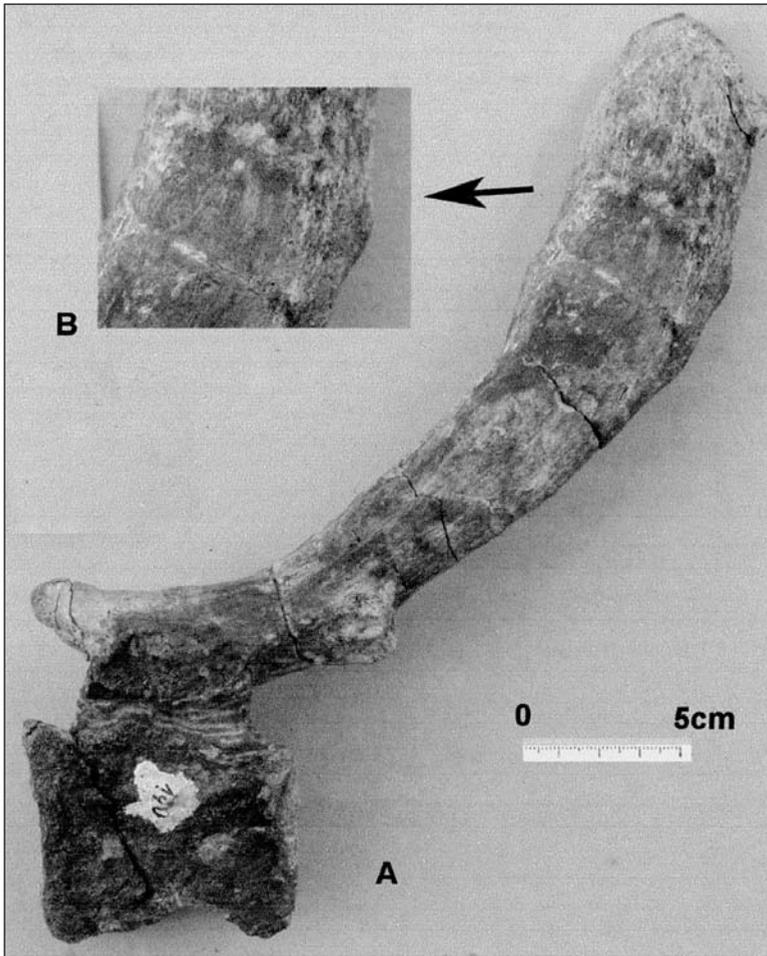


Fig. 9. Vista lateral de una vértebra caudal (MPZ 2004/480) de una posición media de hadrosaurio (Blasi-3, Maastrichtense superior, Arén). La flecha indica la posición de la patología.

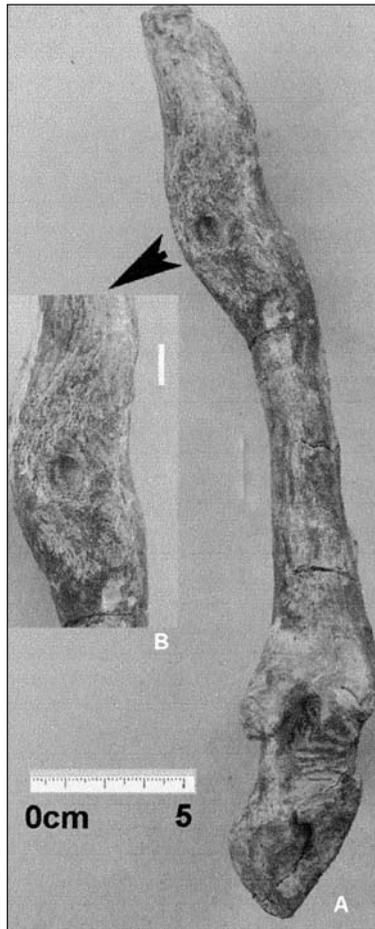


Fig. 10. Vista anterior de una vértebra caudal (MPZ 2004/480) de una posición media de hadrosaurio (Blasi-3, Maastrichtiense superior, Arén). La flecha indica la posición del callo de la espina neural.

Una fractura es una discontinuidad del hueso, normalmente como resultado de un trauma. Las fracturas sin cicatrizar pueden ser fácilmente reconocidas en los fósiles por observarse externamente (TANKE y ROTHSCHILD, 1997). Las cicatrizadas pueden no ser tan obvias, ya que al cicatrizar el hueso puede obliterar externamente la fractura. En estos casos es necesario el uso de radiografías, las cuales muestran las discontinuidades presentes en la configuración interna del fósil (ROTHSCHILD, 1988; SULLIVAN *et al.*, 2000). Las fracturas más espectaculares son aquellas en las que la unión del

hueso roto se produce de distinta manera que la del hueso sin romper. Esto, además de retrasar la cicatrización, acorta y desfigura el hueso de manera considerable al producirse grandes callos que deforman la simetría del hueso. Esta importante patología es consecuencia de roturas completas y un desplazamiento del hueso roto (GREEN, 1961), bien por el traumatismo o bien porque los músculos tienden a situar las partes fragmentadas fuera de su posición anatómica. MPZ 2004/480 presenta las pruebas de que la espina neural de la vértebra sufrió una fractura en vida, al observarse un escaso recrecimiento óseo que cicatriza algunas partes de la fractura (Fig. 10), sin formar un callo bien desarrollado. Por lo tanto, hay pruebas de que el hadrosáurido sufrió la rotura de al menos una espina neural de una de las vértebras de la cola y sobrevivió durante un tiempo a este accidente.

Las fracturas y traumatismos evolucionan con tumoración o callosidad observable a simple vista y con marcas de reacción ósea (aumenta la densidad del hueso) en la visión microscópica. El proceso de reparación varía en relación con la complejidad de la fractura. El callo en el ser humano comienza a formarse unos dieciséis días después de la fractura y suele estar completado a los treinta. Si no han existido problemas de infección, el callo termina siendo cubierto por el crecimiento de hueso permanente en un proceso de remodelación. Pueden pasar años hasta que el hueso adquiera su apariencia original (referencias a paleopatologías en TANKE y ROTHSCHILD, 2002).

MPZ 2004/480 tiene alterada su forma original. Posee un callo incipiente que cierra las fracturas, lo que indica un tiempo de pocas semanas entre la muerte del dinosaurio y la fractura. Pero, además, tiene una inflamación ósea bien desarrollada. La reparación de las fracturas pueden complicarse por infecciones producidas por microorganismos patógenos (osteomielitis). En las zonas atacadas puede cesar la circulación sanguínea produciendo necrosis de la parte afectada. Las pequeñas partículas de hueso muertas son expulsadas hacia el exterior a lo largo de perforaciones llamadas *cloacas*. Las infecciones de hueso se pueden reconocer por distintas morfologías, como es la presencia de las cloacas o por la especial naturaleza del hueso regenerado en respuesta a la infección. El hueso afectado puede estar torcido y puede recrecer con formas de filigrana (GROSS *et al.*, 1993). Además, la ausencia de riego sanguíneo termina produciendo

do la necrosis del tejido óseo alrededor de la fractura. MPZ 2004/480 presenta un agujero que pudo funcionar como una cloaca, una espina neural retorcida y un crecimiento anómalo del hueso (Figs. 9-10), caracteres que pueden ser interpretados como resultado de una infección importante, posiblemente osteomielitis.

La osteomielitis es una consecuencia indeseable de las fracturas. El traumatismo producido por el golpe de un objeto masivo como una piedra o el choque con otro dinosaurio genera fracturas (HANNA, 2002). También puede producir el hundimiento del hueso, pero no genera perforaciones. El hueso vivo tiene una cierta elasticidad en respuesta a la incisión con un objeto afilado pudiendo producirse una perforación. Sin embargo, el mismo objeto rompe el hueso cuando está seco. Parece, por lo tanto, razonable que el agujero de MPZ 2004/480 es el resultado de una penetración de un objeto en el hueso en vida del organismo. Dada la gran respuesta de recrecimiento de hueso que se presenta alrededor de este agujero, parece razonable interpretar que es donde se encontraba la infección. Hay, por lo tanto, que buscar la infección en el productor de esa perforación más que en la rotura misma. Aunque, como veremos, todas las patologías de esta vértebra son el resultado de un mismo efecto.

Se ha descrito una patología similar en un individuo adulto de *Edmontosaurus annectens* (MARSH, 1872). El ejemplar DMNH 1493 del Maasrichtiense superior de Montana (Formación Hell Creek) presenta un trauma en las vértebras 13 a la 17. Este trauma es especialmente evidente en la espina neural de la 15, al faltarle una tercera parte de su extremo dorsal. Además, tiene un surco oblicuo con un recrecimiento óseo anómalo en su terminación. El resto de espinas neurales 13, 14, 16 y 17 están curvadas, lo que da una apariencia anómala y dañada en vista dorso-posterior. En algunas de estas espinas se observan agujeros al mismo nivel del área traumatizada de la vértebra 15 (CARPENTER, 1998). Este autor hace un estudio detallado y apunta que la superficie que falta de la vértebra 15 es distintivamente rugosa, interpretándola como un caso de osteomielitis resultado de la infección producida en una herida abierta. Esta sección traumatizada la interpreta como el resultado del mordisco de un gran terópodo. La infección sería el resultado de la introducción de microorganismos patógenos presentes en la saliva del atacante.

DMNH 1493 sobrevivió al ataque como demuestra el crecimiento de hueso en las áreas dañadas, pero murió antes que este crecimiento obliterara los agujeros. Según CARPENTER (1998), es difícil conocer cómo el ataque ha podido contribuir en la muerte del organismo. El recrecimiento de hueso de la vértebra 15 presenta una textura cancerosa e irregular típica de hueso enfermo. Esta irregularidad, como en MPZ 2004/480, no es extensa, lo que indica poco tiempo hasta la muerte. GROSS *et al.* (1993) estudian una tibia de hipsilofodóntido de Australia fuertemente deformada por una infección, por lo que considera que sobrevivió entre dos y cinco años con esta enfermedad. La ausencia de traumatismos en otras partes del esqueleto y el poco tiempo transcurrido desde el ataque a la muerte del hadrosaurio, podría explicarse porque la infección afectó gravemente a los tejidos blandos. CARPENTER (1998) revisa los posibles predadores y considera que tuvo que ser un terópodo de gran tamaño, al menos con una altura similar a la de *Edmontosaurus*. Los hadrosáuridos presentaban las colas elevadas y prácticamente horizontales, entonces la parte más alta de la cola de este ejemplar de *Edmontosaurus* estaría a unos 2,9 metros por encima del suelo. El único terópodo conocido de la Formación Hell Creek de este tamaño y, por lo tanto, el único capaz de producir este trauma, es el conocido *Tyrannosaurus rex*.

En Blasi se han encontrado dientes de varios tipos de dinosaurios carnívoros, pero son todos de pequeño y mediano tamaño. Ninguno de ellos pertenece a un terópodo con la suficiente altura para poder dar un mordisco desde arriba a un hadrosaurio tan grande como MPZ 2004/480. Para poderlo hacer tuvo que dar un salto y situarse encima; de hecho, muchas de las reconstrucciones que hay en los libros de divulgación nos ilustran cómo los pequeños terópodos podían atacar a los dinosaurios de mediano tamaño mediante esta técnica. El modelo que propone CARPENTER (1998) tiene bastante similitud con el que sugerimos para la MPZ 2004/480, las únicas diferencias serían que el trauma producido a *Edmontosaurus* lo haría un terópodo de mayor tamaño, lo que le permitiría dar un mordisco de mayor potencia. Sin embargo, la infección producida por la saliva del predador en el hueso parece que tendría mayor importancia en el hadrosaurio de Blasi, hasta tal punto que pudo ser la causa de su muerte.

CONCLUSIONES

Los restos de hadrosaurios del Maastrichtiense superior de Arén presentan pruebas de predación. Estas marcas las pudieron producir los terópodos de mayor tamaño (aproximadamente de unos 6 metros de longitud), de los que únicamente tenemos un registro de dientes aislados, dromaeosáuridos y neoceratosaurios de medio-gran tamaño. En Blasi-3 se ha registrado una patología en una vértebra caudal interpretada como resultado de un mordisco de un terópodo y posterior infección, ya que el organismo sobrevivió unas semanas al ataque. En Blasi-3 hay dientes aislados de terópodos relacionados con los huesos de los hadrosaurios; sin embargo, hasta el momento solo en uno de los huesos se han detectado marcas de mordedura. Esta marca resulta singular, ya que es coherente con un patrón de descarnación hasta ahora no citado en dinosaurios. Esta escasez de marcas es coherente con lo que se encuentra en otros yacimientos de dinosaurios a nivel mundial, y se interpreta como un bajo aprovechamiento de los huesos de sus presas por parte de los terópodos de Arén.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la ayuda concedida por el IEA en el año 2003, con el título *Muerte en las dunas: reconstrucción paleobiológica de los yacimientos de Arén*. El proyecto sobre los últimos dinosaurios europeos está subvencionado por los Departamentos de Educación, Cultura y Deporte, y de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón (Financiación de Grupos Consolidados, 2005-2006) y la Diputación Provincial de Huesca. Rupert Glasgow ha traducido y corregido el resumen en inglés. Queremos agradecer a las gentes de Arén, en la persona de su alcalde, Miguel Gracia, la constante ayuda en los trabajos de campo y el interés que han tenido desde el principio en este proyecto. En los trabajos de campo han colaborado muchas personas; nuestro especial agradecimiento a Nieves López-Martínez, Lluís Ardévol, Xabier Pereda-Suberbiola, Oriol Oms, Xabier Murelaga, a la SAMPUZ, a la APA y al IEI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, M. T., y SIGOGNEAU-RUSSELL, D. (1991). Nouvelles données sur les Dinosauriens du Crétacé supérieur du Portugal. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 313, II: 113-119.
- BARCO, J. L.; ARDEVOL, LL., y CANUDO, J. I. (2001). Descripción de los primeros rastros asignados a Hadrosauridae (Ornithopoda, Dinosauria) del Maastrichtiense de la península Ibérica (Areny, Huesca). *Geogaceta*, 30: 235-238.
- BIRD, R. T. (1953). To capture a dinosaur isn't easy. *Natural History*, 62: 102-110.
- BONAPARTE, J. F., y NOVAS, F. E. (1985). *Abelisaurus comahuensis*, n. g., n. sp., Carnosauria del Cretácico tardío de Patagonia. *Ameghiniana*, 21 (2-4): 259-265.
- BONAPARTE, J. F.; NOVAS, F. E., y CORIA, R. A. (1990). *Carnotaurus sastrei* Bonaparte, the horned, lightly built carnotaur from the middle Cretaceous of Patagonia. *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County*, 416: 1-41.
- BRAIN, C. K. (1981). *The hunters of the hunted? An introduction to african cave taphonomy*. Univ. Chicago Press. Chicago. 365 pp.
- BUFFETAUT, E., y SUTEETHORN, V. (1989). A sauropod skeleton associated with theropod teeth in the Upper Jurassic of Thailand: Remarks on the taphonomic and palaeoecological significance of such associations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 73: 77-83.
- BURNHAM, D. A. (2004). New information on *Bambiraptor feinbergi* (Theropoda: Dromaeosauridae) from the Late Cretaceous of Montana. En: CURRIE, P. J.; KOPPELHUS, E. B.; SHUGAR, M. A., y WRIGHT, J. L. (eds.). *Feathered dragons: Studies on the transition from dinosaurs to birds*. 67-111. Indiana University Press. Bloomington e Indianapolis.
- BURNHAM, D. A.; DERSTLER, K. L.; CURRIE, P. J.; BAKKER, R. T.; ZHOU, Z., y OSTROM, J. H. (2000). Remarkable new birdlike dinosaur (Theropoda: Maniroptora) from the Upper Cretaceous of Montana. *University of Kansas Paleontological Contributions*, 13: 1-14.
- CANUDO, J. I. (2004). El caso del dinosaurio hadrosaurio de Arén (Huesca): ¿muerte accidental o asesinato? *Naturaleza Aragonesa*, 13: 4-14.
- CANUDO, J. I., y RUIZ-OMEÑACA, J. I. (2003). Los restos directos de dinosaurios terópodos (excluyendo aves) en España. En: PÉREZ-LORENTE, F. (ed.). *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. Instituto de Estudios Riojanos, 26: 347-373. Logroño.
- CARPENTER, K. (1998). Evidence of predatory behavior by carnivorous dinosaur. *Gaia. Aspects of Theropod Paleobiology*, 15: 135-144.
- COLBERT, E. H. (1989). The Triassic dinosaur *Coelophysis*. *Museum of Northern Arizona Bulletin*, 57: 1-169.
- COPE, E. D. (1889). On a new genus of Triassic Dinosauria. *The American Naturalist*, 23: 626.

- CRUZADO-CABALLERO, P.; CANUDO, J. I., y RUIZ-OMEÑACA, J. I. (2005). Nuevas evidencias de la presencia de hadrosaurios lambeosaurinos (Dinosauria) en el Maastrichtiense superior de la península Ibérica (Arén, Huesca). *Geogaceta*, 38: 47-50.
- CURRIE, P. J. (1997). Dromaeosauridae. En: CURRIE, P. J., y PADIAN, K., (eds.). *Encyclopedia of Dinosaurs*. 194-195. Academic Press, San Diego.
- CURRIE, P. J.; RIGBY, J. K., y SLOAN, R. E. (1990). Theropod teeth from the Judith River Formation of southern Alberta, Canada. En CARPENTER, K., y CURRIE, P. J. (Eds.): *Dinosaur systematics. Approaches and Perspectives*. 107-125. Cambridge University Press. Cambridge.
- CHIAPPE, L. M. (2002). Basal bird phylogeny. Problems and solutions. En: *Mesozoic Birds, above the heads of Dinosaurs*. 448-472. University of California Press, Berkeley y Los Ángeles.
- CHIAPPE, L. M.; NORELL, M. A., y CLARK, J. M. (2002). The Cretaceous, short-armed alvarezosauridae *Mononykus* and its kin. En: *Mesozoic Birds, above the heads of Dinosaurs*. 87-120. University of California Press, Berkeley y Los Ángeles.
- DODSON, P. (1971). Sedimentology and taphonomy of the Oldman Formation, dinosaur provincial Park, Alberta. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 10: 21-74.
- ELZANOWSKI, A. (2001). A new genus and species for the largest specimen of *Archaeopteryx*. *Acta Palaeontologica Polonica*, 46 (4): 519-532.
- ELZANOWSKI, A., y WELLNHOFER, P. (1996). Cranial morphology of *Archaeopteryx*: evidence from the seventh skeleton. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16 (1): 81-94.
- FARLOW, J. O. (1987). A guide to Lower Cretaceous dinosaur footprints and tracksites of the Paluxy River Valley, Somervell County, Texas. En: *Geological Society of America Field Trip Guidebook, 21st Annual Meeting*. Waco, Texas. 50 pp.
- FARLOW, J. O.; McNITT, T. J., y BEYNON, D. E. (1986). Two occurrences of the extinct moose *Cervalces scotti* from the Quaternary of northeastern Indiana. *American Midland Naturalist*, 115: 407-412.
- FIORILLO, A. R. (1991). Prey bone utilization by predatory dinosaurs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 88: 157-166.
- FIORILLO, A. R. (1998). Bone modifications features on sauropod remains (Dinosauria) from the Freezeout Hills Quarry N (Morrison Formation) of South-eastern Wyoming and their contribution to fine-scale. Paleoenvironmental interpretation. *Modern Geology*, 23: 111-126.
- GATESY, S. M. (2002). The myth of cannibalism in *Coelophysis bauri*. *Journal of Vertebrate Paleontology. Abstracts of papers. Sixtieth-one annual meeting Society of vertebrate paleontology*, 22, Supplement to number 3: 57A.
- GAUTHIER-PILTERS, H., y DAGG, A. I. (1981). *The camel, its evolution, ecology, behavior, and its relationship to man*. University Chicago Press. Chicago. 208 pp.

- GILMORE, C. W. (1920). Osteology of the carnivorous Dinosauria in the United States National Museum, with special reference to the genera *Antrodemus* (*Allosaurus*) and *Ceratosaurus*. Smithsonian Institution, *United States National Museum Bulletin*, 110: 1-159.
- GRANGER, W., y GREGORY, W. K. (1923). *Protoceratops andrewsi*, a pre-ceratopsian dinosaur from Mongolia. *American Museum Novitates*, 72: 1-9.
- GREEN, M. (1961). Pathologic vertebrate fossils and recent specimens. *Proceedings South Dakota Academy Science*, XL: 142-148.
- GROSS, J. D.; RICH, T. H., y VICKERS-RICH, P. (1993). Dinosaur bone infection. *National Geographic Research and Exploration*, 9, 3: 286-293.
- HANNA, R. R. (2002). Multiple injury and infection in a sub-adult theropod dinosaur *Allosaurus fragilis* with comparison to *Allosaurus* pathology in the Cleveland-Lloyd dinosaur quarry collection. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22 (1): 76-90.
- HOLTZ, T. R. Jr., y OSMÓLSKA, H. (2004). Saurischia. En: WEISHAMPEL, D. B.; DODSON, P., y OSMÓLSKA, H. (eds.). *The Dinosauria*: 21-24. University of California Press. Berkeley.
- HORNER, J. R.; WEISHAMPEL, D. B., y FORSTER, C. A. (2004). Hadrosauridae. En: WEISHAMPEL, D. B.; DODSON, P., y OSMÓLSKA, H. (eds.). *The Dinosauria*: 438-463. University of California Press. Berkeley.
- HUNT, A. P.; MEYER, C. A.; LOCKLEY, M. G., y LUCAS, S. G. (1994). Archaeology, toothmarks and sauropod dinosaur taphonomy. *Gaia*, 10: 225-231.
- KIELAN-JAWOROWSKA, K., y BARSBOLD, R. (1972). Narrative of the polish-mongolian palaeontological expeditions 1967-1971. *Palaeontologia Polonica*, 27: 5-13.
- KIRKLAND, J. I.; BURGE, D., y GASTON, R. (1993). A large dromaeosaur (Theropoda) from the Lower Cretaceous of eastern Utah. *Hunteria*, 2 (10): 1-16.
- KRUUK, H. (1972). *The spotted hyena, a study of predation and social behavior*. University Chicago Press. Chicago. 335 pp.
- LE LOEUFF, J. (1992). Les vertébrés continentaux du Crétacé supérieur d'Europe: Paléoécologie, Biostratigraphie et Paléobiogéographie. *Mémoires des Sciences de la Terre de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI*, 92-93: 1-273.
- LE LOEUFF, J., y BUFFETAUT, E. (1991). *Tarascosaurus salluvicus* nov. gen., nov. sp. dinosaur thérope du Crétacé supérieur du sud de la France. *Geobios*, 24 (5): 585-594.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. (2003). La extinción de los dinosaurios y su registro en los Pirineos meridionales. En: *II Jornadas de Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Colectivo Arqueológico-Paleontológico de Salas (ed.): 71-98.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; CANUDO, J. I.; ARDÈVOL, L.; PEREDA SUBERBIOLA, X.; ORUE-ETXEBARRIA, X.; CUENCA-BESCÓS, G.; RUIZ-OMEÑACA, J. I.; MURELAGA, X., y FEIST, M. (2001). New dinosaur sites correlated with Upper Maastrichtian pelagic deposits in the Spanish Pyrenees: implications for the dinosaur extinction pattern in Europe. *Cretaceous Research*, 22: 41-61.

- MARSH, O. (1872). Notice on a new species of *Hadrosaurus*. *American Journal of Science* (ser. 3), 3: 301.
- MARSH, O. (1877). Notice of some new dinosaurian reptiles from the Jurassic Formation. *American Journal of Science* (ser. 3), 14: 514-516.
- MARSH, O. (1884). Principal characters of American Jurassic dinosaurs. Part VIII. The order of Theropoda. *American Journal of Science* (ser. 3), 27(38): 329-340.
- MATTHEW, W. (1908). *Allosaurus*, a carnivorous dinosaur, and its prey. *American Museum Journal*, 8 (1): 3-5.
- MAXWELL, W. D., y OSTROM, J. H. (1995). Taphonomy and paleobiological implications of *Tenontosaurus-Deinonychus* associations. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 15 (4): 707-712.
- MURELAGA, X., y CANUDO, J. I. (2005). Descripción de restos de quelonios del Maastrichtiense superior de Arén y Serraduy (Huesca). *Geogaceta*, 38: 51-54.
- OMS, O., y CANUDO, J. I. (2004). Datación magnetoestratigráfica de los dinosaurios del Cretácico terminal (Maastrichtiense superior) de Arén (Huesca, Unidad Surpirenaica Central). *Geo-Temas*, 6 (5): 51-54.
- OSBORN, H. F. (1905). *Tyrannosaurus* and other Cretaceous carnivorous dinosaurs. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, XXI: 259-265.
- OSTROM, J. H. (1969). A new theropod dinosaur from the Lower Cretaceous of Montana. *Postilla*, 128: 1-17.
- OSTROM, J. H. (1978). The osteology of *Compsognathus longipes* Wagner. *Zitteliana*, 4: 73-118.
- PAUL, G. S. (1988). *Predatory dinosaurs of the world*. Simon and Schuster, New York. 464 pp.
- PEREDA-SUBERBIOLA, X. (1999). Las faunas finicretácicas de dinosaurios ibéricos. *Zubia*, 17: 259-279.
- PEREDA-SUBERBIOLA, X.; ASTIBIA, H.; MURELAGA, X.; ELORZA, J. J., y GÓMEZ-ALDAY, J. J. (2000). Taphonomy of the Late Cretaceous dinosaur-bearing beds of the Laño Quarry (Iberian Peninsula). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 157 (3/4): 247-275.
- PEREDA-SUBERBIOLA, X.; CANUDO, J. I.; RUIZ-OMEÑACA, J. I.; COMPANY, J.; CASANOVAS, M. L., y SANTAFÉ, J. V. (2002). Hadrosaurios ibéricos. En: *Resúmenes. Congreso Internacional sobre dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*: 39-40.
- PÉREZ-MORENO, B.; SANZ, J. L.; BUSCALIONI, A. D.; MORATALLA, J. J.; ORTEGA, F., y RASSKIN-GUTMAN, D. (1994). A unique multitoothed ornithomimosaur dinosaur from the Lower Cretaceous of Spain. *Nature*, 370: 363-367.
- PERKINS, S. (2003). Family Meal: Cannibal dinosaur known by its bones. *Science News*, 163: 211.

- RAUHUT, O. W. M. (2002). Dinosaur teeth from the Barremian of Uña, Province of Cuenca, Spain. *Cretaceous Research*, 23: 255-263.
- RAUHUT, O. W. M., y WERNER, C. (1995). First record of the family Dromaeosauridae (Dinosauria: Theropoda) in the Cretaceous of Gondwana (Wadu Milk Formation, northern Sudan). *Paläontologische Zeitschrift*, 69 (3/4): 475-489.
- ROGERS, R. R.; KRAUSE, D. W., y CURRY ROGERS, K. (2003). Cannibalism in the Madagascan dinosaur *Majungatholus atopus*. *Nature*, 42: 515-518.
- ROTHSCHILD, B. M. (1988). Stress fracture in a ceratopsian phalanx. *Journal of Paleontology*, 62: 302-303.
- SAMPSON, S. D.; WITMER, L. M.; FORSTER, C. A.; KRAUSE, D. W.; O'CONNOR, P. M.; DODSON, P., y RAVOAVY, F. (1998). Predatory Dinosaur Remains from Madagascar: Implications for the Cretaceous Biogeography of Gondwana. *Science*, 280: 1048-1051.
- SANZ, J. L. (1999). *Mitología de los dinosaurios*. Grupo Santillana de Ediciones. Taurus. Madrid. 206 pp.
- SERENO, P.; WILSON, J., y CONRAD, J. (2004). New dinosaurs link southern landmasses in the Mid-Cretaceous. *Proceedings: Biological Sciences*: 1471-2954.
- SUES, H. D., y TAQUET, P. (1979). A pachycephalosaurid dinosaur from Madagascar and a Laurasia-Gondwanaland connection in the Cretaceous. *Nature*, 279: 633-635.
- SULLIVAN, M. S.; TANKE, D., y ROTHSCCHILD, B. M. (2000). An impact fracture in an ornithomimid (Ornithomimosauria: Dinosauria) metatarsal from the Upper Cretaceous (Late Campanian) of New Mexico. En: Dinosaur of New Mexico. *New Mexico Museum of Natural History and Sciences*, 17: 109-111.
- TANKE, D. H., y ROTHSCCHILD, B. M. (1997). Paleopathology. En: CURRIE, P. J., y PADIAN, K., (eds.). *Encyclopedia of Dinosaurs*: 525-530. Academic Press, San Diego.
- TANKE, D. H., y ROTHSCCHILD, M. (2002). Dinosaurs: An annotated bibliography of dinosaur paleopathology and related topics, 1838-2001. *New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin*, 20: 1-96.
- TORICES, A.; RUIZ-OMEÑACA, J. I.; CANUDO, J. I., y LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. (2004). Nuevos datos sobre los dinosaurios terópodos (Saurischia: Theropoda) del Cretácico superior de los Pirineos Sur-Centrales (Huesca y Lleida). *Geo-Temas*, 6: 71-74.
- TYKOSKI, R. S., y ROWE, T. (2004). Ceratosauria. En: WEISHAMPEL, D. B.; DODSON, P., y OSMÓLSKA, H. (eds.). *The Dinosauria*: 47-70. University of California Press. Berkeley.
- WAGNER, A. (1861). Schildkröten un Saurier aus dem lithographischen Schiefer: V. *Compognathus longipes* Wagn. *Abhandlungen der Mathemat. Physikalischen Classe der Koeniglich Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, 9: 1-102.
- WEISHAMPEL, D. B. (1983). Hadrosaurid jaw mechanics. *Acta Palaeontologica Polonica*, 28 (1-2): 271-280.

- WEISHAMPEL, D. B.; NORMAN, D. B., y GRIGORESCU, D. (1993). *Telmatosaurus transylvanicus* from the Late Cretaceous of Romania: The most basal hadrosaurid dinosaur. *Palaeontology*, 36 (2): 361-385.
- WELLNHOFER, P. (1993). Das siebte Exemplar von *Archaeopteryx* aus den Solnhofener Schichten. *Archaeopteryx*, 11: 1-48.
- XU, X., y NORELL, M. A. (2004). A new troodontid dinosaur from China with avian-like sleeping posture. *Nature*, 431: 838-841.
- ZINKE, J. (1998). Small theropod teeth from the Upper Jurassic coal mine of Guimarota (Portugal). *Paläontologische Zeitschrift*, 72 (1/2): 179-189.
- ZINKE, J., y RAUHUT, O. W. M. (1994). Small theropods (Dinosauria, Saurischia) from the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of the Iberian Peninsula. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe E (Paläobiologie)*, 13: 163-177.

ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DE CÁLCULO DE LA HUMEDAD DEL GRANO DE MAÍZ EN FUNCIÓN DE VARIABLES DE CONTROL DE UN SECADERO DE COLUMNA*

F. J. GARCÍA RAMOS**
D. BANZO USIETO**

RESUMEN.— Se ha realizado un análisis de los parámetros de funcionamiento de un secadero industrial de cereal aplicado a maíz. Para ello se han tomado medidas de temperatura y humedad relativa del aire del secadero y se ha cuantificado el tiempo entre sucesivas extracciones de grano. Además, se ha medido la humedad del grano de entrada frente al grano de salida. Con estos datos se ha analizado la posibilidad de implementar ecuaciones que permitan determinar la humedad del grano de salida a partir de las variables principales del secadero. Los resultados muestran una falta de linealidad entre los parámetros, aunque también se aprecia la posibilidad de aplicar una regresión lineal múltiple doble.

ABSTRACT.— *Analysis of the correlation between the grain humidity and the control variables in a tower industrial drier.* Variables involved in the performance of a corn industrial drier have been studied. For this goal, air temperature, air humidity, time between two successive extractions, and grain humidity have been measured. The possibility of implementing equations to obtain the grain humidity according to the drier variables have been

* Este trabajo fue realizado gracias a una Ayuda de Investigación concedida por el IEA en el curso 2003-2004.

** Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Ctra. Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. fjavier@unizar.es

analysed. Results show a poor correlation between variables. However, the possibility of implementing a double multiple linear regression appears as a solution that must be analysed in the future.

KEY WORDS.— Corn drier, grain humidity, extractions, Huesca (Spain).

INTRODUCCIÓN

El secado artificial de grano nace con el objeto de mantener este producto agrícola en las mejores condiciones posibles de conservación en el granero.

Básicamente, es un proceso consistente en evaporar la humedad del grano que perjudique su conservación mediante un flujo forzado de aire caliente obtenido con un quemador (SUN *et al.*, 1991).

Se ha establecido en el ámbito agrícola que el 14% de humedad en grano es el óptimo para evitar degradaciones de la calidad del cereal durante su almacenamiento. Así pues, nuestro objetivo en el proceso de secado será ajustarnos a este parámetro.

Para poder disminuir la humedad del grano se utilizan secaderos industriales en los que el grano es sometido a un flujo de aire caliente durante un determinado periodo de tiempo. Actualmente, el tiempo de permanencia del grano en el secadero se regula en función de la temperatura del aire de secado. Esta operación se realiza bien manualmente bien a través de un control automático. Sin embargo, este sistema no tiene una elevada fiabilidad y no permite modificar en continuo de forma fiable el modo de trabajo del secadero, pudiendo producir problemas por exceso/defecto de secado que se traducen en pérdida de calidad del grano y unos costes extra (y evitables) en el proceso.

En todo caso, es necesario medir la humedad del grano a la salida del secadero mediante la toma de muestras y la medición con un medidor estático.

Actualmente, existe tecnología capaz de monitorizar la humedad del grano durante todo su proceso de secado si bien su precio y mantenimiento son muy elevados. Para paliar este problema sería muy interesante la estimación de la humedad del grano del cereal al final del proceso de seca-

do sin necesidad de recurrir a medidores en continuo. Para ello sería necesario utilizar las variables de temperatura y humedad del aire del secadero y el tiempo de permanencia del grano en él con el objetivo de obtener una relación matemática de control del proceso de secado.

En la última década se han realizado investigaciones al respecto en esta línea de estudio con la finalidad de optimizar el proceso de secado. Diferentes autores (SEMBERY, 1993, 1996; DOUGLAS *et al.*, 1994; PRUNET *et al.*, 1994; ALLGOOD *et al.*, 1995; MONTROSS *et al.*, 1999, 2000) han realizado trabajos centrados en el estudio de la variación del contenido de humedad y calidad de grano en procesos de secado, mostrando diversas conclusiones sobre la simulación de contenido de humedad y control de las condiciones de secado.

LIU y BAKKER-ARKEMA (2001) publican diversos artículos mostrando el control automático de secaderos de grano. Desarrollan un modelo teórico del proceso basado en la no linealidad inherente a él y un seguimiento de los parámetros basado en bloques fundamentales (equivalentes a los cangilones) de transferencia de masa y calor simultánea. Diseñan un modelo controlador del proceso mediante predicción de parámetros finales y chequeo en continuo, para, finalmente, ensayar el controlador en secaderos reales. Es el estudio más completo realizado hasta el momento obteniendo unos resultados esperanzadores. Hay que destacar que se trata de un trabajo muy ambicioso, fruto del trabajo de muchos años, y que refleja la dificultad de modelizar este tipo de sistemas industriales.

Las ventajas que se obtendrían mediante el desarrollo de un sistema de control en continuo fiable son:

- Optimización del costo energético.
- Facilidad de operación del secado al evitar la realización de continuas muestras de humedad del cereal.
- Mayor seguridad en el almacenamiento, porque al tener la humedad de referencia se puede establecer un control del producto. Este control permitiría ajustar mejor las condiciones de secado y, en el caso de que estas no fueran suficientes para llegar a la humedad óptima, generar una alarma.

El objetivo principal del trabajo es evaluar la potencialidad de obtener un algoritmo matemático para el control de las condiciones de trabajo de un

secadero industrial en función de las variables más características del proceso de secado: temperatura y humedad del aire de entrada al secadero, temperatura y humedad del aire de salida, y humedad del grano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características del secadero industrial

Para llevar a cabo el estudio se ha colaborado con la empresa Agro-Pirineos Ayerbe, la cual ha facilitado el acceso a uno de los secaderos industriales que han instalado en la provincia de Huesca. Concretamente, el estudio se ha realizado en un secadero SBC.7 de la marca Law. Dicho secadero se ubica en la finca Almalech, S. A., y es propiedad de don Luis Chavarri Osma. La finca se encuentra situada en el término municipal de Salillas, 50 km al sur de Huesca en dirección a Sariñena.

El funcionamiento del secadero se basa en el intercambio de calor que se produce entre la columna de grano y la corriente perpendicular de aire caliente que lo atraviesa (Fig. 1).

El secadero se compone de una columna de cajas de secado. Estas cajas ocupan la parte central del secadero. A un lado se encuentran las cajas del lado de calor, donde circula el aire caliente. Este aire se calienta por la llama de combustión generada por el quemador. Al otro lado de las cajas de secado se encuentran las cajas del lado de frío. Por estas cajas circula el aire saturado de vapor que es aspirado por los ventiladores.

Las cajas de calor están atravesadas por unas vainas cónicas que permiten la entrada y salida de aire en las cajas, pero impiden que se salga el grano. Estas vainas son unas canales que tienen un extremo abierto y el otro cerrado. En las cajas su disposición se alterna entre las que están abiertas hacia el lado de calor o las que están abiertas hacia el lado de frío. De esta manera el aire caliente entra por la vaina abierta hacia el lado de calor, se difunde en la caja de secado y sale por la vaina abierta hacia el lado de frío.

Las dos últimas cajas se utilizan como zona de enfriamiento del grano. Toman el aire del exterior que pasa a través del grano bajando su temperatura. Después pasa al cajón de frío donde los ventiladores lo expulsan a la atmósfera.

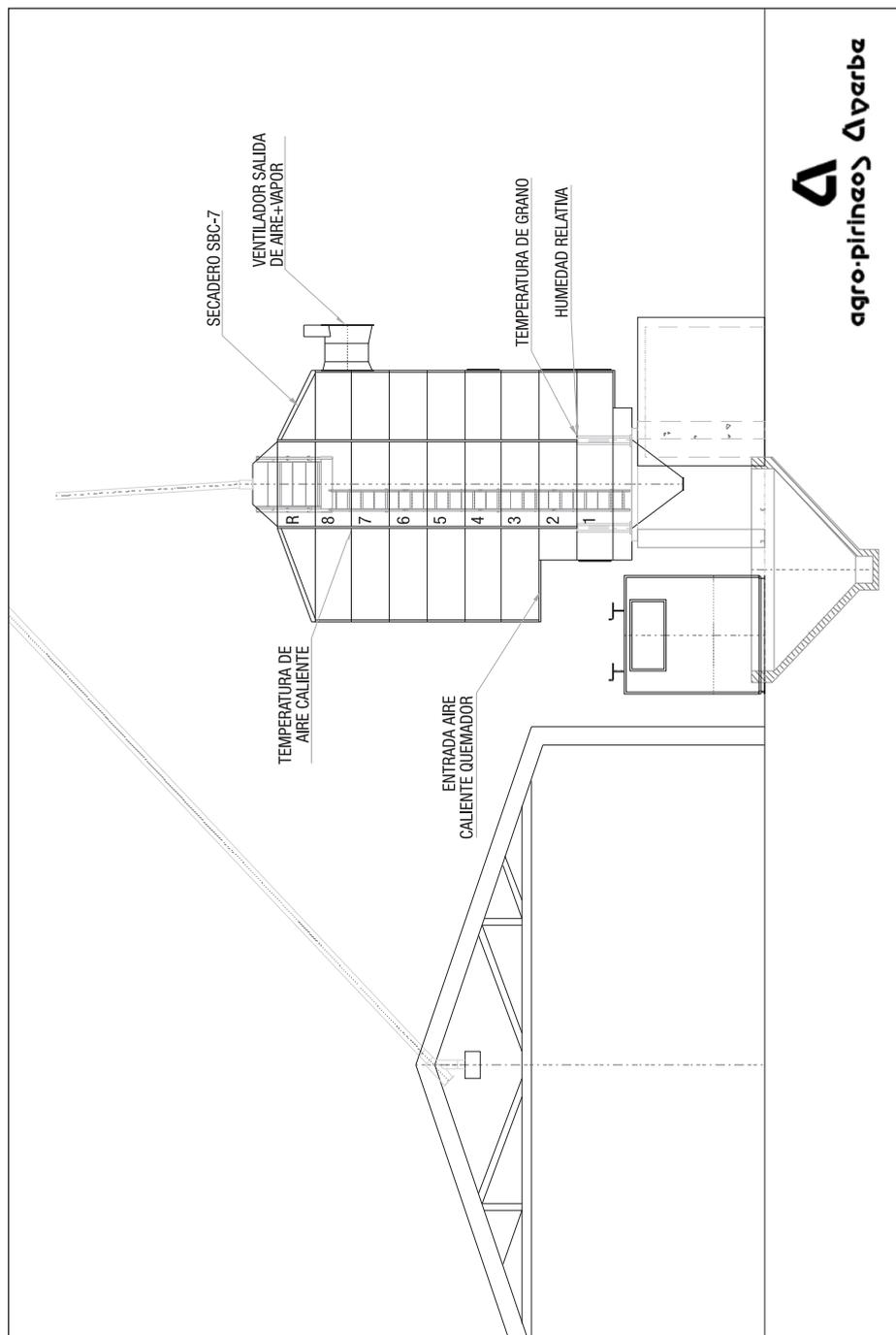


Fig. 1. Esquema del secadero.

El grano se va extrayendo del secadero a periodos de tiempo regulables, de manera que un grano atraviesa la columna de secado con mayor o menor rapidez en función de este tiempo de extracción.

A continuación, se presenta la tabla de rendimientos del secadero (Tabla I). Las toneladas/hora que se refleja se refieren a toneladas de grano húmedo que se seca hasta un 14% de humedad final.

Tabla I. Rendimientos del secadero.

| <i>% humedad grano</i> | <i>Evaporación (l/h)</i> | <i>Toneladas/h de grano húmedo procesado</i> |
|------------------------|--------------------------|--|
| 26 | 990 | 7,09 |
| 24 | 943 | 8,11 |
| 22 | 907 | 9,74 |

El secadero motivo de estudio posee una capacidad de 26.000 kg de grano (para el caso del maíz), lo cual significa que el manejo de la instalación frente a una masa de tal inercia térmica exige un protocolo bien definido.

La dinámica de secado se inicia cuando el grano llega del campo a una humedad cuantificada por el medidor estático en recepción.

El lote de entrada define las acciones que el operario realizará a lo largo del proceso; así, caso de entrar el grano muy húmedo se aumenta la temperatura de secado dentro del intervalo que la boquilla permita y también se aumenta la minutería (tiempo entre extracciones). Definimos extracción como la apertura de la tajadera de fondo del secadero durante un tiempo determinado; depende del peso específico del grano, pero se extrae una media de 250 kg de grano/extracción.

La permanencia media del grano en la instalación de secado es de 2,5 horas durante las cuales atraviesa los cangilones (cajones en los que se divide la instalación).

Metodología

Los diferentes ensayos se han realizado trabajando con maíz. Para la realización de los estudios se han utilizado diferentes equipos para medir las variables del proceso de secado.

El secadero de cereal ha sido estudiado en un estado de funcionamiento estabilizado, es decir, no se realizaron medidas en los momentos de arranque y vaciado de la instalación o situación de reparación de averías.

A continuación se detallan los equipos utilizados en la realización del trabajo:

- 3 sondas de temperatura colocadas en la estructura interior del secadero a tres niveles distintos: zona inferior, zona media y zona superior,
- 1 sonda de humedad/temperatura que controla la salida de aire húmedo de la instalación,
- 1 medidor estático en recepción para cuantificar la humedad relativa de los lotes de grano cosechados en el campo y la humedad del grano que ya ha sido sometido al proceso de secado,
- 1 termo-higrómetro en la entrada de aire al secadero y anterior al quemador. Su finalidad es caracterizar el aire que será sometido al proceso para secado de cereal.

El estudio ha consistido en el control de las variables del proceso de secado durante la campaña de recolección del maíz del otoño-invierno del 2003. Para ello, con una frecuencia de 15 minutos, se han medido diferentes parámetros del secadero mediante el uso de sondas internas de humedad y temperatura, y mediciones externas con aparatos de mano (termo-higrómetro y medidor de humedad estático).

Los parámetros medidos fueron los siguientes:

- tiempo entre extracciones (minutería),
- temperatura y humedad relativa del aire que entra al quemador,
- temperatura del aire de secado (dentro de los cangilones),
- temperatura y humedad relativa del aire a la salida del secadero,
- peso específico del grano antes y después del proceso de secado,
- temperatura y humedad relativa del grano a la entrada y salida del secadero,
- porcentaje de grano que parte el proceso de secado.

A partir de un número de muestras aceptable (226) se ha estimado la humedad extraída al grano durante su procesado y se han analizado las correlaciones entre los diferentes parámetros.

El proceso de trabajo para desarrollar este punto se describe a continuación:

1. En primer lugar, debemos desfasar los datos para unificar en cada muestra las características medias de secado de dicho grano. Los parámetros son controlados en tiempo real, lo cual implica que el grano entrante en el instante t_0 no se corresponda con el grano saliente en el mismo instante (t_0).

Para llevar a cabo el desfase se suman los kilogramos de grano procesado en cada «muestra» hasta el valor de la capacidad del secadero (26.000 kg) a partir de la cual volvemos a establecer otro periodo de permanencia. A partir de este momento, por lo tanto, se trabaja con datos desfasados.

2. Cálculo de la evaporación a partir de las medidas del contenido en agua (humedad) del grano entrante y saliente.

El objetivo es obtener la cantidad de agua que el proceso extrae al grano. Ya que en el muestreo tenemos un dato de humedad de grano a la entrada y otro a la salida, podemos obtener el porcentaje de humedad «evaporado» al grano.

$$\Delta HR = HR_{inicial_{grano}} - HR_{final_{grano}}$$

Para conocer la humedad total extraída al grano calculamos los kg que el secadero procesa en cada muestra (15 minutos), para lo cual necesitamos saber el número de extracciones que se produjeron en el tiempo definido para muestrear.

$$15 \text{ min} \cdot 60 \text{ s/min} = n^\circ \text{ extr.} \cdot 0,7 + n^\circ \text{ extr.} \cdot \text{minutería}$$

$$0,7 = \text{tiempo transcurrido en 1 extracción} = \text{Cte.}$$

Sabemos que como media se recogen 200 kg de grano en cada extracción, así que los kilogramos de grano procesados se pueden obtener del siguiente modo:

$$200 \text{ kg/extr.} \cdot n^\circ \text{ extr.} = \text{kg de grano procesados cada 15 min.}$$

Finalmente, calculamos el agua extraída multiplicando los kilogramos de grano procesados por los decrementos de humedad obtenidos anteriormente:

$$\text{kg de agua extraídos al grano} = \Delta HR \cdot \text{kg de grano procesados cada 15 min.}$$

3. Cálculo de la evaporación a partir del diagrama sicrométrico y de los datos de humedad relativa y temperatura del aire de entrada y salida del secadero.

El objetivo de este punto fue obtener la cantidad de agua que el aire evapora, para lo que se utiliza el diagrama sicrométrico. En este dato, a partir de los de *temperatura seca* y *humedad relativa* del aire, se obtienen los *gramos de agua por gramos de aire seco*.

De este modo se obtiene la cantidad de agua que lleva el aire medio que atravesó el grano durante cada muestra.

Para obtener los kilogramos de agua evaporada se necesitan los datos de volumen de aire seco que atraviesa el secadero en cada muestra (cada 15 minutos) y el incremento del contenido en agua del aire:

$$\text{Incremento de agua} = \text{g de agua} / \text{g de aire seco en aire de entrada} \\ - \text{g de agua} / \text{g de aire seco en aire de salida}$$

$$\text{Volumen de aire seco (por diseño)} = 54.600 \text{ kg aire seco} / \text{h}$$

$$\text{kg de agua} = 54.600 \text{ kg/h} \cdot 0,25 \text{ horas} \cdot \text{Incremento de agua}$$

4. Comparación de los datos obtenidos en los apartados anteriores y verificación de su idoneidad.

5. Análisis estadístico basado en regresiones de los parámetros de control del secadero.

En una primera etapa, se ha buscado la existencia de relación lineal entre dos variables cuantitativas mediante la regresión lineal complementada con diagramas de dispersión entre los parámetros de control. En una segunda fase y a sabiendas de la complejidad del proceso, se ha buscado un ajuste lineal óptimo en el que las variables sigan conjuntamente una ley normal multidimensional, para lo cual se ha utilizado la regresión lineal múltiple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 representa la gráfica de datos desfasados de humedad relativa de grano. Obsérvese que en este caso el número de muestras disminuye debido al proceso de desfase.

Recordando los objetivos planteados al comienzo del estudio y dada la importancia que la humedad relativa del grano seco posee para su conservación y posterior aprovechamiento, se define como *variable dependiente* la humedad relativa del grano seco (HRGSALIDA).

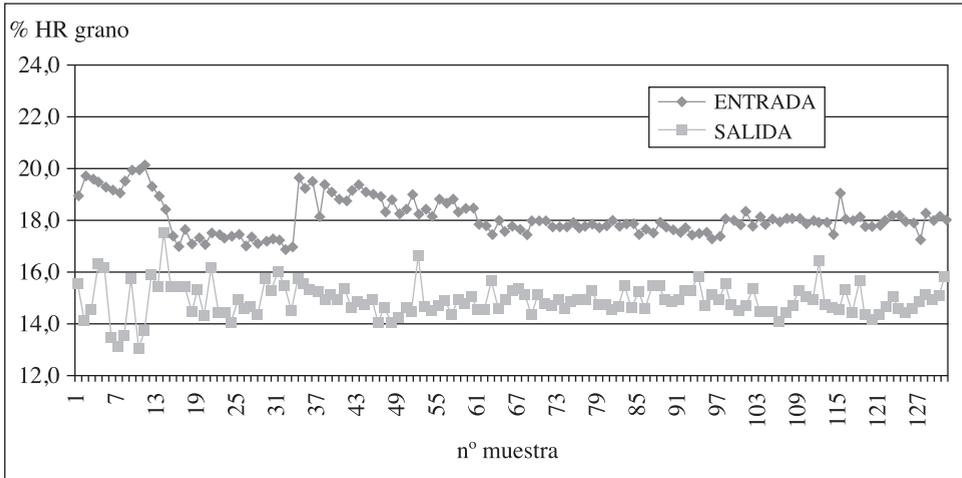


Fig. 2. Datos desfasados de humedad relativa.

Como *variables totalmente independientes* se toman: humedad relativa del grano húmedo (HRGENTRA), minutería o tiempo entre extracciones (TEXTRACC), temperatura de secado (TSECADO), temperatura de secado media (TSECADOM), humedad relativa del aire de entrada (HRNTRAD) y temperatura del aire de entrada (TNTRAD).

Como *variables independientes parciales* se definen los parámetros cuyos valores son función de las variables totalmente independientes. Las enumeramos a continuación: humedad relativa del aire de salida (HRSALIDA) y temperatura del aire de la salida (TSALID).

A continuación se detallan los valores medios y desviaciones típicas de las variables definidas en el presente estudio (Tabla II).

Analizando dicha tabla sorprende que el valor de la humedad del grano húmedo sea tan homogénea (desviación típica de 0,724) como la humedad del grano seco (desviación típica de 0,641). Además, se aprecia una alta variabilidad en la minutería o tiempo entre extracciones, parámetro este que utiliza el operario para regular el tiempo de permanencia del grano en el secadero, que indica un funcionamiento poco estable.

Este hecho refleja el modo real de funcionamiento de este tipo de secaderos en los que el operario gestiona arbitrariamente el tiempo de extracción

Tabla II. Estadísticas descriptivas de las diferentes variables.

| | <i>Media</i> | <i>Desviación típica</i> |
|----------|--------------|--------------------------|
| TEXTRACC | 73,924 | 11,905 |
| TNTRAD | 10,253 | 1,613 |
| HRNTRAD | 66,180 | 10,365 |
| TSECADO | 55,588 | 4,919 |
| TSECADOM | 55,219 | 3,967 |
| TSALID | 30,248 | 2,241 |
| HRSALID | 22,813 | 1,856 |
| HRGENTRA | 18,105 | 0,724 |
| HRGSALID | 14,876 | 0,641 |

para aumentar o disminuir la permanencia del grano en la torre de secado. Lógicamente, al tratarse de un proceso en continuo, este hecho afecta al secado del grano que se encuentra dentro del secadero (en la parte alta, por ejemplo) y que puede presentar, en función de su lugar de procedencia, contenidos en humedad diferentes al grano situado en la zona de salida.

Un primer análisis de comparación entre las diferentes variables se ha desarrollado mediante el estudio de las correlaciones existentes entre las mismas. La tabla III muestra los valores de correlación entre las variables analizadas en el estudio.

Es necesario recordar que el objetivo es la búsqueda de la relación de nuestra variable dependiente (HRGSALIDA) con el resto para poder deter-

Tabla III. Coeficientes de correlación entre las variables.

| | <i>Minuter</i> | <i>Tentrad</i> | <i>HRentra</i> | <i>Tint</i> | <i>Tintmed</i> | <i>Tsalida</i> | <i>HRsalida</i> | <i>HRgranE</i> | <i>HRgranS</i> |
|----------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Minuter | 1,00 | -0,13 | 0,23 | 0,30 | 0,30 | 0,15 | 0,23 | 0,09 | 0,03 |
| Tentrad | -0,13 | 1,00 | -0,57 | 0,34 | 0,41 | 0,69 | 0,31 | 0,35 | -0,03 |
| HRentra | 0,23 | -0,57 | 1,00 | -0,21 | -0,18 | -0,27 | 0,08 | -0,19 | 0,00 |
| Tint | 0,30 | 0,34 | -0,21 | 1,00 | 0,69 | 0,71 | 0,63 | 0,44 | -0,03 |
| Tintmed | 0,30 | 0,41 | -0,18 | 0,69 | 1,00 | 0,82 | 0,80 | 0,71 | -0,09 |
| Tsalida | 0,15 | 0,69 | -0,27 | 0,71 | 0,82 | 1,00 | 0,85 | 0,50 | -0,09 |
| HRsalida | 0,23 | 0,31 | 0,08 | 0,63 | 0,80 | 0,85 | 1,00 | 0,37 | -0,03 |
| HRganE | 0,09 | 0,35 | -0,19 | 0,44 | 0,71 | 0,50 | 0,37 | 1,00 | -0,12 |
| HRgranS | 0,03 | -0,03 | 0,00 | -0,03 | -0,09 | -0,09 | -0,03 | -0,12 | 1,00 |

minar de modo sencillo y eficaz los parámetros de control que el secadero necesita para ejecutar un proceso efectivo y ágil. Como se intuye a la vista de los diagramas de dispersión, no existe una relación lineal adecuada de la variable dependiente con el resto.

El objetivo principal del estudio es intentar obtener un sistema sencillo de control del secadero, ya que es bastante obvia la complejidad del proceso por entrar en juego los parámetros de difícil control. Del mismo modo, la bibliografía refleja la complejidad de este proceso y apuesta por su modelización de acuerdo con situaciones de contorno de cada uno de los cangilones del secadero. Este estudio, sin embargo, no es el objetivo de este trabajo, ya que requeriría un tiempo muy elevado para obtener conclusiones adecuadas.

Por lo tanto, se ha optado por analizar una regresión lineal múltiple que considere la influencia de cada variable independiente en un modelo a partir del cual podamos obtener el control del secadero, claro está, combinado con unos sistemas de control en continuo de los parámetros de secado del grano.

A continuación se muestran los datos obtenidos en uno de los análisis realizado. Dada la similitud en la consistencia del resultado, solo se muestra esta regresión como ejemplo.

```

      * * * *  M U L T I P L E   R E G R E S S I O N   * * * *
Equation Number 1          Dependent Variable      HRGSALID
Method: Enter: HRGENTRA, HRNTRAD, HRSALID, TEXTRACC, TSECADOM.

```

Variable(s) Entered on Step Number

1. TSECADOM
2. HRNTRAD
3. TEXTRACC
4. HRGENTRA
5. HRSALID

| | |
|-------------------|---------|
| Multiple R | 0,14298 |
| <i>R Square</i> | 0,02044 |
| Adjusted R Square | 0,01874 |
| Standard Error | 0,64651 |

Analizando los datos mostrados con anterioridad, se observa un coeficiente de determinación muy bajo que refleja la imposibilidad de proponer un modelo consistente basado en una regresión lineal múltiple.

Se podrían intentar nuevos tipos de regresiones no lineales. En este sentido, tras varios análisis, se ha optado por una regresión lineal múltiple doble, con un punto de discontinuidad.

Como ejemplo de este tipo de análisis se muestran los resultados obtenidos de acuerdo con la utilización de todas las variables de temperatura y humedad junto con la minutería (exceptuando, por lo tanto, la humedad del grano de entrada) para estimar la humedad del grano de salida. Las variables utilizadas son, por lo tanto:

- variable dependiente: HRGSALIDA;
- variables independientes: minutería o tiempo entre extracciones (TEXTRACC), temperatura de secado media (TSECADOM), humedad relativa del aire de entrada (HRNTRAD), temperatura del aire de entrada (TNTRAD), humedad relativa del aire de salida (HRSALIDA) y temperatura del aire a la salida (TSALID).

La figura 3 muestra la relación entre los valores de humedad del grano de salida observados y predichos. Esta regresión presenta una correlación R de 0,84 con una varianza explicada del 71%.

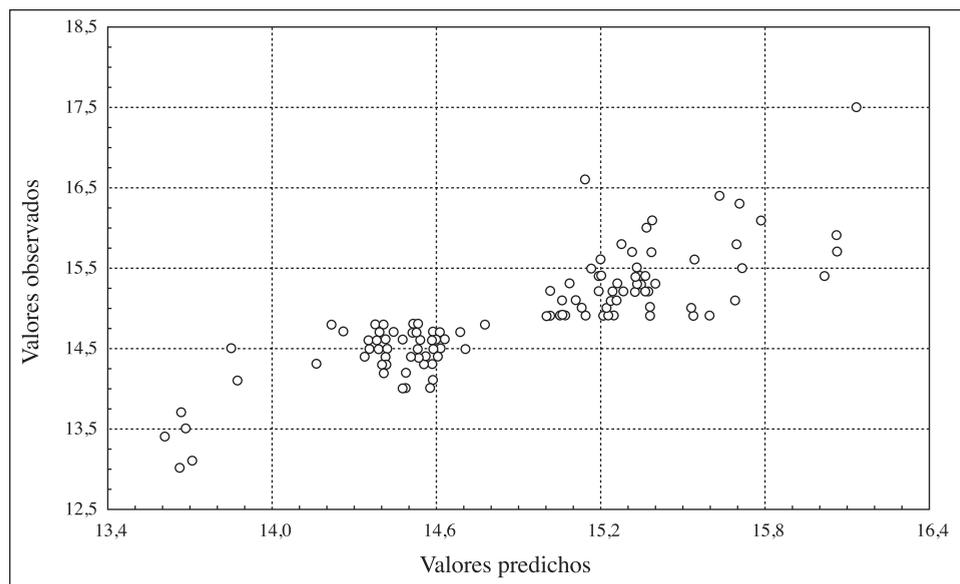


Fig. 3. Humedad relativa del grano de salida (%). Valores observados/predichos.

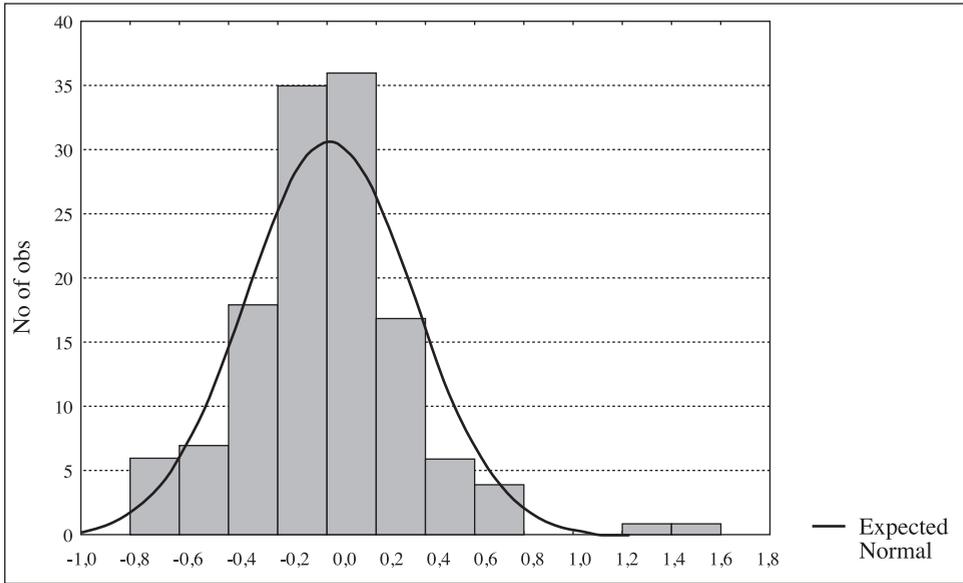


Fig. 4. Diagrama de distribución de los valores residuales.

Aparentemente, este tipo de correlaciones permiten estimar con un error máximo aproximado del 1% el contenido en humedad del grano de salida a partir de diferentes parámetros del proceso de secado.

En la misma línea, la figura 4 presenta un diagrama de distribución de los valores residuales obtenidos al comparar los valores de humedad del grano de salida (valores observados) frente a los valores obtenidos con el modelo (valores predichos). Es decir, la diferencia entre los valores reales y los obtenidos con la aplicación del modelo.

Como se puede apreciar, los valores residuales se comportan siguiendo una distribución normal. En la mayoría de los casos se obtienen desviaciones en el porcentaje de humedad relativa con valores comprendidos entre el 0,2 y el 0,4% con respecto a los valores observados.

La correlación calculada es de muy sencilla aplicación y presenta una aparentemente elevada potencialidad para ser implementada en continuo. Sin embargo, esta línea de análisis debe ser considerada simplemente como una posibilidad, que debe ser analizada en profundidad mediante sucesivos muestreos y comprobaciones, puesto que la linealidad existente entre las

variables independientes es muy escasa y, por lo tanto, hay que avanzar en esta línea de estudio que pretende encontrar relaciones sencillas.

CONCLUSIONES

La linealidad existente entre las variables o parámetros involucrados en el proceso de secado del grano (minutería, humedad relativa del aire, temperatura del aire y contenido en humedad del grano) es muy baja, por lo que no se pueden implementar de forma robusta correlaciones lineales múltiples que relacionen el contenido en humedad del grano de salida con algunas o todas las otras variables de secado.

En principio, parece posible la obtención de una ecuación matemática basada en correlaciones múltiples dobles (con un punto de discontinuidad) que permita obtener la humedad del grano de salida en función de los parámetros de temperatura y humedad relativa del aire de entrada y salida del secadero y del tiempo de permanencia del grano en él. En este sentido, esta línea de trabajo debe ser analizada con detenimiento, puesto que el volumen de datos utilizados para su obtención solo representa una campaña.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLGOOD, M. E.; ALLISON, J. M., y VELLIDIS, G. (1995). Automated peanut dryer control. *Applied Engineering in Agriculture*: 465-467.
- DOUGLAS, P. L.; SULLIVAN, G. R.; RUDOPH, V., y KEEY, R. B. (1994). Automatic moisture control of process dryers in de agriculture and food industries. *Proceedings of the 9th International Drying Symposium*, Gold coast, Australia, Volume A: 327-334.
- MONTROSS, M. D.; BAKKER-ARKEMA, W., e HINES, R. E. (1999). Moisture content variation and grain quality of corn dried in different high-temperature dryers. *American Society of Agricultural Engineers*, 42 (2): 427-433.
- MONTROSS, M. D., y MAIER, D. E. (2000). Simulated performance of conventional high-temperature drying, dryeration, and combination drying of shelled corn with automatic conditioning. *American Society of Agricultural Engineers*, 43 (3): 691-699.
- PRUNET, J. P., y BERGOUIGNOUX, Y. (1994). Towards optimum drier control. *Infos Paris*, n° 103: 36-38.
- QIANG LIU, F., y BAKKER-ARKEMA, W. (2001). Automatic Control of Crossflow Grain Dryers, Part 1: Development of a Process Model. *J. agric. Engng Res.* 80 (1): 81-86.

- QIANG LIU, F., y BAKKER-ARKEMA, W. (2001). Automatic Control of Crossflow Grain Dryers, Part 2: Design of a Model-Predictive Controller. *J. agric. Engng Res.* 80 (2): 173-181.
- QIANG LIU, F., y BAKKER-ARKEMA, W. (2001). Automatic Control of Crossflow Grain Dryers, Part 3: Field Testing of a Model-Predictive Controller. *J. agric. Engng Res.* 80 (3): 245-250.
- QIANG LIU, F., y BAKKER-ARKEMA, W. (2001). A model-predictive controller for grain drying. *Journal of Food Engineering*, 49: 321-326.
- SEMBERY, P. (1993). Achievements of improved grain moisture measurement and drier control. *Hugarian Agricultural Research*, 7-11.
- SEMBERY, P. (1996). Grain moisture measurement and drier control. *Boullletin of the University of Agricultural Sciences, Godollo*, Vol. 1: 285-292.
- SUN, L.; ARNAUD, G.; FOHR, J. P.; MUJUMDAR, A. S., y FILKOVA, I. (1991). Air flow in a corn drier. *Drying*, 91: 447-454.

**RADIOSEGUIMIENTO DE UN QUEBRANTAHUESOS
(*GYPÆTUS BARBATUS*) REPRODUCTOR EN EL PARQUE NATURAL
DE LA SIERRA Y LOS CAÑONES DE GUARA (ARAGÓN, ESPAÑA)**

Juan Antonio GIL*
Luis Alberto LONGARES**
Gonzalo CHÉLIZ*
Luis LORENTE*
Gerardo BÁGUENA*
Óscar DÍEZ*

RESUMEN.— Se presentan los resultados del radioseguimiento de un quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) reproductor en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (Aragón-España). El trabajo de campo se desarrolló entre los meses de marzo y junio del 2000, coincidiendo con las fechas posteriores a la eclosión del huevo y primeros meses de vida del pollo. Se obtienen datos sobre el tamaño del territorio y el área de campeo, los centros de actividad y la disponibilidad de alimento de la unidad reproductora. Para el análisis de los datos se han utilizado metodología y técnicas propias de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

ABSTRACT.— The results of the radio-tracking of Bearded Vulture (*Gypaetus barbatus*) reproductive in the Guara Natural Park (Aragón-Spain) area showed. The fieldwork was achieved between March and June of 2000,

* Fundación para la Conservación del Quebrantahuesos (FCQ). Pza. de San Pedro Nolasco, 1, 4º F. E-50001 ZARAGOZA. Telf./fax: 976 29 96 67. fcq@quebrantahuesos.org

** Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio (Universidad de Zaragoza) y FCQ.

coinciding with the dates after the appearance of the egg and first months of life of the chicken. Data are obtained on the size of the territory and home range, the activity centers and the food availability of the reproductive unit. The data has been analysed with Geographic Information System (GIS) methodology and techniques.

KEY WORDS.— Radiotracking, Bearded Vulture, territory, activity centers, home range, Geographic Information Systems (GIS).

INTRODUCCIÓN

El quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) es una especie ligada a zonas montañosas (HIRALDO *et al.*, 1979) compuestas por una variada gama de ecosistemas (pastizales, bosques, acantilados rocosos, etcétera), preferentemente desforestados y con buenas poblaciones de ungulados salvajes y domésticos (GIL *et al.*, 1998).

Su dieta está compuesta por restos óseos de ungulados domésticos y salvajes (HIRALDO *et al.*, 1979; HEREDIA, 1991; DONÁZAR, 1993), alimento escaso, disperso y de difícil detección.

En los buitres ibéricos (*Gyps fulvus*, *Aegypius monachus*, *Neophron percnopterus* y *Gypaetus barbatus*), el tiempo diario dedicado a la búsqueda de alimento, posiblemente es resultado del compromiso entre la disponibilidad de horas de luz y la de alimento (DONÁZAR, 1993).

Mientras el tamaño del área de campeo está directamente relacionada con el peso del ave, las especies de mayor tamaño poseen áreas de campeo extensas; el tamaño del territorio es mayor, cuanto menor sea la tendencia de la especie a nidificar colonialmente (DONÁZAR, 1993).

En los buitres ibéricos se han realizado muy pocos estudios de radioseguimiento sobre las áreas de campeo de adultos reproductores (DONÁZAR y CEBALLOS, 1987; CEBALLOS y DONÁZAR, 1988b; CAMPOS y LEKUONA, 1998; CORBACHO *et al.*, 2001).

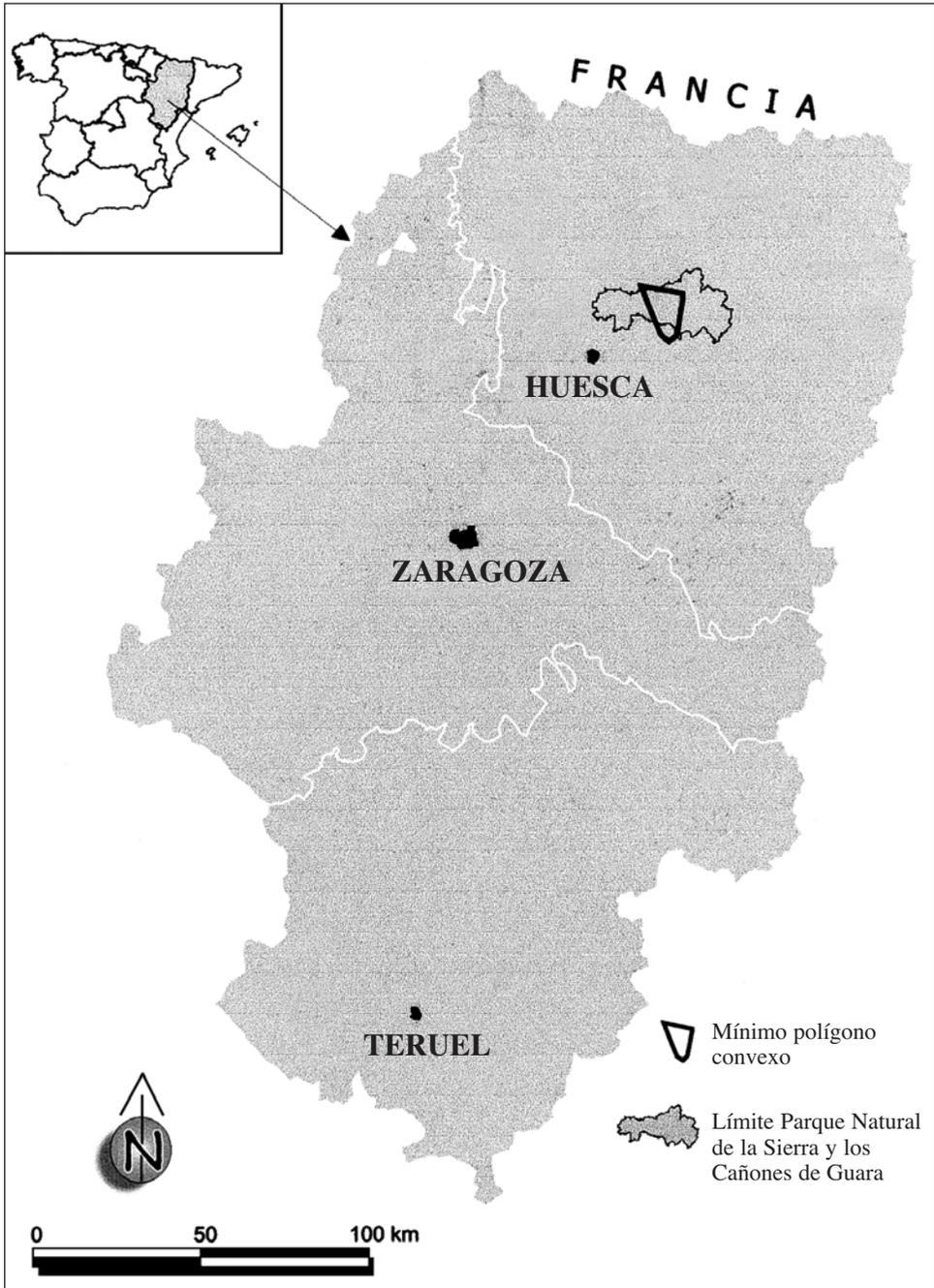
En 1992 se realizó un primer estudio con técnicas de radioseguimiento de las áreas de campeo de dos jóvenes quebrantahuesos en los Pirineos (España) (GIL y DíEZ, 1993). Posteriormente, y gracias al programa de captura, marcaje y radioseguimiento de quebrantahuesos desarro-

llado por la Fundación para la Conservación del Quebrantahuesos (FCQ) y financiado por el Gobierno de Aragón (GA) y la UE (LIFE e INTERREG), se han marcado 83 quebrantahuesos entre 1994 y 2005 (38 pollos, 39 preadultos y 6 adultos), con el fin de estudiar las tasas de supervivencia, las causas de mortalidad, la edad de primera reproducción, el tamaño de la población preadulto (ANTOR, 2003) y los patrones de dispersión juvenil. Uno de los ejemplares marcados en 1997 denominado «Hegoa» (GUIRAL *et al.*, 1997) fue objeto del estudio que se expone a continuación. En el trabajo se pretende obtener información sobre el conocimiento del territorio (zona defendida de otros congéneres y ocasionalmente de individuos de otra especie), centros de actividad (porción del área de campeo utilizada con mayor frecuencia), área de campeo (superficie de terreno que el ejemplar o la unidad reproductora conoce y patrulla habitualmente) (WILSON, 1975) y disponibilidad de alimento de la unidad reproductora (UR).

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se sitúa en la parte central y más elevada de las sierras exteriores (Prepirineo aragonés), concretamente en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (47.450 ha), al norte de las comarcas de la Hoya de Huesca y el Somontano de Barbastro (Mapa 1). Posee elementos originados por procesos de modelado periglacial, cárstico y fluvio-cárstico, que configuran un paisaje singular (gleras, dolinas, simas, cañones...). Es cabecera de los ríos prepirenaicos que drenan la sierra, con aguas de gran calidad, hacia el norte uniéndose con los ríos pirenaicos y hacia el sur abasteciendo buena parte de los somontanos previos a la depresión del Ebro. El fuerte contraste climático entre la vertiente norte y la sur y el gradiente altitudinal acusado (de 430 a 2.077 m s. n. m.), producen una gran diversidad de biotopos: encinares, prados, hayedos, etcétera. La sierra de Guara es el límite meridional de muchas plantas alpinas y eurosiberianas y de algunos vertebrados pirenaicos. En el Parque se ubican el 18% ($n = 56$ URs) de las URs de la especie en Aragón (FCQ, 2004).



Mapa 1. Área de estudio.

Captura

Seleccionada el área de captura en un Punto de Alimentación Suplementaria (PAS) de quebrantahuesos del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara y colocado el material («hide», red, etcétera), se captura el ejemplar mediante una red de cañón de 12 x 10 m (BLOOM, 1987).

Marcaje

Para el marcaje del ejemplar se utilizaron marcas de corta duración —decoloración en plumas (primarias y rectrices)— y de larga duración —anillas metálicas anodizadas, bandas alares plásticas y radio-emisor (Tabla I)—. Se calculó el peso total del material colocado (180 g), con el fin de no superar el 5% del peso del ave (CALVO y FURNESS, 1992; KENWARD, 1987). El peso del material colocado fue del 3% con respecto al peso del ejemplar.

Tabla I. Datos sobre el marcaje del quebrantahuesos «Hegoa».
Table I. Date of the marking of Bearded Vulture «Hegoa».

| | |
|--|---|
| <i>Fecha</i> | 31-1-1997 |
| <i>Paraje</i> | Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara |
| <i>Decoloración</i> | Plumas primarias 5-7 (ala izquierda) y plumas rectrices 1-2 (izquierda) |
| <i>Anilla metálica</i> | Tarso derecho (color azul, nº 12.025) y tarso izquierdo (color plateado) |
| <i>Bandas alares</i> | Ala derecha color azul y ala izquierda color amarillo |
| <i>Radio-emisor</i> | VHF Compañía Biotrack. Modelo TW-5 (frecuencia 150.852 Mhz). Duración 4-5 años. Rango de recepción 40-50 km. Con sensor de movimiento (vuelo y posado). Fijación mediante arnés de silicona con funda de teflón |
| <i>Peso</i> | 5,920 kg |
| <i>Sexo</i> | Hembra |
| <i>Edad</i> | 5 años (subadulto) |
| <i>Muestras sanguíneas y biometría</i> | Para sexaje, ADN y análisis toxicológicos |
| <i>Duración del marcaje</i> | 1,10 h |

Radioseguimiento

Conocida la situación del ejemplar, como adulto integrante de una UR n° 52 y que había concluido con éxito por primera vez la reproducción en 1999, se realizan las siguientes labores de radioseguimiento:

— Visitas entre marzo y junio del 2000: 16 días de seguimiento. En cada prospección se determinó la localización geográfica del ejemplar, mediante técnicas de triangulación (KENWARD, 1976) y observación visual (prismáticos 8 x 32 y catalejo 20 x 60). Para ello se escogieron previamente tres puntos desde donde realizar las tomas radiotelemétricas. Se utilizó un receptor Wildlife Materials TRX 1000S y una antena modelo yagui.

Disponibilidad de alimento

Para calcular la disponibilidad de alimento de la UR n° 52, se ha asumido una mortalidad media anual del 3% para el ganado doméstico (CANUT *et al.*, 1987; LORENTE, 1996) y una biomasa aprovechable por cadáver de ovino estimada de 5,5 kg (MARGALIDA *et al.*, 1997).

Sistemas de Información Geográfica

Para la obtención y el tratamiento de los datos se han empleado SIG (ArcView 3.2), para la integración de las coordenadas procedentes de la toma de datos en el campo. Mediante esta tecnología se ha delimitado el Mínimo Polígono Convexo (MPC) (extensión de ArcView Animal Movement), derivado de las localizaciones obtenidas tras el seguimiento. También se calcula por medio de la extensión de ArcView Spider Distance Analysis, el radio desde el punto central de la totalidad de las localizaciones del MPC. Dentro de este espacio circular, además de quedar englobadas las localizaciones del ejemplar, se ubican también la totalidad de nidos conocidos para la UR, así como los puntos de alimentación, posaderos y rompederos utilizados.

RESULTADOS

Unidad reproductora

En 1997 se observa a esta unidad reproductora (constituida por dos ejemplares) construir el nido, que en 1999 utilizará por primera vez. Reali-

zaron la puesta de los huevos entre el 9 y el 15 de febrero. El pollo nació entre el 1 y el 7 de abril y voló en julio. Las marcas utilizadas para el seguimiento del ejemplar no interfirieron en el desarrollo normal de la reproducción. En el año 2003 la hembra abandonó el territorio, que fue ocupado por otro ejemplar, y apareció en un nuevo territorio situado a 56 km.

Territorio

El área de nidificación se localiza en una pequeña pared caliza de unos 50 m de altura, rodeada por un encinar (*Quercus rotundifolia*), manchas de matorral de montaña (*Buxus sempervirens*, *Juniperus communis*, etcétera) y zonas despejadas de vegetación (gleras). El nido está situado en una cueva de exposición sur (a unos 25 m del suelo), a 1.175 m s. n. m. de altitud. Este aspecto contribuye, sin duda alguna, a moderar las condiciones climáticas de este espacio, que registra temperaturas medias anuales de 10,9 °C, pero con medias durante la puesta de 2,8 y 3 °C durante la incubación, observándose datos mínimos de -9 °C en ambos periodos (LONGARES, 2003). La zona que rodea al nido fue defendida por la hembra de conespecíficos y otras especies en varias ocasiones (n = 10): dos ataques a alimoches (*Neophron percnopterus*), dos a buitres leonados (*Gyps fulvus*), uno a cuervo (*Corvus corax*) y cinco a quebrantahuesos jóvenes, en un radio máximo de 1.000 m. El nido estaba situado a una distancia inferior a 50 m de un nido de alimoche y de halcón peregrino (*Falco peregrinus*).

Centros de actividad

En 129 horas de seguimiento en periodo de luz solar, la hembra dedicó el 54% de su tiempo a la actividad de vuelo (búsqueda de alimento y defensa del nido) (n = 70 h) y el 46% a permanecer posada (consumo de alimento, mantenimiento del plumaje y cuidado del pollo) (n = 59 h).

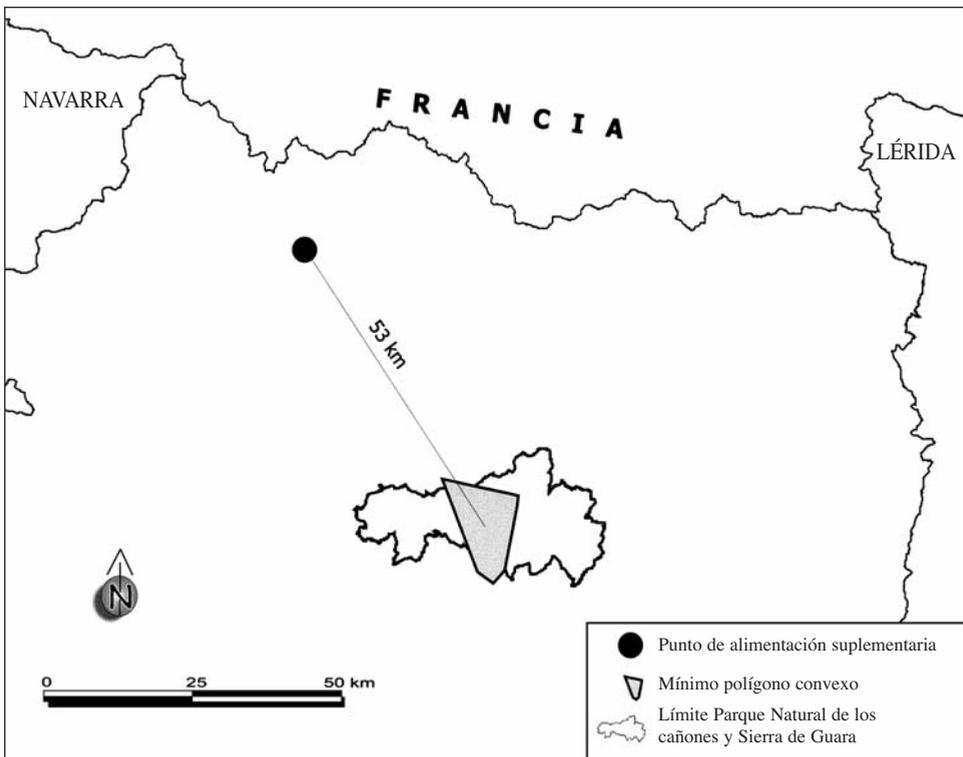
Puntos de alimentación

Se observó que la hembra utilizaba tres puntos con alimento regular y dos con alimento ocasional (carroñadas) (Mapa 3). Dos de los puntos con

alimento regular son muladares abastecidos por ganaderos (ovino y caprino) y uno es un PAS específico para quebrantahuesos abastecido por el Gobierno de Aragón (2.000 kg anuales de media, de extremidades de ovino, procedentes de mataderos) (Mapa 3). Se observó la utilización de los puntos de alimentación en 13 ocasiones, siendo el PAS el más utilizado (61,5%) y el más cercano (a 2.655 m). La distancia media de los puntos de alimentación al nido es de 5.075 m (rango 2.655 m-8.370 m, n = 5).

Rompederos

Se observó la utilización de tres rompederos en cinco ocasiones (Mapa 3). La distancia media de los rompederos al nido es de 1.869 m (rango 440 m-3.678 m, n = 3).



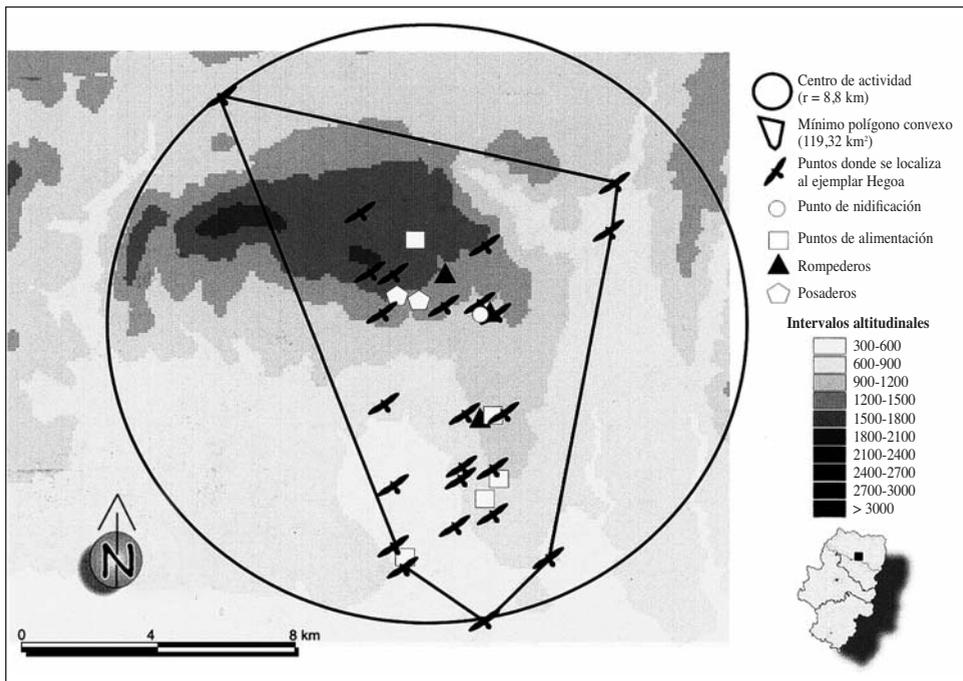
Mapa 2. Desplazamiento de «Hegoa» desde su territorio a un punto de alimentación suplementario.

Posaderos

Se observó la utilización de dos posaderos (Mapa 3), situados a 1.960 y 3.678 m del nido, respectivamente, que fueron utilizados para alimentarse, descansar y asearse.

Área de campeo

Se obtienen un total de 121 localizaciones (marzo/junio del 2000). Tan solo una localización se registra fuera del MPC. Concretamente el día 8-3-2000 «Hegoa» realiza un desplazamiento de ida y vuelta entre el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara y un PAS situado en la Jacetania (53 km lineales) (Mapa 2). El área de campeo resultante del MPC posee una superficie de 119,32 km² y un radio de 8,8 km (Mapa 3). La media altitudinal del área de campeo es de 1.265 m s. n. m. (rango 630 m/1.900 m), con una topografía contrastada, aunque sin presencia de grandes cortados. Predomi-



Mapa 3. Datos espaciales obtenidos tras el radioseguimiento de «Hegoa».

nan las litologías calcáreas, con una importante alteración y erosión diferencial, que facilita la existencia de una importante oferta de cuevas y repisas para la ubicación de nidos. La orientación predominante de los cortados es sur (90%), lo cual le otorga un elevado coeficiente de insolación (80%). La mayor parte del área de campeo está ocupada por terreno abierto con presencia de matorral bajo y pastizal (60,1%) y escasa presencia de tierras de cultivo, a este le sigue en importancia la cubierta forestal (39,7%). Es destacable la ausencia de vías de comunicación pavimentadas, tendidos eléctricos y núcleos de población superiores a 100 habitantes (estando el más próximo a 3,4 km lineales del punto de nidificación), con una baja densidad de población (<1 hab./km²) y con presencia de varios enclaves en los que se desarrollan actividades de ocio y tiempo libre (escalada y barranquismo), todas alejadas al menos 3 km lineales del punto de nidificación (LONGARES, 2003).

Disponibilidad de alimento

Para el cálculo de la disponibilidad de recursos alimenticios de la UR, solo se ha tenido en cuenta la densidad de ganado (ovino y caprino) en el área de campeo (21,5 cabezas de ganado/km²). No se ha tenido en cuenta la existencia de los ungulados salvajes presentes en un coto de caza privado (datos del año 2001): 153 ciervos (*Cervus elaphus*), 156 gamos (*Gama dama*), 155 muflones (*Ovis musimon*), 100 cabras monteses (*Capra pyrenaica*), y del PAS del Gobierno de Aragón, ya que no se ha podido calcular la disponibilidad que podía tener la especie de estos recursos tróficos. La estima resultante de disponibilidad de alimento de la UR es de 418 kg anuales.

DISCUSIÓN

El espacio defendido alrededor del nido —radio máximo— obtenido en el presente trabajo, es mayor a los hallados en otros estudios: 200 m (HIRALDO *et al.*, 1979), 300 m de radio (BERTRÁN y MARGALIDA, 2002*b*) y 500 m (BROWN, 1988).

Los recursos alimenticios disponibles para la UR son superiores a los necesarios para el mantenimiento anual de una UR (341 kg UR/año) según MARGALIDA *et al.* (1997). Con los recursos alimenticios estimados, la UR

tiene cubiertas sus necesidades tróficas, faltando por incluir los recursos tróficos no calculados del coto de caza privado y del PAS.

El tiempo dedicado por la hembra a la actividad de vuelo (búsqueda de alimento) es menor que el obtenido por Brown en Sudáfrica con la subespecie *Gypaetus barbatus meridionalis*: dedica un 77% del tiempo a esa actividad (BROWN, 1988). Posiblemente dedique menos tiempo al vuelo debido a que el área de campeo es muy rica en recursos tróficos.

La distancia media de los rompederos al nido es mayor a la obtenida en otros trabajos: $789,3 \pm 376,5$ (175-2.400 m, n = 14) (MARGALIDA y BERTRÁN, 2001) y 973 m (820-1.200 m, n = 3) (GÓMEZ, 1999). El área circundante al nido está cubierta por una densa mancha de encinar.

El área de campeo obtenida en el presente trabajo es menor que la hallada en otros estudios: 200 km² (Prepirineo) (HIRALDO *et al.*, 1979), 300 km² (Pirineo francés) (TERRASE *et al.*, 1960), 500-700 km² (Pirineo catalán) (MARGALIDA y GARCÍA, 2002), 500 km² (Macedonia) (GRUBAC, 1990), 140-200 km² (Etiopía) (BROWN, 1977) y 350-700 km²-15 km de radio (Sudáfrica) (BROWN, 1988). Tan solo el último trabajo fue realizado mediante técnicas de radioseguimiento, el resto de las estimaciones se obtuvieron mediante observación directa. Posiblemente el área de campeo sea menor debido a poseer gran cantidad de recursos alimenticios. Únicamente se registra un desplazamiento a gran distancia (durante la época de incubación), a un PAS. Este desplazamiento es mayor que el obtenido por MARGALIDA y GARCÍA (2002) (20 km).

Por último, la incorporación de un SIG en el manejo y análisis de los datos obtenidos en campo, se ha mostrado como una eficaz herramienta para la obtención de parámetros e información de diversos aspectos relacionados con el objeto de estudio, facilitando en muchas ocasiones y posibilitando en otras la obtención de datos diversos que contribuyen a un análisis más detallado.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas administraciones y personas que han facilitado la realización de este trabajo: Depar-

tamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, Unión Europea a través de los fondos LIFE (Plan de Recuperación del Quebrantahuesos en los Sistemas Montañosos del Noreste de España 1998-2002), Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, Julio Guiral, Ramón Antor y Emma Castillo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTOR, R. (2003). El impacto del veneno en la población no reproductora de quebrantahuesos. *Revista Quercus*, cuaderno, 212: 14-20.
- BERTRÁN, J., & MARGALIDA, A. (2000b). Territorial Behaviour of the Bearded Vulture in Response to the Griffon Vulture. *Journal of Field Ornithology*, 73: 86-90.
- BLOOM, P. H. (1987). *Capturing and handling raptors*. En, GIRON, B.; MILLSAP, B.; CLINE, K., & BIRD, D. (eds.). Raptor management techniques manual. Institute for Wildlife Research National Wildlife Federation. Scientific and Technical Series, nº 10.
- BROWN, L. H. (1977). Status, population, structure and breeding dates of the African Lammergeier (*Gypaetus barbatus meridionalis*). *Raptor Research*, 11: 49-58.
- BROWN, C. J. (1988). *A Study of the Bearded Vulture Gypaetus barbatus in Southern Africa*. Tesis doctoral. Universidad de Natal. Sudáfrica.
- CALVO, B., & FURNESS, R. W. (1992). A review of the use and the effects of marks and devices on birds. *Ringling & Migration*, 13: 129-151.
- CAMPOS, F., & LEKUONA, J. M. (1998). *Marcaje y seguimiento de buitres leonados (Gyps fulvus) en Navarra e importancia de sus dormideros (octubre de 1997-marzo de 1998)*. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra. Informe inédito.
- CANUT, J.; GARCÍA, D.; HEREDIA, R., & MARCO, X. (1987). Estatus, características ecológicas, recursos alimenticios y evolución del quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) en la vertiente sur de los Pirineos. *Acta Biológica Montana*, 7: 83-99.
- CORVACHO, C.; COSTILLO, E.; LAGO, G., & MORÁN, R. (2001). Effect of Breeding Cycle on Foraging Areas and Home-Range of Black Vulture (*Aegypius monachus*) in Extremadura. 4 th. Eurasian Congress on Raptors Seville. 25-29 September 2001.
- DONÁZAR, J. A., & CEBALLOS, O. (1987). *Uso del espacio y tasas reproductoras en el alimoche (Neophron percnopterus)*. Informe inédito. ICONA. Madrid.
- DONÁZAR, J. A., & CEBALLOS, O. (1988b). Alimentación y tasas reproductoras del alimoche (*Neophron percnopterus*) en Navarra. *Ardeola*, 35: 3-15.
- DONÁZAR, J. A. (1993). *Los buitres ibéricos: biología y conservación*. Madrid. J. M. Reyero Editor.

- FUNDACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DEL QUEBRANTAHUESOS (2004). *Informe de actividades: estudio y conservación del quebrantahuesos en Aragón. 1º semestre de 2004. Por un Pirineo Vivo Interreg III-A*. Gobierno de Aragón. Departamento de Medio Ambiente. Informe inédito.
- GIL, J. A., & DíEZ, O. (1993). Dispersión juvenil del quebrantahuesos en el Pirineo. *Revista Quercus*, cuaderno 91: 13-16.
- GIL, J. A.; DíEZ, O.; LORENTE, L., & BÁGUENA, G. (1998). Quebrantahuesos. En SAMPIETRO, F. J.; PELAYO, E.; HERNÁNDEZ, F.; CABRERA, M., & GUIRAL, J. (eds.). *Aves de Aragón. Atlas de Especies Nidificantes*. Diputación General de Aragón e Ibercaja, pp. 104-105.
- GÓMEZ, D. (1999). *Pájaro de barro. Historias, anécdotas y biología de los últimos quebrantahuesos españoles*. Prames ediciones.
- GRUBAC, B. (1990). *Bradán Gypaetus barbatus*. Sarajevo.
- GUIRAL, J.; GIL, J. A.; BÁGUENA, G.; DíEZ, O., & LORENTE, L. (1997). *Programa Técnico de Estudio y Conservación del Quebrantahuesos (Gypætus barbatus) en Aragón. Memoria: Conservación, temporada 1997*. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. Fundación para la Conservación del Quebrantahuesos. Informe inédito.
- HEREDIA, R. (1991). Alimentación y recursos alimenticios. En HEREDIA, R., & HEREDIA, B. (eds.). *El quebrantahuesos (Gypætus barbatus) en los Pirineos, características ecológicas y biología de la conservación*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. ICONA. Colección Técnica.
- HIRALDO, F.; DELIBES, M., & CALDERÓN, J. (1979). *El Quebrantahuesos Gypætus barbatus L. Sistemática, taxonomía, biología, distribución y protección*. Madrid. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Monografías nº 22.
- KENWARD, R. E. (1976). The effect of predation by goshawks. *Accipiter gentilis*, on wood-pigeon, *Columba palumbus* populations. D. Phil. Thesis. Oxford: 284.
- KENWARD, R. E. (1987). Wildlife radio-tagging. Equipment, field techniques and data analysis: 222. London. Academic Press.
- LONGARES, L. A. (2003). *Zoogeografía ecológica del quebrantahuesos (Gypætus barbatus) en Aragón. Análisis y valoración de los factores ecogeográficos en relación con la reproducción*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. Inédito.
- LORENTE, L. (1996). Disponibilidad de recursos alimenticios para el quebrantahuesos (*Gypætus barbatus*) en el Pirineo aragonés. *Lucas Mallada*, 8: 109-199.
- MARGALIDA, A.; GARCÍA, D., & HEREDIA, R. (1997). Estimación de la disponibilidad trófica para el quebrantahuesos (*Gypætus barbatus*) en Cataluña (NE de España) en implicaciones sobre su conservación. *Doñana Acta Vertebrata*, 24: 235-234.
- MARGALIDA, A., & BERTRÁN, J. (2001). Function and Temporal Variation in the Use of Ossuaries by Bearded Vultures (*Gypætus barbatus*) during the nestling period. *Auk*, 118: 785-789.

- MARGALIDA, A., & GARCÍA, D. (2002). *Plan de recuperación del quebrantahuesos en Cataluña: biología y conservación*. Documentos de los Cuadernos de medio ambiente. Departamento de Medio Ambiente.
- TERRASSE, J. F.; TERRASSE, M., & BOUDOINT (1960). Observations sur la reproduction du Vautour fauve, du Percnoptere et du Gypaete barbu dans les Basses-Pyrenees. *Alauda*, 28: 241-257.
- WILSON, E. O. (1975). *Sociobiology, the new synthesis*. Belknap Press of Harvard Univ. Press. Cambridge. Massachusetts.

ALIMENTACIÓN DE LA NUTRIA EN DIFERENTES HÁBITATS DE LA PROVINCIA DE HUESCA

R. MIRANDA¹
C. GARCÍA-FRESCA¹
A. MARTÍNEZ DE LIZARRONDO¹
P. BARRACHINA²

RESUMEN.— Se presentan los resultados de la dieta de la nutria en diferentes localizaciones de la provincia de Huesca, abarcando los distintos hábitats que presenta la provincia, desde el característico de la alta montaña pirenaica hasta el puramente mediterráneo de la parte baja del Ebro. Los resultados muestran que la nutria se alimenta de aquellos recursos alimenticios más abundantes en el medio acuático, englobando un amplio abanico de presas, y adaptándose a las circunstancias particulares de su área territorial. El conocimiento del comportamiento trófico es una herramienta imprescindible en la gestión y conservación de esta especie.

ABSTRACT.— Otter diet results on different localities of Huesca province are showed, including the principal habitats of province, with Pyrenean High Mountain habitat or purely Mediterranean habitat of down area of Ebro basin. The results show that the otter fed on more abundant trophic resources, containing a wide range of preys, and the otter adapt to particular

¹ Departamento de Zoología y Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Navarra. Irunlarrea, s/n. E-31080 PAMPLONA. rmiranda@unav.es

² Diputación General de Aragón. Subdirección de Medio Ambiente de Huesca. C/ General Lasheras, 8. E-22003 HUESCA. pbarrachina@aragon.es

characteristics of the territorial area. The knowledge of trophic behaviour is an essential tool on management and conservation of this species.

KEY WORDS.— Otter, *Lutra lutra*, diet, food preferences, spraint analysis, Huesca (Spain).

INTRODUCCIÓN

La nutria euroasiática, *Lutra lutra* (LINNAEUS, 1758) se extiende por toda Europa, el norte de África y gran parte de Asia (MITCHELL-JONES *et al.*, 1999). Aunque el área de distribución de la nutria es muy amplia, esta especie se ha visto seriamente amenazada por causas humanas. En España sus poblaciones son abundantes en la vertiente occidental, principalmente en Galicia y Extremadura (RUIZ-OLMO y DELIBES, 1998) y en los últimos años se ha observado una importante recuperación en toda la Península.

En la provincia de Huesca, las poblaciones de nutrias se han recuperado ostensiblemente, según los sondeos realizados en 1984-1985 (RUIZ-OLMO *et al.*, 1990) y 1994-1995 (RUIZ-OLMO y PALAZÓN, 1998). Las causas de esta mejora son, principalmente, la disminución de los niveles de compuestos organoclorados y la recuperación de los lechos y riberas después de las riadas de octubre de 1982, que afectaron gravemente a los ríos altoaragoneses.

Aunque el futuro de la nutria en Huesca es prometedor, no debemos olvidar que esta especie es muy sensible y vulnerable. La contaminación de los ríos, la alteración del hábitat y la falta de recursos alimenticios son algunas de las principales amenazas para sus poblaciones. Por otro lado, la nutria se ha considerado un presumible competidor de los pescadores y fue perseguida hasta el año 1973, en que fue considerada «estrictamente protegida» (Decreto 2573/73). El conocimiento de las necesidades tróficas es una importante herramienta a la hora de proteger esta especie.

El objetivo de este trabajo es analizar la dieta de la nutria en cuatro tramos de río de zonas claramente distintas (para abarcar un espectro de variabilidad significativo en su dieta) con el fin de conocer cuáles son los requerimientos alimenticios y aportar nuevos datos sobre la biología trófica de esta especie emblemática.

ÁREA DE ESTUDIO

Se han estudiado cuatro tramos de río que, por sus características, representan distintos hábitats donde vive la nutria en Huesca y, por lo tanto, distintos patrones de alimentación para este mustélido. Por un lado, dos ríos de montaña, el Cinqueta y el Ara, un río del área prepirenaica, el Isábena, y, por último, un río típicamente mediterráneo, el Matarraña.

El río Cinqueta es un río situado en el Pirineo aragonés, y el tramo analizado (La Inclusa) se sitúa a una altitud de 1.550 m. Es afluente del río Cinca, en el que desemboca en la localidad de Salinas. Sus características son las propias de un río de alta montaña, con una fuerte pendiente, abundante vegetación arbustiva en las orillas y sustrato formado principalmente por roca madre, piedras y cantos rodados. La población de peces es salmonícola, formada exclusivamente por truchas (*Salmo trutta*) y algunos ejemplares de piscardo (*Phoxinus phoxinus*).

El río Ara, como el anterior, es un río situado en el Pirineo oscense. Aunque el tramo estudiado (Sarvisé) no está situado a tanta altitud como el anterior (870 m s. n. m.), la fauna que presenta es típicamente salmonícola. El río queda flanqueado por un bosque de ribera compuesto por ejemplares de *Populus nigra*, *Salix atrocinerea*, *Pinus sylvestris* y *Abies alba*, así como algunas especies de arbustos como *Rubus ulmifolius* o *Buxus sempervirens*.

El Isábena es un río pirenaico que nace al pie del Monte Gallinero y termina en Graus cediendo sus aguas al río Ésera. La zona estudiada corresponde al área prepirenaica, el tramo de la desembocadura en Graus (469 m s. n. m.), con características propias de río de llanura. La pendiente del río es suave y presenta una densa vegetación ribereña compuesta por juncos y matorrales del género *Salix*. El sustrato del río está formado por cantos y gravas, con amplias zonas de limos y arcillas, y la población de peces es ciprinícola.

El río Matarraña está situado en la zona baja de la cuenca del Ebro. El tramo estudiado (Las Faixas, 92 m s. n. m.) es de corriente media en su parte baja y nula en el límite superior. Las orillas presentan escasa inclinación y abundante vegetación, con caña, carrizo y sauces. El sustrato del río está formado principalmente por cantos y gravas, y la población de peces es ciprinícola.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los tramos estudiados así como la fecha de colecta de los excrementos se muestran en la tabla I. Los excrementos localizados se recogieron en pequeñas bolsas de plástico o en botes y se transportaron hasta el laboratorio donde fueron analizados. El muestreo fue realizado por los autores y miembros de la Subdirección de Medio Ambiente de Huesca de la Diputación General de Aragón.

Tabla I. Número de excrementos recopilados en los tramos estudiados y fecha en la que se realizaron estas recopilaciones.

| <i>Río</i> | <i>Localidad</i> | <i>Fecha</i> | <i>Nº de excrementos</i> |
|------------|------------------|--------------|--------------------------|
| Cinqueta | La Inclusa | 04/07/01 | 36 |
| Ara | Sarvisé | 22/03/01 | 28 |
| Isábena | Graus | 25/07/01 | 24 |
| Matarraña | Las Faixas | 11/07/01 | 34 |

Se estudiaron un total de 122 excrementos recolectados en los tramos estudiados (36 del río Cinqueta, 28 del Ara, 24 del Isábena y 34 del Matarraña). Aunque los autores reconocen que las muestras son relativamente pequeñas para cada sitio, se ha estimado que 10-15 heces eran suficientes para estimar una buena aproximación de las principales presas en la dieta de las nutrias en el Reino Unido (MASON & MACDONALD, 1980).

Para su estudio, las heces se secaron y se pesaron con una báscula de precisión (0,01 g). Los pesos de las distintas localidades estudiadas fueron comparados mediante un Análisis de la Varianza y contrastados con el test a posteriori de Tukey (SOKAL y ROLFH, 1986).

Posteriormente, se disolvieron en agua y se separaron las piezas óseas o córneas, con la ayuda de una lupa binocular. Las piezas separadas se almacenaron en tubos de plástico debidamente etiquetados.

Para la determinación de los restos alimenticios se utilizaron distintos trabajos que permiten la identificación de huesos de peces (LIBOIS & HALLET-LIBOIS, 1988; ROSELLÓ, 1989; PRENDA *et al.*, 1997; MIRANDA y ESCALA, 2001), restos óseos de anfibios (WEBER, 1989; CONROY *et al.*, 1993) o plumas de aves o pelos de mamíferos (DAY, 1966). A partir de las piezas identificadas se determinó el número de presas ingeridas.

A partir de los datos obtenidos se calcularon las siguientes variables (CONROY *et al.*, 1993): 1) la frecuencia de aparición (FA), donde todos los restos de cada especie en un excremento representan solo un espécimen, es calculada como el porcentaje de veces que aparece una especie en todos los excrementos de una muestra; 2) la frecuencia relativa total (FRT), que es el porcentaje de ejemplares identificados de cada especie respecto al total de individuos identificados, y 3) la media de aparición (MA), calculada como la media del número de ejemplares que aparecen por excremento.

RESULTADOS

El análisis del peso presenta diferencias significativas entre las distintas localidades estudiadas ($F_{3,118} = 4.18$, $p < 0,01$), observándose una variación inversamente proporcional a la altitud de la zona estudiada (Fig. 1). El test a posteriori de Tukey muestra diferencias significativas entre el río Cinqueta y los ríos Isábena (diferencia entre medias: $0,53 \pm 0,21$; $p < 0,05$) y Matarraña (diferencia entre medias: $0,60 \pm 0,19$; $p < 0,05$). La media de los pesos de los excrementos recolectados en el río Ara, si bien es relativamente baja, no presenta diferencias significativas con respecto a las otras muestras y se encuentra en una posición intermedia entre el río Cinqueta y los ríos Isábena y Matarraña.

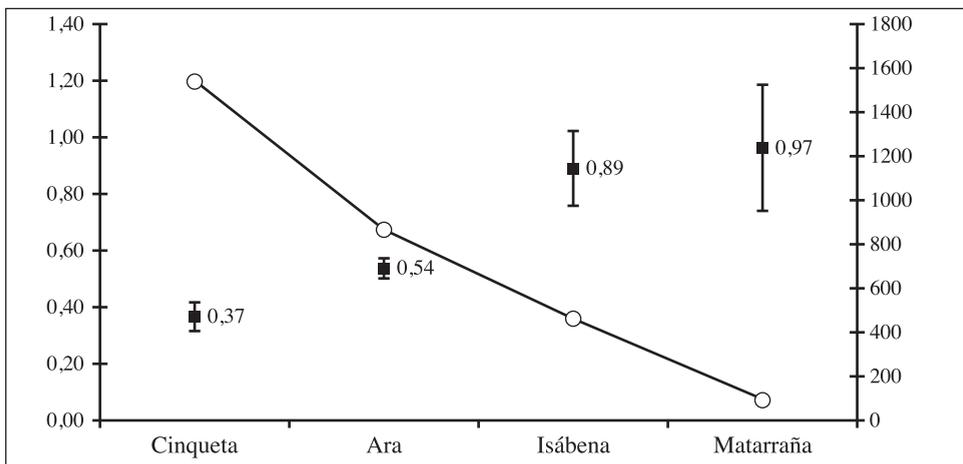


Fig. 1. Peso medio (g, cuadrados negros) y error estándar (barras) de los excrementos recolectados en contraste con la altitud de los tramos estudiados (m s. n. m., círculos blancos).

La composición de la dieta de la nutria, y los correspondientes índices obtenidos para cada una de las localidades, se muestra en la tabla II. Mientras en los ríos pirenaicos la alimentación está basada básicamente en la tru-

Tabla II. Composición de la dieta determinada a partir de los excrementos examinados en cada punto de muestreo.

| | Cinqueta (N = 36) | | | | Ara (N = 28) | | | |
|-----------------------------|-------------------|-----------|------------|-----------|-------------------|-----------|------------|-----------|
| | <i>n</i> | <i>MA</i> | <i>FRT</i> | <i>FA</i> | <i>n</i> | <i>MA</i> | <i>FRT</i> | <i>FA</i> |
| <i>Salmo trutta</i> | 48 | 1,33 | 92,31 | | 100 | 2,86 | 96,15 | |
| Insectos ¹ | 326 | 9,06 | | | 101 | 2,86 | | |
| Reptiles ³ | 4 | 0,11 | 7,69 | 11,11 | 4 | 0,11 | 3,85 | 11,43 |
| Aves | | | | | | | | |
| Total presas | 52 | 1,44 | | | 104 | 2,97 | | |
| | Isábena (N = 24) | | | | Matarraña (N =34) | | | |
| | <i>n</i> | <i>MA</i> | <i>FRT</i> | <i>FA</i> | <i>n</i> | <i>MA</i> | <i>FRT</i> | <i>FA</i> |
| <i>Barbatula barbatula</i> | | | | | 8 | 0,24 | 5,84 | 20,59 |
| <i>Barbus graellsii</i> | 7 | 0,29 | 11,29 | 25,00 | 19 | 0,56 | 13,87 | 41,18 |
| <i>Barbus haasi</i> | 3 | 0,13 | 4,84 | 12,50 | 7 | 0,21 | 5,11 | 8,82 |
| <i>Carassius auratus</i> | 3 | 0,13 | 4,84 | 8,33 | | | | |
| <i>Chondrostoma arcasii</i> | 6 | 0,25 | 9,68 | 4,17 | 37 | 1,09 | 27,01 | 50,00 |
| <i>Chondrostoma miegii</i> | 2 | 0,08 | 3,23 | 8,33 | 19 | 0,56 | 13,87 | 32,35 |
| <i>Ciprinus carpio</i> | 8 | 0,33 | 12,90 | 12,50 | | | | |
| <i>Leuciscus cephalus</i> | 3 | 0,13 | 4,84 | 12,50 | | | | |
| Indeterminados | 11 | 0,46 | 17,74 | | 23 | 0,68 | 16,79 | |
| Total peces | 45 | 1,88 | 72,58 | | 120 | 3,53 | 87,59 | |
| Insectos ¹ | 48 | 2,00 | | | 37 | 1,09 | | |
| Gasterópodos | 1 | 0,04 | | | 16 | 0,47 | | |
| <i>Procambarus clarkii</i> | | | | | 1 | 0,03 | 0,73 | 2,94 |
| Anfibios ² | 6 | 0,25 | 9,68 | 25,00 | 6 | 0,18 | 4,38 | 17,65 |
| Reptiles ³ | 11 | 0,46 | 17,74 | 50,00 | 9 | 0,26 | 6,57 | 26,47 |
| Aves | | | | | 1 | 0,03 | 0,73 | 2,94 |
| Total presas | 62 | 2,58 | | | 137 | 4,03 | | |

N: número de excrementos; n: número de ejemplares determinados; FA: frecuencia de aparición; FRT: frecuencia relativa total; MA: media de aparición.

1. Principalmente plecópteros.

2. *Ranidae*.

3. *Natrix* spp. y *Lacerta* spp.

cha *Salmo trutta* (LINNAEUS, 1758), en los ríos de menor altitud la dieta es mucho más diversa, alimentándose de diversas especies de peces, así como de otros taxones, principalmente reptiles (culebra de agua *Natrix* sp. y algún lacértido) y anfibios. Las especies de peces encontradas en la dieta son el lobo de río, *Barbatula barbatula* (LINNAEUS, 1758); barbo común, *Barbus graellsii* (STEINDACHNER, 1866); barbo colirrojo, *Barbus haasi* (MERTENS, 1925); carpín dorado, *Carassius auratus* (LINNAEUS, 1758); carpa común, *Cyprinus carpio* (LINNAEUS, 1758); madrilla, *Chondrostoma miegii* (STEINDACHNER, 1866); bermejuela, *Chondrostoma arcasii* (STEINDACHNER, 1866), y bagra, *Squalius cephalus* (LINNAEUS, 1758).

Una considerable proporción de insectos, principalmente plecópteros, ha sido identificada en todas las muestras, pero no ha sido tenido en cuenta en el análisis posterior de los índices FA, FRT y MA.

DISCUSIÓN

Se observa que los excrementos recolectados en los ríos pirenaicos son inferiores en peso que los mediterráneos, y que esta variación está inversamente relacionada con la altitud a la que se encuentra el tramo de río estudiado. Estas diferencias podrían deberse a que los ejemplares que se encontraban en los tramos de montaña estudiados (río Cinqueta y Ara), sean juveniles colonizando nuevos territorios, como indican otros autores respecto al comportamiento territorial de esta especie (ERLINGE, 1968a; RUIZ-OLMO, 1995).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el tamaño de los excrementos no depende directamente del tamaño del animal, sino de la disponibilidad de recursos tróficos, ya que el animal utiliza sus heces para marcar su territorio, independientemente de su necesidad de defecar. Por esta razón, los ejemplares de los tramos pirenaicos podrían ser adultos que deponen excrementos más pequeños, simplemente porque los recursos tróficos son menores. Las zonas de cabecera son menos productivas, sustentando poblaciones de peces de densidades menores que los tramos inferiores (CAMPOS *et al.*, 1997).

Fuese de una manera o de otra, una primera conclusión sería que, aunque los tramos estudiados del Cinqueta y el Ara gozan de una buena salud

ambiental, parece que no es absolutamente idóneo para el desarrollo de poblaciones de nutria, siendo una zona que es colonizada por individuos que son desplazados de otros lugares más favorables (ERLINGE, 1968a; McDONALD & MASON, 1987).

Respecto a la composición de la dieta, una primera visión de los datos (Tabla II) muestra que la nutria es un animal con un amplio espectro de presas, y que estas dependen de la disponibilidad de recursos tróficos en el medio. Como en estudios precedentes (revisión en CLAVERO *et al.*, 2003), la nutria se comporta como una especie oportunista que explota los recursos tróficos que tiene a su alcance.

Su dieta se basa principalmente en los peces, aunque la presencia de otros taxones no es desdeñable. CLAVERO *et al.* (2003) comparan 37 trabajos sobre la dieta de la nutria abarcando toda Europa y sus resultados muestran que las nutrias del sur del continente presentan una dieta más diversa que las nutrias que viven en áreas más septentrionales.

Aunque la presencia de insectos y gasterópodos ha sido muy abundante en algunas muestras, no se han tenido en cuenta en el análisis posterior de las muestras, por considerarse estos presas secundarias, ingeridas por las presas de las nutrias (principalmente *Salmo trutta*). En concreto, la mayoría de los numerosos insectos encontrados en la muestra de los ríos Cinqueta y Ara son tricópteros y macroinvertebrados acuáticos, parte esencial de la dieta de la trucha. Sin embargo, hay autores que consideran todos los insectos como parte de la dieta (ADRIÁN y MORENO, 1986), aunque generalmente no son considerados como tal (WEBB, 1975; CHANIN, 1981; SULKAVA, 1996).

Sin tener en cuenta los insectos, la presencia de reptiles en la dieta, principalmente culebra de agua *Natrix sp.* y lacértidos, es quizá la más destacada. Otros autores han encontrado también estas presas en proporciones considerables en la dieta de las nutrias ibéricas (ADRIÁN & DELIBES, 1987; RUIZ-OLMO, 1995).

Respecto a los peces, como el resto de presas, la nutria selecciona aquellas especies presentes en el tramo. En los tramos salmonícolas (Cinqueta y Ara) captura truchas, y en los ciprinícolas (Isábena y Matarraña) captura distintas especies de ciprínidos, como cabía esperar.

Sin embargo, cabe destacar la baja proporción de capturas de lobo de río (*Barbatula barbatula*) en el río Matarraña, donde las poblaciones de esta especie son muy abundantes (datos de la Diputación General de Aragón no publicados). *Barbatula barbatula* es una especie bentónica, que se camufla con el lecho del río y que se esconde rápidamente entre las piedras. Posiblemente la nutria tenga dificultades para capturarla o simplemente pase fácilmente desapercibida. No obstante, POLEDNIK *et al.* (2004) encuentra una cantidad considerable de lobo de río en la alimentación de la nutria en la República Checa. Las características peculiares de las zonas de estudio y las especies que acompañan al lobo de río en el actual estudio (zona ciprínicola), y el estudio de POLEDNIK *et al.* (salmonícola) podrían explicar estas diferencias. Muchos autores sugieren que la nutria selecciona sus presas en virtud del éxito de captura de estas. La trucha es una presa difícil, seleccionada negativamente por la nutria (ERLINGE, 1968b; TAASTROM & JACOBSEN, 1999) que prefiere otros recursos más fáciles de capturar, como el lobo de río en los tramos estudiados en la República Checa. Sin embargo, la disponibilidad de otros peces más fáciles de capturar en el río Matarraña (ciprínidos) convierten al lobo de río en una presa poco apreciada.

La baja proporción de madrillas en la dieta de la nutria podría también explicarse por la misma razón. Su movilidad, su comportamiento gregario en bancos que se desplazan por la zona media del río, y su carácter asustadizo la convierten en una presa difícil de capturar, razón por la cual la nutria podría seleccionarla negativamente (LANSZKI & KÖRMENDI, 1996).

Respecto a la media del número de presas encontradas en cada excremento (MA, media de aparición), esta es significativamente inferior para las muestras del río Cinqueta. Esto concuerda con el análisis del peso, en el que el peso medio era también inferior en estas muestras.

Por otra parte, el valor de MA es relativamente elevado para las muestras del resto de ríos estudiados. CHANIN (1981) da valores de 1,4 y 1,56 para ríos de Inglaterra y LANSZKI & KÖRMENDI (1996) valores de 1,2, 1,5 y 1,8 para una zona embalsada en Hungría. Esto podría deberse, en parte, a que la talla de los animales ingeridos por la nutria en los lugares del presente estudio es relativamente pequeña si la comparamos con el tamaño de las presas de esta especie en lugares más septentrionales (CLAVERO *et al.*, 2003).

Por último, análisis críticos recientes (CARSS & PARKINSON, 1996; JACOBSEN & HANSEN, 1996) han mostrado que los índices basados en la frecuencia de aparición de restos en los excrementos no son el mejor método para estimar la dieta de la nutria, produciendo una sobreestimación de las tallas medias y subestimación de los pequeños y mayores. Sin embargo, JACOBSEN & HANSEN (1996) compararon varios métodos y encontraron que la similitud era de un 80-90% (índice de similaridad de Renkonen) de los resultados obtenidos con este método y otros de mayor precisión. Teniendo en cuenta que este es el método más frecuentemente utilizado en la literatura actual (por ejemplo, COPP & ROCHE, 2003; POLEDNIK *et al.*, 2004), se ha considerado el más adecuado para la realización de este estudio.

En conclusión, el comportamiento trófico de la nutria en los ríos estudiados es, como cabía esperar, oportunista, con una gran variedad de presas, propio de los ambientes mediterráneos. Sin embargo, un análisis más detallado permite detectar cierta selección trófica, siempre condicionada a la disponibilidad de los recursos y al éxito de su captura. El conocimiento de los requerimientos tróficos de la nutria es una herramienta indispensable en la gestión y conservación de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

La recolección de excrementos ha sido llevada a cabo por la Subdirección de Medio Ambiente de Huesca de la Diputación General de Aragón. Esta investigación ha sido subvencionada por la Diputación General de Aragón, a partir del convenio de colaboración firmado entre la Universidad de Navarra y la Diputación General de Aragón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIÁN, M. J., y MORENO, S. (1986). Notas sobre la alimentación de la nutria (*Lutra lutra*) en el embalse de Matavacas (Huelva). *Doñana, Acta Vertebrata*, 13: 189-191.
- ADRIÁN, M. J., y DELIBES, M. (1987). Food habits of the otter (*Lutra lutra*) in two habitats of the Doñana National Park, SW Spain. *J. Zool., Lond.*, 212: 399-406.
- CAMPOS, F.; LEKUONA, J. M.; GARCÍA-FRESCA, C.; OSCOZ, J.; MIRANDA, R.; RIVA, C. de la, y ESCALA, M. C. (1997). Annual variation of the fish community composition in the Urederra river (Navarra, Spain). *Limnética*, 13(1): 25-29.

- CARSS, D N. y PARKINSON, S. G. (1996). Errors associated with otter *Lutra lutra* faecal analysis. I. Assessing general diet from spraints. *Journal of Zoology*, 238(2): 301-317.
- CHANIN, P. (1981). The diet of the otter and its relations with the feral mink in two areas of southwest England. *Acta Theriol*, 26(5): 83-95.
- CLAVERO, M.; PRENDA, J., y DELIBES, M. (2003). Trophic diversity of the otter (*Lutra lutra* L.) in temperate and Mediterranean freshwater habitats. *J. Biogeography*, 30: 761-769.
- CONROY, J. W. H.; WATT, J.; WEBB, J. B., y JONES, A. (1993). A guide to the identification of prey remains in Otter spraint. Occasional Publication n° 16. The Mammal Society. London. 52 pp.
- COPP, G. H., y ROCHE, K. (2003). Range and diet of Eurasian otters *Lutra lutra* (L.) in the catchment of the River Lee (south-east England) since re-introduction. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 13: 65-76.
- DAY, M. G. (1966). Identification of hair and feather remains in the gut and faeces of stoats and weasels. *J. Zool.*, 148: 201-217.
- ERLINGE, S. (1968a). Territoriality of the otter *Lutra lutra* L. *Oikos*, 19: 81-98.
- ERLINGE, S. (1968b). Food studies on captive otters *Lutra lutra* L. *Oikos*, 19: 259-270.
- JACOBSEN, L., y HANSEN, H.-M. (1996). Analysis of otter (*Lutra lutra*) spraints: Part 1: Comparison of methods to estimate prey proportions; Part 2 Estimation of the size of prey fish. *J. Zool.*, Lond., 238: 167-180.
- LANSZKI, J., y KÖRMENDI, S. (1996). Otter diet in relation to fish availability in a fish pond in Hungary. *Acta Theriologica*, 41(2): 127-136.
- LIBOIS, R. M., y HALLET-LIBOIS, C. (1988). Éléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du Nord de la France. 2- Cipriniformes. *Fiches d'osteologie animale pour l'archéologie. Série A: Poissons*, 4: 1-24.
- MASON, C. F., y MACDONALD, S. M. (1980). The winter diet of otters (*Lutra lutra*) on a Scottish sea loch. *J. Zool. Lond.*, 200: 281-283.
- MACDONALD, S. M., y MASON, C. F. (1987). Seasonal marking in an otter population. *Acta Theriologica*, 32(27): 449-462.
- MITCHELL-JONES, A. J.; AMORI, G.; BOGDANOWICZ, W.; KRSTUFEK, B.; REIJNDERS, P. J. H.; SPITZENBERGER, F.; STUBBE, M.; THISSEN, J. B. M.; VOHRALIK, V., y ZIMA, J. (1999). *The Atlas of European Mammals*. T & AD Poyser Ltd. London. 484 pp.
- MIRANDA, R., y ESCALA, M. C. (2002). Guía de identificación de restos óseos de los ciprínidos presentes en España. *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra. Serie Zoológica*, 28: 241 pp.
- POLEDNIK, L.; MITRENGA, R.; POLEDNIKOVA, K., y LOJKASEK, B. (2004). The impact of methods of fishery management on the diet of otters (*Lutra lutra*). *Folia Zool*, 53(1): 27-36.

- PRENDA, J.; FREITAS, D.; SANTOS-REIS, M., y COLLARES-PEREIRA, M. J. (1997). Guía para la identificación de restos óseos pertenecientes a algunos peces comunes en las aguas continentales de la península Ibérica para el estudio de la dieta de depredadores ictiófagos. *Doñana, Acta Vertebrata*, 24(1-2): 155-180.
- RUIZ-OLMO, J.; MIÑO, A., y JORDÁN, G. (1990). Huesca. *La nutria (Lutra lutra) en España*. M. DELIBES (ed.). ICONA. Madrid: 45-46.
- RUIZ-OLMO, J. (1995). *Estudio bionómico de la nutria (Lutra lutra) en aguas continentales de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- RUIZ-OLMO, J., y DELIBES, M. (1998). *La nutria en España ante el horizonte del año 2000*. SECEM. Barcelona, Sevilla, Málaga.
- RUIZ-OLMO, J., y PALAZÓN, S. (1997). The diet of the european otter (*Lutra lutra* L., 1758) in mediterranean freshwater habitats. *J. Wildl. Res.*, 2(2): 171-181.
- RUIZ-OLMO, J., y PALAZÓN, S. (1998). *La nutria en España ante el horizonte del año 2000*. J. RUIZ-OLMO y M. DELIBES (eds.). SECEM. Barcelona, Sevilla, Málaga: 63-65.
- ROSELLÓ, E. (1989). *Arqueictiofaunas ibéricas. Aproximación metodológica y bio-cultural*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- SOKAL, R., y ROLFH, F. J. (1986). *Introducción a la bioestadística*. Ed. Reverté. Barcelona. 362 pp.
- SULKAVA, R. (1996). Diet of otters *Lutra lutra* in central Finland. *Acta Theriologica*, 41(4): 395-408.
- TAASTROM, H.-M., y JACOBSEN, L. (1999). The diet of otters (*Lutra lutra* L.) in Danish freshwater habitats: comparisons of prey fish populations. *J. Zool. Lond.*, 248: 1-13.
- WEBB, J. B. (1975). Food of the otter (*Lutra lutra*) on the Somerset levels. *J. Zool. Lond.*, 177: 486-491.
- WEBER, J. M. (1990). Seasonal exploitation of amphibians by otters (*Lutra lutra*) in north-east Scotland. *J. Zool. Lond.*, 220: 641-651.

VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE NIEVE Y SUELO A LO LARGO DE UN TRANSECTO LONGITUDINAL EN EL PIRINEO

C. CALVO¹
J. L. VILLARROEL^{2,3,4}
J. A. CUCHÍ^{2,4}

RESUMEN.— Dentro de un estudio sobre la modelización del campo magnético creado por un aparato de rescate de víctima de avalanchas (ARVA), se presentan datos de la conductividad eléctrica de suelo y nieve medidos durante la travesía invernal Transpirenaica 2005. Se relaciona este parámetro con otras propiedades del manto nival.

ABSTRACT.— As part of one study on the modelization of the magnetic field created by rescue snowfall beacons, some data of electrical conductivities of snow and soil, talked during the winter course Transpirenaica 2005 are presented. That parameter is related with other properties of the snowpack.

KEY WORDS.— Snow, electrical conductivity, radiolocation, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

Un factor fundamental en la supervivencia de personas sepultadas por avalanchas de nieve es el tiempo que transcurre desde que sufren el acci-

¹ Escuela Militar de Montaña y Operaciones Especiales. E-22709 JACA. ccalfue@et.mde.es

² Instituto de Investigación en Ingeniería en Aragón I3A. C/ María de Luna, 1. E-50018 ZARAGOZA. jlvilla@unizar.es, cuchi@unizar.es

³ Laboratorios Avanzados de la Universidad de Zaragoza. Parque Tecnológico WALQA. Ctra. de Zaragoza N-330a. km 566. E-22197 CUARTE (Huesca).

⁴ Grupo de Tecnología en Entornos Hostiles (GTE). Universidad de Zaragoza. gte@listas.unizar.es

dente hasta su rescate. Salvo traumatologías graves, numerosos estudios señalan que las posibilidades de encontrar a una persona con vida disminuyen rápidamente con el tiempo, desde un 93% transcurridos los 15 primeros minutos, a solo el 25% si la víctima está sepultada más de 45 minutos. Por ello, durante los últimos años se asiste a un creciente interés por el uso de radiobalizas portátiles en este tipo de rescates. Conocidos como ARVA, por sus siglas en francés (*Appareil de Recherche de Victimes en Avalanche*), estos equipos tienen que cumplir la norma ETS 300718 que establece la frecuencia (457 kHz) y forma de la señal emitida.

Los ARVA han evolucionado profundamente en la última década, desde indicadores analógicos por sonido, a indicadores direccionales e información digital. Una reciente comparativa de los equipos disponibles en el mercado y de las técnicas de búsqueda se encuentra en AYORA y col. (2005). De forma resumida se puede indicar que el método más utilizado de búsqueda sigue las líneas del campo magnético cercano creadas por la antena emisora. La forma e intensidad del campo magnético creado por el ARVA emisor depende de diversos factores, entre ellos las características del medio. En general, se supone que este es isótropo y homogéneo simplificando una realidad más compleja. De hecho existen al menos tres capas diferenciadas: el aire, el manto nival y el suelo subyacente. El manto nival es un medio complejo, poligénico, en muchos momentos claramente anisótropo y que, además, experimenta fuertes y rápidos cambios en tiempos cortos, en función de la climatología.

La conductividad eléctrica del medio interviene decisivamente en el uso de los ARVA. Determina el alcance y forma del campo magnético cercano creado por la baliza emisora, condicionando la precisión y rapidez de la búsqueda. En general, a nivel teórico, para la modelización del problema se pueden utilizar datos de parámetros físicos correspondientes al vacío, despreciando la influencia de la nieve, el suelo y sus interfaces. Sin embargo, en un análisis profundo del funcionamiento de un ARVA y de cara a mejorar sus posibilidades, parece interesante tener en cuenta tanto la diversidad de capas como los valores reales de conductividad eléctrica del manto nival y del suelo, con el objetivo de investigar las deformaciones que sufre la señal emitida y, por lo tanto, la magnitud de los errores cometidos en la búsqueda. La señal emitida por un ARVA y utilizada para la búsqueda es campo magnético cercano cuya propagación se ve condicionada principalmen-

te por la conductividad eléctrica del medio. Este parámetro depende de numerosos factores del manto nival como temperatura, estratificación, estructura de los cristales, densidad, contenido de agua líquida y conductividad del agua de fusión. La bibliografía presenta, sin embargo, pocos datos de este parámetro y no se conoce información sobre datos reales de la conductividad eléctrica de la nieve en la cadena pirenaica.

Por ello, aprovechando la Transpirenaica 2005, se han realizado una serie de estudios del manto nival que han incluido mediciones de conductividad eléctrica de nieve y suelo, realizados por la colaboración entre el Grupo Militar de Alta Montaña (GMAM), el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y la Universidad de Zaragoza. La travesía se realizó entre el 29 de enero y el 18 de marzo del 2005, por seis componentes del GMAM, de la Escuela Militar de Alta Montaña; se realizó la travesía entre los cabos de Higuier y Creus. Se usaron básicamente esquís de travesía y se ascendieron varios picos culminantes de la cordillera. Detalles meteorológicos de esta interesante actividad deportiva, realizada en duras condiciones ambientales, se reflejan en FERRAZ y PALOMO (en prensa). El presente trabajo presenta los resultados de los estudios sobre la conductividad eléctrica de manto nival y suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la travesía se midió la resistencia eléctrica (inversa de la conductividad eléctrica) de manto nival y suelo en seis puntos del Pirineo meridional, todos en laderas. Ubicación y detalles topográficos y meteorológicos se muestran en las tablas I y II. La resistencia eléctrica se ha determinado mediante un equipo construido al efecto.

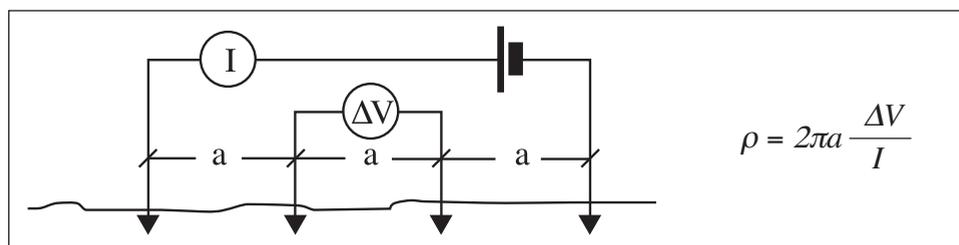


Fig. 1. Conductímetro de cuatro electrodos en configuración Wenner.

El referido equipo es un conductímetro de corriente continua y cuatro electrodos o picas. La separación entre las picas era de 1 metro entre las picas interiores (medición) y 3 metros en las exteriores, de inyección de corriente, en una configuración de tipo Wenner, con equidistancia entre electrodos (Figs. 1, 2 y 3) (ORELLANA, 1982). En condiciones ideales, se asume que la corriente eléctrica se propaga por una o varias capas situadas en una profundidad igual a la semidistancia de las picas de inyección de corriente, en una superficie de forma semicircular.

Tabla I. Puntos de medición de resistencia eléctrica de nieve y suelo en Transpirenaica 2005.

| <i>Localidad</i> | <i>X</i> | <i>Y</i> | <i>Z</i> | <i>Datum</i> | <i>Huso</i> | <i>Fecha</i> |
|----------------------|----------|----------|----------|--------------|-------------|--------------|
| Belagua | 0675493 | 4756920 | 1362 | Europeo 1950 | 30T | 04/02/2005 |
| Loma Verde | 0699600 | 4738248 | 2254 | Europeo 1950 | 30T | 07/02/2005 |
| Hospital de Benasque | 0304317 | 4729071 | 1812 | WGS 84 | 31T | 21/02/2005 |
| Soldeu Tarter | 0388308 | 4712721 | 2308 | WGS 84 | 31T | 03/03/2005 |
| La Molina | 0409614 | 4686386 | 2415 | WGS 84 | 31T | 07/03/2005 |
| Nuria | 0430353 | 4694658 | 1969 | WGS 84 | 31T | 09/03/2005 |
| Vall Ter 2000 | 0438016 | 4697700 | 2020 | WGS 84 | 31T | 10/03/2005 |
| Astún (*) | 0705288 | 4743575 | 2140 | Europeo 1950 | 30T | 14/03/2005 |
| Aísa (*) | 0699000 | 4736220 | 1850 | Europeo 1950 | 30T | 16/05/2004 |

(*) Muestras adicionales, al margen de la travesía.

Tabla II. Datos de condiciones topográficas y atmosféricas en puntos de medición de conductividad eléctrica de manto nival en Transpirenaica 2005.

| <i>Localidad</i> | <i>Orientación</i> | <i>Pendiente</i> | <i>Temp. aire °C</i> | <i>Nubosidad</i> | <i>Observaciones</i> |
|----------------------|--------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Belagua | Sur | 5-10 | -2 °C | Menos 25% | |
| Loma Verde | Noreste | 10-15 | -5 °C | 25-75% | Viento |
| Hospital de Benasque | Sur | 10-15 | -6,1 °C | Más 75% | Nieva |
| Soldeu Tarter | Este | 35-40 | -8,5 °C | Más 75% | Nieva |
| La Molina | Sureste | 5-10 | -15,9 °C | Menos 25% | |
| Nuria | Sureste | 10-15 | 5 °C | Menos 25% | |
| Vall Ter 2000 | Sureste | 20-25 | -0,4 °C | Menos 25% | |
| Astún | Sur | 10-15 | 6,7 °C | 25-50% | |
| Aísa | Llano | 0 | 10 °C | 0% | Soleado |

Durante la Transpirenaica 2005, además se tomaron seis muestras de nieve en botes nuevos de polietileno. Fueron transportados, con la mayor premura posible, a los laboratorios de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de Huesca, donde se determinaron pH y conductividad en el agua de fusión. Se añadieron otras dos muestras de nieve, una tomada en la EPS de Huesca y otra del valle de Espelunciacha (Sallent de Gállego), de las mismas fechas. El primer parámetro se determinó mediante un pHmetro Orion250, con un electrodo nuevo Themo Orion, pH triode. La conductividad eléctrica de las muestras se determinó mediante un conductivímetro WTW COND 315i/SET.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La actividad se realizó durante la última parte del invierno del 2004/2005. Se caracterizó, como se refleja en FERRAZ y PALOMO (en pren-



Fig. 2. Media de conductividad eléctrica de nieve.



Fig. 3. Determinación de la conductividad eléctrica del suelo.

sa), en unas duras condiciones invernales. Esta etapa del invierno se distinguió por muy bajas temperaturas, fuertes vientos y ventiscas. En estas condiciones, especialmente en la zona central, el manto se encuentra en claras condiciones invernales, con temperaturas por debajo de cero grados centígrados. Son situaciones adecuadas para la formación de cornisas y placas de hielo acompañadas de transformaciones favorables a la formación de capas interiores inestables, propicias al desencadenamiento de avalanchas. Los perfiles tomados durante estas fechas muestran la presencia de granos de hielo en forma de «cubiletes» propios de un metamorfismo con un fuerte gradiente de temperatura. El perfil de Astún, estudiado dos semanas más tarde en condiciones de tiempo atmosférico más cálido, presenta ya una clara transformación hacia una situación de mayor estabilidad. De hecho, una fuerte y continua elevación de temperaturas llevó a una rápida desaparición de gran parte del manto nival, durante el mes de abril del 2005. Los datos de Aísa corresponden a una clara situación de nieve primavera, en mayo del 2004.

En la tabla IV se presentan los datos de espesor, densidad media de la nieve, agua equivalente y datos de conductividad eléctrica de manto

nival y suelo. La conductividad es el inverso de la resistencia eléctrica. Esta se ha calculado, a partir de los datos de campo, mediante la fórmula (Fig. 1):

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

$$\sigma = \frac{I}{\rho}$$

Tabla III. Algunas características del manto nival en sondeos realizados durante Transpirenaica 2005.

| <i>Localidad</i> | <i>Tipo manto</i> | <i>Espesor metros</i> | <i>Rango tem. °C (*)</i> | <i>Observaciones</i> |
|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|---|
| Belagua | Placa viento | 0,80 | | |
| Loma Verde | Placa viento | 1,30 | -5,0 a -0,6 Mín. -6,1 (1,1 m). | Caras planas de 0 a 0,6 m. Cubiletes de 30 a 50 cm. Costras de hielo a 0,8 y 1,0 m. |
| Hospital de Benasque | Placa viento | 1,55 | -5,8 a 0,0 0 °C de 0 a 0,5 m | Granos finos redondos en todo el perfil. Gruesos en base. Costra a 0,8 m. |
| Soldeu Tarter | Normal | 1,35 | -5,4 a 0,0 | Cubiletes en la base y a 0,5 m. Granos redondos de 0,1 a 0,5. Costras a 110 cm. |
| La Molina | Normal | 1,20 | -12,5 a -2,6 | Cubiletes en base. Costra en superficie y a 0,65 m. |
| Nuria | Normal | 1,20 | | |
| Vall Ter 2000 | Normal | 1,45 | -1,0 a -1,0 Mín. -7,9 (1,5 m) | Granos redondos grandes y finos. Costras múltiples. |
| Astún | Normal | 2,60 | 0,0 a 0,0 Mín. -3,5 (0,6 m) | Granos finos en casi todo el perfil. Caras planas a 0,5 m. Costra a 1,05 m. |
| Astún | Avalancha | 2,70 | No determinado | Zona de acumulación de una avalancha procedente de la cresta fronteriza. |
| Aísa | Normal | 0,80 | 0,0 a 0,0 | Nieve primavera. Húmeda. Gránulos gruesos. Costra superficial. |

(**) Temperaturas en superficie y suelo.

En principio, el manto de nieve se puede considerar como una mezcla de cristales de aire y hielo. Valores típicos de la conductividad atmosférica se presentan en el rango de 5 a 100 fS/m. (APLIN, 2003). Para el hielo, MILLER (1982)

Tabla IV. Datos físicos de las mediciones de nieve en Transpirenaica 2005.

| Localidad | Espesor (m) | Densidad media (*) Kg/m ³ | mm agua equivalente | Conductividad eléctrica μ Siemens/m | |
|----------------------|-------------|--------------------------------------|---------------------|---|------------|
| | | | | nieve | suelo |
| Belagua | 0,8 | | | 6,52 | nd |
| Loma Verde | 1,3 | 158 | 205 | 4,23 | nd |
| Hospital de Benasque | 1,55 | 197 | 305 | 15,91 | ≤ 350 |
| Soldeu Tarter | 1,35 | 175 | 236 | 2,20 | 1.101,35 |
| La Molina | 1,2 | 193 | 232 | 3,07 | 1.072,70 |
| Nuria | 1,2 | | | 5,19 (**) | 120,95 |
| Vall Ter 2000 | 1,95 (3*) | 185 | 407 | 3,30 | 12,51 |
| Astun | 2,6 | 396 | 1.030 | 3,63 | nd |
| Astún avalancha | nd | nd | | 2,63 | nd |
| Aísa | 0,8 | nd | | 0,42 | 1.241,41 |

(*) Densidad media. Se obtiene mediante una ponderación de cada dato de densidad con el intervalo de profundidad a la que se le asigna.

(**) Durante la excavación del perfil de nieve se realizó una medición a una profundidad de 0,6 m con un valor de 13,67 μ S/m.

(3*) Fondo irregular de 1,95 a 2,45 m.

presenta una recopilación de mediciones de conductividad en este material: en hielo de laboratorio, los valores de conductividad oscilan entre 10^{-7} y 10^{-8} S/m para cristales singulares, y 10^{-2} S/m para hielo policristalino. En hielo glaciar, los valores son del orden de 10^{-3} a 10^{-4} S/m, medidos con configuraciones de 4 electrodos. En testigos de hielo glaciar se utilizan dos métodos diferentes, con corriente continua (ECM) o alterna (DEP) usando dos electrodos. Valores típicos con el DEP para hielo puro son del orden de 10 μ S/m. PATERSON (1994), BARNES y col. (2002).

Los valores de conductividad del manto nival medidos en el presente trabajo se encuentran entre 1 y 15 μ S/m, que entran dentro del rango de los datos de la bibliografía para el hielo. Los valores superan en un orden de magnitud que los que presentan FARZANEH y col. (2004), en un estudio realizado con nieve, en condiciones de laboratorio y con un equipo de medición diferente. Las variaciones en densidad y la forma de los gránulos de nieve en el manto nival afectan a las propiedades físicas de la nieve (BARBER y col., 1995), pero no hay suficientes datos para deducir ninguna conclusión en el presente trabajo.

En general, los resultados muestran una diferencia de tres órdenes de magnitud entre las conductividades eléctricas de manto nival y suelo. Los valores que se han determinado entran dentro de los rangos que ORELLANA (1982) presenta para materiales comunes de suelos como arcillas, calizas y areniscas.

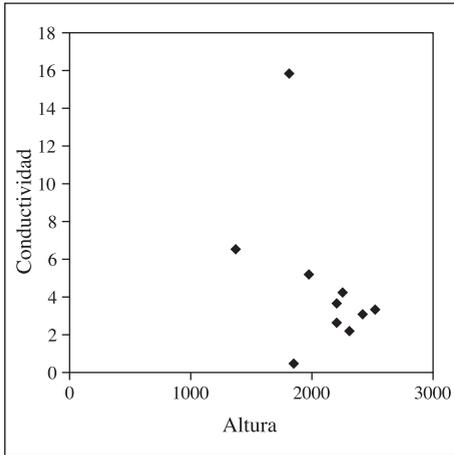


Fig. 4. Relación entre la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{m}$) del manto nival y la altura geográfica (m).

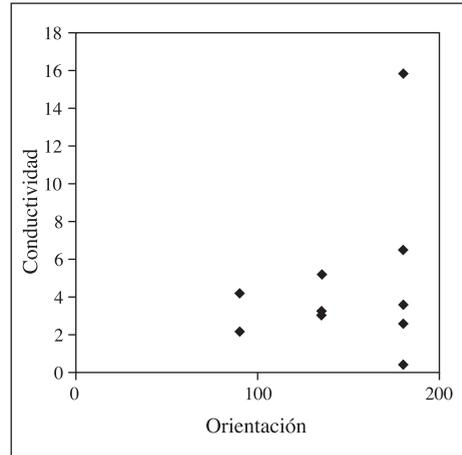


Fig. 5. Relación entre la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{m}$) del manto nival y la orientación de ladera (grados con respecto al norte).

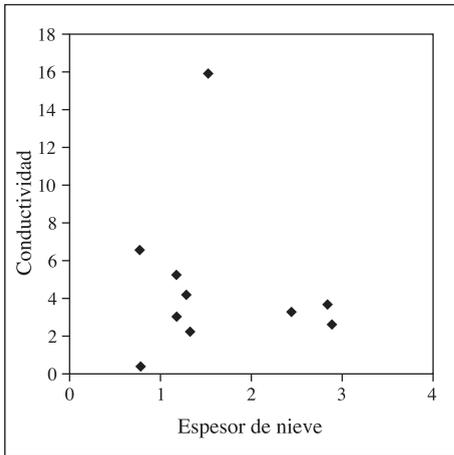


Fig. 6. Relación entre la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{m}$) del manto nival y el espesor de nieve (m).

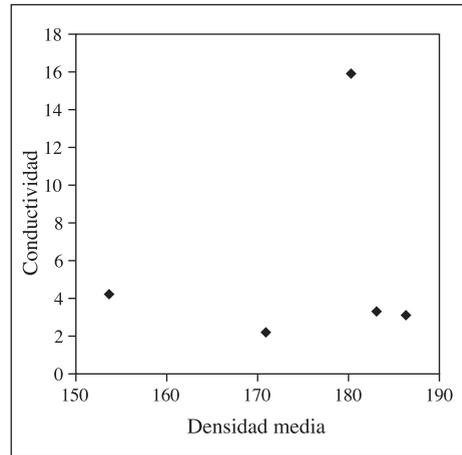


Fig. 7. Relación entre la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{m}$) del manto nival y la densidad media (kg/m^3).

A partir de los datos obtenidos, se observa que no hay relación entre la conductividad eléctrica de la nieve con la altura topográfica del punto de muestreo y la orientación (Figs. 4 y 5). Aparentemente, tampoco la hay entre la conductividad y la profundidad del manto nival (Fig. 6). Sin embargo, este factor tiene su importancia y debiera ser estudiado con cierto detalle. Teóricamente, con un espaciado entre picas exteriores de 3 metros ($a = 1$ m, Fig. 1), la zona explorada por la corriente eléctrica debiera alcanzar hasta 1,5 metros de profundidad. En caso de menores espesores, una parte de la corriente circularía por el suelo alterando la medida de conductividad aparente de la nieve. Así, en Vall Ter se observa un incremento de conductividad eléctrica de la nieve al eliminar una parte del manto nival. Sin embargo, en Aísa, con nieve primavera y poca profundidad, no parece observarse el efecto suelo.

A priori, parece lógico que la conductividad sea función de la densidad de la nieve, esto es, de su contenido en aire. FARZANEH y col. (2004) presentan datos de laboratorio donde la conductividad varía con la densidad. Las medidas obtenidas de densidad media de la nieve, en campo, no permiten concluir tal relación (Fig. 7). Sin embargo, el parámetro densidad media considera el manto nival como si fuera homogéneo. La realidad es que es un medio altamente estratificado con variaciones grandes de densidad entre capas. En este sentido, la corriente eléctrica tiende a circular por aquellas capas más conductoras. Queda pendiente el estudio de cómo influyen las distintas capas del manto nival en su conductividad aparente. La baja conductividad medida en la nieve primavera, en Aísa podría estar relacionada con las observaciones de FARZANEH (2004) y TAKEI y MAENO (2001) que observan una reducción de la conductividad eléctrica de la nieve entre -2 y 0 °C.

Un aspecto de cierto interés es la posible relación entre la conductividad eléctrica del manto nival y el mismo parámetro en el agua de fusión, que sugiere FARZANEH (2004). En el presente trabajo no hay prácticamente correlación entre estos parámetros. Es posible que en nieves húmedas, habituales en la primavera pirenaica, la presencia de sales pudiera tener algún efecto y que este sea menor en nieves frías. Los datos del cuadro 5 muestran, por otro lado, la presencia de un dato de agua de fusión de nieve, con un pH por debajo de 5,6. Este valor corresponde al equilibrio anhídrido carbónico disuelto/ion bicarbonato. Un valor menor, observado ya en otras muestras

Tabla V. Datos químicos de diversas muestras de nieve, en febrero y marzo del 2005.

| <i>Localidad</i> | <i>Fecha</i> | <i>pH</i> | <i>Conductividad eléctrica μS/cm 25 °C</i> |
|----------------------|--------------|-----------|--|
| Belagua | 04/02/2005 | 5,81 | 7,2 |
| Loma Verde | 07/02/2005 | 5,21 | 31,8 |
| Gavarnie | 16/02/2005 | 5,72 | 10,1 |
| Huesca | 22/02/2005 | 6,02 | 7,4 |
| Hospital de Benasque | 21/02/2005 | 5,14 | 8,7 |
| Espelunciacha | 27/02/2005 | 4,73 | 8,7 |
| Tavascán | 27/02/2005 | 5,74 | 11,5 |
| Andorra | 03/03/2005 | 5,86 | 9,4 |
| La Molina | 07/07/2005 | 5,63 | 9,9 |
| Astún | 14/03/2005 | 5,76 | 4,0 |
| Aísa | 16/05/2004 | 5,68 | 5,1 |

(datos no publicados), indica la presencia de episodios de nieve «ácida», producidas por precipitaciones relacionadas con viento norte. La causa de esta acidez es desconocida por el momento.

CONCLUSIONES

En la realización del presente trabajo, especialmente en la Transpirenaica 2005, se han obtenido diversos datos de conductividad eléctrica de nieve y suelo que pueden ser utilizados para el estudio, en condiciones reales, de las distorsiones que sufre el campo magnético creado por un emisor tipo ARVA. Estos datos se han relacionado con diversas características del manto nival. Dado el carácter preliminar del presente trabajo, es evidente que estos resultados tienen que ser contrastados con un mayor trabajo de campo en próximos inviernos así como en neveros y glaciares de altura.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de campo se ha realizado durante la travesía invernal Transpirenaica 2005 realizada en febrero y marzo del 2005 por parte del Grupo Militar de Alta Montaña integrado por Juan Luis San Juan de Castro, Javier Trevín

González, Tomás Rodríguez López, Carlos Calvo Fuente, José Luis Herrero Esteban y Rafael Soba García. El grupo de apoyo y coordinación estaba formado por Benito Molina Moreno, Esteban López Sánchez, Alberto Ayora Hirsch, Jorge Palop Asunción, Ricardo Bueno Laborda y Pedro Expósito Lahoz. El trabajo del equipo investigador de la Universidad de Zaragoza se enmarca en el proyecto de investigación «Técnicas de exploración automatizada en aplicaciones de rescate» (EXPRES), DPI-2003-079, del Ministerio de Ciencia y Tecnología y en el convenio entre el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza sobre los Laboratorios Avanzados de investigación en el parque tecnológico WALQA. Agradecemos también las facilidades de acceso por parte de la Estación de Esquí de Astún a la zona de ibón de Truchas. Antonio Muñoz, de los Laboratorios Avanzados, y Elena Escar, de la Escuela Politécnica Superior, ayudaron en la búsqueda bibliográfica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APLIN, K. (2002). Atmospheric ion spectra and the rate of voltage decay of an aspirated cylindrical capacitor. *Inst. Phys. Conf. Ser.* n° 178, Section 4: 155-160.
- AYORA, A.; CASALS, C.; VILLARROEL, J. L., y TARDÓS, J. D. (2005). Rescate de víctimas en avalanchas. Problemática del uso de ARVA. *Desnivel*, 221: 72-78.
- BARBER, D. G.; REDDAN, S. P., y LEDREW, E. F. (1995). Statistical characterization of the geophysical and electrical properties of snow on landfast first year sea ice. *Journal of Geophysical Research*, 100(C2): 2.673-2.686.
- BARNES, P. R.; WOLFF, E. W.; MULVANEY, R.; UDISTI, R.; CASTELLANO, E.; RÖTHLISBERGER, R., y STEFFENSEN, J. P. (2002). Effect of sensity on electrical conductivity of chemically laden polar ice. *Journal of Geophysical Research*. 107(B2): 2.029, doi: 10.1029/2000JB000080.
- FARZANEH, M.; FOFANA, I., y HEMMATJOU, H. (2004). Electrical properties of the snow. *4 Annual report conference on electrical insulation and dielectric phenomena*, 611-614.
- FERRAZ, J., y PALOMO, M. (en prensa). Transpirenaica 2005, en *Actividades nivometeorológicas 2004-2005*. Instituto Nacional de Meteorología (en prensa).
- MILLER, H. (1982). Physical properties of ice. Group V Geophysics. Volume 1/Subvolume B: in G. Angenheister (dir). *Landolt-Börnstein, neue serie*, Springer: 482-506.
- ORELLANA, E. (1982). *Prospección geoeléctrica en corriente continua*. Paraninfo. Madrid. 578 pp.
- PATERSON, W. S. B. (1994). *The physics of glaciers*. Pergamon. 480 pp.
- TAKEI, I., y MAENO, N. (2001). The low frequency conductivity of snow near the melting temperature. *Annals of glaciology*, 32: 14-18.

EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DE LA CIGÜEÑA COMÚN (*CICONIA CICONIA*) EN EL ALTO ARAGÓN EN EL PERIODO 1996-2004 Y ESTUDIO DE SU NIDOTÓPICA

César PEDROCCHI RENAULT¹
Juan CERVANTES VALLEJOS¹
Emilia MARTÍN QUELLER¹
Gonzalo MARTÍNEZ CAPETILLO¹

RESUMEN.— Se exponen los datos resultantes del censo de cigüeña común (*Ciconia ciconia*) en el Alto Aragón en el 2004, analizando la evolución demográfica de la especie respecto a 1996 y comparándola con su crecimiento en la comarca de Los Monegros. Asimismo, se estudia la nidotópica de la especie en la comarca a través de los parámetros altura de los nidos, panorámica y tipo de emplazamiento.

Los resultados revelan un crecimiento demográfico de un 277% en la provincia de Huesca y un valor similar en la comarca, con una fuerte tendencia a la nidificación en emplazamientos antrópicos, frente a los naturales, y con una alta adaptabilidad a las nuevas estructuras (tendencia que se extiende al Alto Aragón).

El rango de alturas es muy amplio, variando la media en función de la pertenencia del nido a una colonia o no, y una alta visibilidad (panorámica) desde el nido parece un criterio fundamental en la elección de la estructura de nidificación.

Por otra parte, en Los Monegros existe una gran tendencia a la agregabilidad en colonias reflejada en la baja expansión geográfica observada.

¹ Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Ap. 64. E-22700 JACA (Huesca). cpedrocchi@ipe.csic.es; jcervantes@ipe.csic.es; emimartin@ipe.csic.es; gmartinez@ipe.csic.es

ABSTRACT.— We present the results of the 2004 population census of the white stork (*Ciconia ciconia*) in northern Aragón. We analyse this species' demographic evolution since 1996 and compare it to its population growth in Los Monegros region. We also study nest location and nest building characteristics through the parameters height, visibility from nest and nesting substrate.

The results show a 277% demographic increase in the province and a similar value in Los Monegros, with a strong tendency to nest in anthropic substrates, versus natural ones, and a great adaptability to new structures (a tendency which is found in the whole of northern Aragón)

Height range is very wide and its mean varies depending on nests belonging to a colony or not. Finally a high visibility from nests seems to be an essential criteria in the nesting substrate choice.

On the other hand white storks tend strongly to gather in colonies in Los Monegros as shown by the low geographic spread in this region.

KEY WORDS.— White stork, demographic evolution, census, nest, Northern Aragon, Los Monegros (Spain).

INTRODUCCIÓN

Desde 1984 se han realizado cada cuatro años, tal como se establece en el seguimiento internacional de esa especie, censos de cigüeña común (*Ciconia ciconia*) en el Alto Aragón (PEDROCCHI, 1985, 1990 y 1996). Dichos censos reflejaron preocupantes valores mínimos en 1984, con una dinámica poblacional regresiva cuya tendencia se invirtió en el año 1992, incrementándose el número de cigüeñas oscenses a un ritmo acelerado hasta 1996.

Dando continuidad a este seguimiento de la evolución demográfica de la cigüeña común, el presente estudio analiza los censos de los años siguientes, correspondientes al 2000 y 2004, tanto en el Alto Aragón como, a una escala más concreta, en la comarca de Los Monegros.

Por otra parte, el proyecto del que parte este estudio surge del crecimiento demográfico explosivo de esta especie en estos últimos años, especialmente patente en Los Monegros, y de la necesidad que se plantea, en consecuencia, de reubicar una colonia muy numerosa localizada en la iglesia de Poleñino, núcleo monegrino de 251 habitantes. Para el desarrollo de dicho proyecto hemos contado con la financiación de un organismo autó-

nomo dentro del organigrama funcional de la comarca. Se trata de los Monegros Centro de Desarrollo.

Se ha estudiado la nidotópica de esta ave en la comarca analizando dos parámetros que serían utilizados en el posterior diseño de los nidos artificiales: la altura de los nidos y la visibilidad desde ellos o panorámica. El primero de estos parámetros está condicionado en gran medida por el tipo de emplazamiento sobre el que se ubica el nido, por lo que dicho factor también se ha considerado en el estudio.

El estudio del tipo de emplazamiento de los nidos se amplía también a la provincia de Huesca comparando los resultados de ambos territorios.

Para finalizar se analiza brevemente la distribución de la cigüeña en el Alto Aragón y el fenómeno de agregabilidad en colonias al que tiende esta especie en Los Monegros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Demografía

Para la realización de los censos de la provincia de Huesca en los años 1984, 1988, 1992, 1996 y 2000, se utilizó un método indirecto tradicionalmente utilizado en muchos países con la especie en cuestión (SANTOS JUNIOR, 1961; CANDEIAS, 1979, 1981; PROFUS & JAKUBIEC, 1980, 1983, etcétera), es decir, se enviaron encuestas a los ayuntamientos de los municipios situados en el área potencial de nidificación de la especie en el Alto Aragón. El censo se completó por teléfono o personalmente para obtener una cobertura total del 100% en el área de estudio (PEDROCCHI, 1990 y 1996); los datos del censo del 2000, no obstante, son indicativos, ya que faltan los correspondientes a los términos municipales de Grañén y Lanaja, en los que tradicionalmente el número de nidos es elevado y, por lo tanto, la cifra global en ese año podría ser algo mayor que la reflejada.

En noviembre del año 2004 los 324 nidos censados en Los Monegros mediante el mismo método fueron revisados posteriormente in situ (método directo). Para hacer un estudio demográfico comparativo se han ampliado estos datos utilizando el censo del mismo año en la provincia de Huesca.

Los datos relativos a Los Monegros representan casi un 50% de la población total de cigüeñas en la provincia de Huesca en dicho año (los municipios de la comarca pertenecientes a la provincia de Zaragoza son desdeñables en este estudio, ya que solo Leciñena mantiene un nido en el 2004, es decir, el 0,31% de la población monegrina).

Nidotópica

En la visita a cada nido se anotó si este era *aislado* o pertenecía a una *colonia*. En el presente estudio se considera que pertenecen a una misma colonia dos o más nidos próximos, ubicados en la misma estructura de nidificación.

Se anotaron las *coordenadas UTM* obtenidas con un GPS, marca Garmin, modelo eTrex Legend, para conocer la situación actual de los nidos monegrinos y para un estudio posterior de la distribución geográfica y expansión de la cigüeña común en la comarca.

El *tipo de emplazamiento* se comprobó en los 324 nidos de Los Monegros, mientras que en Huesca, 42 del total de 709 nidos (6%), no se tuvieron en cuenta al ser insuficiente la información del censo.

La *altura* fue medida en 272 nidos del territorio comarcal (84%). Este parámetro se tomó mediante un medidor láser de distancias, marca Leica, modelo Disto classic a, anotando en el caso de las colonias el piso al que pertenecía cada uno de los nidos.

Para valorar la *panorámica* se hizo una aproximación al ángulo de visibilidad que poseerían las cigüeñas desde el nido. Fueron consideradas cinco categorías, dándole un tratamiento semicuantitativo. Siendo «x» ese ángulo de visibilidad:

- Categoría 1: $0 \leq x < 90^\circ$.
- Categoría 2: $90^\circ \leq x < 180^\circ$.
- Categoría 3: $180^\circ \leq x < 270^\circ$.
- Categoría 4: $270^\circ \leq x < 360^\circ$.
- Categoría 5: 360° .

Se anotó el valor de este parámetro para 108 de los nidos en Los Monegros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Demografía

Analizando la tendencia global de la evolución de la población de cigüeña común a partir del año 1984, se observa un crecimiento progresivo, tanto en la provincia de Huesca como en Los Monegros (Fig. 1). Los mínimos poblacionales de la década de los ochenta se recuperaron lentamente al principio y a un ritmo acelerado posteriormente. En ambas zonas los datos deberán ajustarse a una curva sigmoidea cuyo máximo no ha sido alcanzado todavía y, por lo tanto, cabe pensar que las cifras actuales no son indicativas del máximo demográfico que dichos territorios pueden albergar.

Como se expone anteriormente, en el censo del año 2000 no constaban los nidos de dos términos municipales monegrinos. En consecuencia, un análisis comparativo del incremento de nidos en Huesca y Los Monegros desde el censo anterior al 2004 nos daría una idea errónea, ya que el mayor tamaño de la población en la provincia le confiere una mayor robustez frente a pequeñas variaciones en la población de la comarca. Se ha creído conveniente, por lo tanto, comparar el último censo con los datos de 1996.

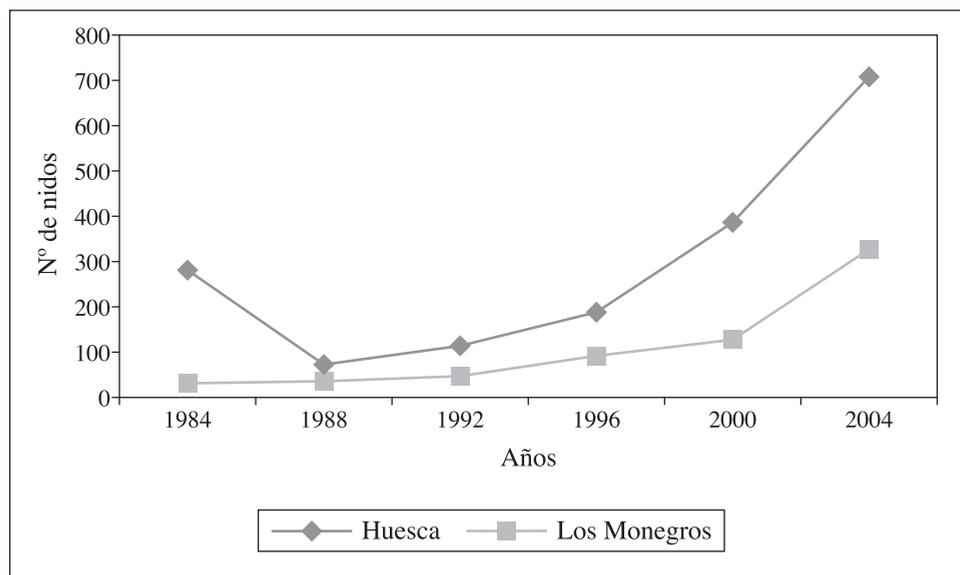


Fig. 1. Evolución del número de nidos ocupados de cigüeña común en la provincia de Huesca y en la comarca de Los Monegros desde el año 1984 hasta el 2004.

Así, en el año 2004 se han censado un total de 709 nidos en la provincia de Huesca, sobre 188 nidos contados en el censo del año 1996. Ello supone un incremento de 521 nidos (277%). En Los Monegros, de 87 nidos censados en el año 1996 se pasó a 324 en el 2004, es decir, 237 nidos más (272%).

Según estos datos, aunque en la comarca se concentra casi la mitad (45%) de las cigüeñas nidificantes en Huesca, su crecimiento parece paralelo al de todo el territorio oscense, habiéndose mantenido esta proporción en los últimos ocho años.

DISTRIBUCIÓN

La tabla I refleja la evolución del número de nidos en cada término municipal de la comarca desde 1984. Cabe destacar la escasa colonización de nuevos términos municipales a pesar del elevado incremento de nidos: en 1988, 3 nuevos términos municipales, 2 en 1992 y en 1996, 1 en el 2000 que no se mantiene en el siguiente censo, y 1 en el 2004 (en total 23 de los 31 municipios tienen al menos 1 nido en el 2004).

En efecto, el grueso de la población se ha concentrado en sus antiguas áreas de cría a través de la formación de colonias. Este fenómeno es más acentuado en el territorio de la comarca. Como puede apreciarse en la figura 2, para un mismo incremento relativo de la población de la especie en Huesca y Los Monegros desde el año 1996, los nidos parecen concentrarse en algunas localidades en esta última y dispersarse más en el resto de la provincia.

La densidad poblacional se ha calculado en relación con las localidades de cría (aquellas en las que había al menos un nido) y no con el total de localidades a fin de poder comparar mejor las tendencias (6,39 nidos/localidad de cría en Huesca frente a 9 nidos/localidad de cría en Los Monegros), ya que la densidad de la cigüeña común en la provincia es mucho menor al no entrar dentro de su hábitat potencial de nidificación, por cuestiones de requerimiento ecológico de la especie, gran parte de sus localidades.

Tabla I. Evolución del número de nidos en Los Monegros según términos municipales.

| <i>Términos municipales</i> <i>Los Monegros</i> | <i>Censo</i> <i>1984</i> | <i>Censo</i> <i>1988</i> | <i>Censo</i> <i>1992</i> | <i>Censo</i> <i>1996</i> | <i>Censo</i> <i>2000</i> | <i>Censo</i> <i>2004</i> |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Albalatillo | 1 | 1 | 1 | 2 | | 1 |
| Albero Bajo | | | | | 1 | 0 |
| Alberuela de Tubo | 3 | 2 | 2 | 1 | 5 | 6 |
| Alcubierre | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Almuniente | | 2 | 2 | 3 | 6 | 19 |
| Barbués | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 11 |
| Capdesaso | | | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Castelflorite | | | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Grañén | 4 | 3 | 8 | 8 | | 27 |
| Huerto | | 1 | 1 | 2 | | 7 |
| Lalueza | 3 | 3 | 5 | 3 | 2 | 5 |
| Lanaja | 3 | 6 | 8 | 26 | | 46 |
| Leciñena | | | | | | 1 |
| Poleñino | 1 | 1 | 2 | 7 | 19 | 42 |
| Robres | 1 | 1 | 1 | 3 | 12 | 7 |
| Sangarrén | 1 | 1 | 1 | 3 | 8 | 14 |
| Sariñena | 5 | 3 | 5 | 12 | 36 | 55 |
| Sena | 1 | 1 | 1 | 7 | 18 | 22 |
| Senés de Alcubierre | | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| Tardienta | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| Torralba de Aragón | | | | 1 | 2 | 1 |
| Torres de Barbués | | | | 2 | 2 | 4 |
| Villanueva de Sigena | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 29 |
| Total nidos | 27 | 30 | 44 | 87 | 125 | 324 |

NIDOTÓPICA

Los emplazamientos de los nidos de cigüeña común (*Ciconia ciconia*) presentan una gran homología, además de un marcado condicionamiento en su localización, resultado de la conducta antropófila de la especie, y de una gran adaptabilidad, demostrada a la hora de utilizar cualquier tipo de estructura, ya sea natural o artificial (BERNIS, 1981).

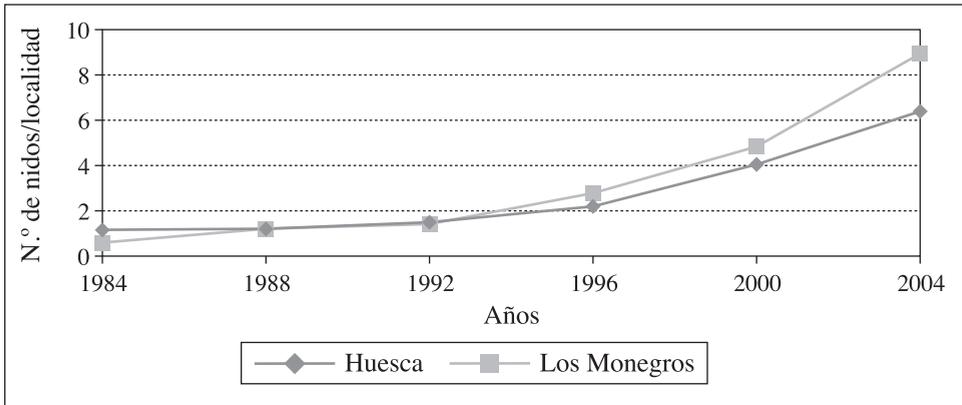


Fig. 2. Densidad de nidos ocupados con relación al total de localidades de cría en la provincia de Huesca y la comarca de Los Monegros, respectivamente.

En el área de nidificación de la cigüeña en territorio español, la mayoría de los nidos se ubican en iglesias, tanto en torres y espadañas como sobre tejados y cubiertas, probablemente por ser las edificaciones más sobresalientes en el medio rural; también en otros edificios (fábricas, silos, viviendas, etcétera) y en otras construcciones del medio antropógeno tales como antenas de telefonía, postes de electricidad, torres de alta tensión, etcétera, siendo cada vez menos utilizados emplazamientos naturales, como resaltes rocosos o árboles, entre otros (CHOZAS, 1983).

Tipos de emplazamientos

En la tabla II se resumen los datos obtenidos en el muestreo de campo, en la comarca de Los Monegros, respecto a los tipos de emplazamiento, separándose los nidos solitarios de las colonias (dos o más nidos próximos entre sí), al número de nidos en las colonias existentes y la media de nidos por colonia. Además, se constata el número total de nidos, sumando los nidos «en solitario» y los de las «colonias», en la columna denominada «Total nidos», así como el porcentaje de cada una de las categorías, en relación con las estructuras de nidificación, en una de las columnas, y en relación con el total de nidos, en la penúltima columna.

Nos hemos encontrado con 19 tipos de emplazamientos distintos en las nidificaciones de cigüeña común en la comarca. Para un mejor análisis los

hemos agrupado en 9 categorías: iglesias, edificios civiles, estructuras eléctricas, antenas de telefonía, depósitos de agua, ruinas-castillos, nidos artificiales, emplazamientos naturales y otros tipos (chimeneas, grúas móviles, etcétera). Del total de los 324 nidos, 157 se localizan en iglesias, 65 en edificios civiles (silos, fábricas, viviendas, etcétera), 57 en estructuras eléctricas, 20 en antenas de telefonía, 7 en ruinas-castillos, 4 en depósitos de agua, 3 en nidos artificiales y 5 en otras estructuras del medio antropógeno. Es decir, que entre todas ellas suman 318 nidos, o sea, el 98,15% de las nidificaciones de cigüeñas en el territorio monegrino, mientras que tan solo 6 nidos (1,85%) se ubican en emplazamientos naturales (Fig. 3).

Por otra parte, desgranando los datos de la tabla II, se puede observar que el número de estructuras de nidificación supone un total de 110, de las cuales 36 son iglesias, 32 son infraestructuras eléctricas, 12 son edificios civiles y 9 antenas de telefonía, por citar tan solo las más representativas, y que constituyen el 90% de las estructuras de nidificación. Esas 110 estructuras albergan los 324 nidos censados en la comarca, con una media de 2,95 nidos por estructura.

Analizando otros datos de la misma tabla, podemos ver que el número de asentamientos solitarios, 72, domina al de las colonias, únicamente 38;

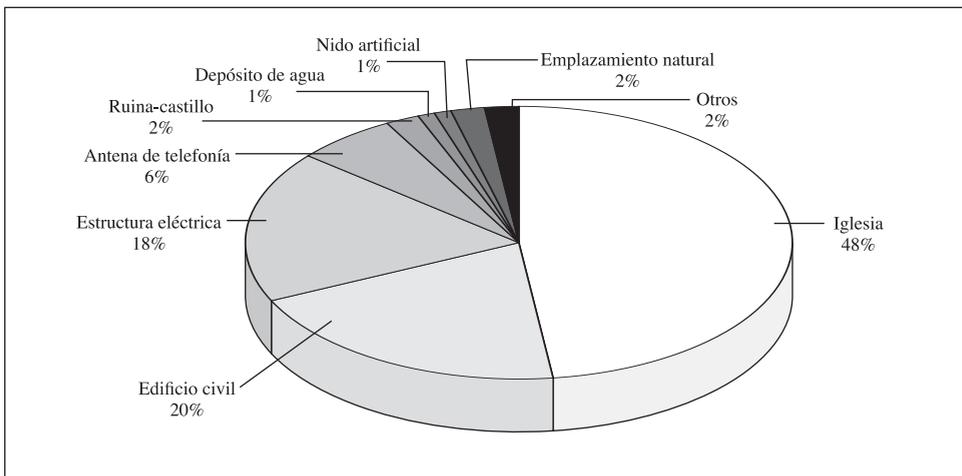


Fig. 3. Diagrama del porcentaje de nidos según categorías de emplazamiento, en la comarca de Los Monegros.

sin embargo, el número de nidos que albergan estas es de 252, con una media de 6,63 nidos por colonia.

En la tabla III se relacionan los tipos de emplazamiento y el número de nidos en cada uno de ellos para la provincia de Huesca. Puesto que en este caso los datos provienen de los resultados de las encuestas, el número de parámetros es menor que en el caso del muestreo de campo llevado a cabo en la comarca de Los Monegros.

En dicha tabla aparecen 21 tipos de emplazamiento, con tres novedades, sendos nidos en las categorías «Farola», «Montículo de tierra» y

Tabla III. Tipos de emplazamiento de nidos en la provincia de Huesca.

| <i>Tipo de emplazamiento</i> | <i>Total nidos</i> | <i>% total nidos</i> | |
|------------------------------|--------------------|----------------------|-------|
| Iglesia | 270 | 40,48 | 40,48 |
| Poste eléctrico | 48 | 7,20 | |
| Torre de alta tensión | 171 | 25,64 | |
| Pilona Aragón-Cazaril | | | |
| Transformador | 2 | 0,30 | 33,13 |
| Depósito de agua | 10 | 1,50 | 1,50 |
| Antena de telefonía | 31 | 4,65 | 4,65 |
| Silos | 74 | 11,09 | |
| Fábricas | 4 | 0,60 | |
| Vivienda | 15 | 2,25 | 13,94 |
| Ruinas-castillos | 8 | 1,20 | |
| Torreón | 5 | 0,75 | |
| Monumentos | 1 | 0,15 | 2,10 |
| Árboles | 5 | 0,75 | |
| Riscos | 2 | 0,30 | 1,05 |
| Nidos artificiales | 8 | 1,2 | 1,2 |
| Torres vigía | 1 | 0,15 | |
| Pluma grúa | 4 | 0,60 | |
| Chimenea | 5 | 0,75 | |
| Farola | 1 | 0,15 | |
| Montículo de tierra | 1 | 0,15 | |
| Poste de agua | 1 | 0,15 | |
| Totales | 667 | | |

«Poste de agua». Por el contrario, desaparece la categoría «Pilona Aragón-Cazaril», puede que en algún caso enmascarada en nidos ubicados en torres de alta tensión.

Para poder comparar los resultados con los de la comarca, los tipos de emplazamiento en la provincia se han agrupado en las mismas nueve categorías que en el caso de la comarca, obteniéndose: 270 en iglesias, 93 en edificios civiles (silos, fábricas, viviendas, etcétera), 221 en estructuras eléctricas, 31 en antenas de telefonía, 14 en ruinas-castillos, 10 en depósitos de agua, 8 en nidos artificiales y 5 en otras estructuras del medio antropógeno. De esta forma quedan englobados el 97,75% de los nidos de la provincia, y tan solo 7 se localizan en emplazamientos naturales (Fig. 4).

Podemos apreciar que, en cuanto al tipo de emplazamiento, los datos son muy similares en la comarca y en el total de la provincia de Huesca. Entre las categorías «Iglesias», «Estructuras eléctricas» y «Edificios civiles» reúnen el 86% de los nidos monegrinos y el 87% de los oscenses, con un aumento en los nidos localizados en estructuras eléctricas, el 33% frente al 18% en Los Monegros, y un descenso en los nidos de las iglesias, un 40% en la provincia frente a un 48% en la comarca.

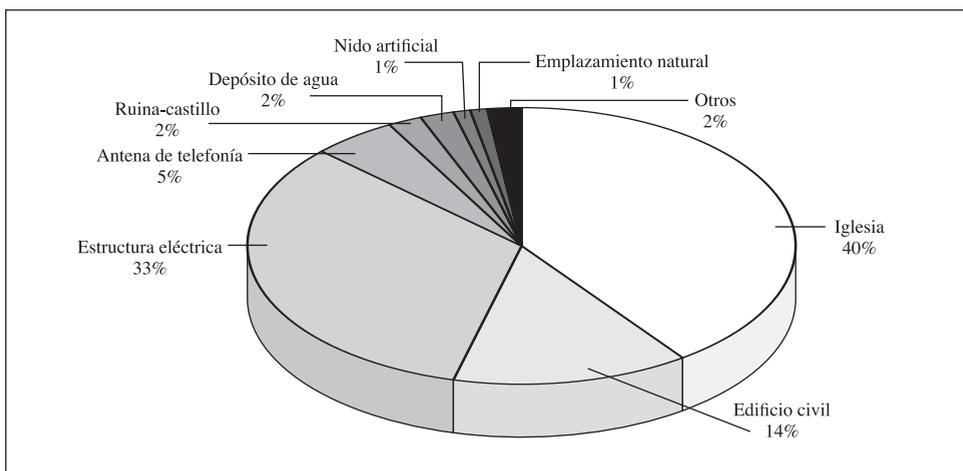


Fig. 4. Diagrama del porcentaje de nidos según categorías de emplazamiento, en la provincia de Huesca.

Alturas

En relación con los datos de altura de los nidos, tomados durante el muestreo de campo en 272 de los nidos monegrinos, podemos decir que la altura mínima observada corresponde a un nido solitario, localizado en el término de Lanaja, y situado a seis metros de altura, en una antena de telefonía. Probablemente, a pesar de su escasa medida, su ubicación en lo alto de un cerro le ofrece tranquilidad, seguridad y visibilidad suficientes como para asegurar su continuidad. La máxima corresponde a varios nidos de dos colonias existentes en los confines de la comarca; se trata de los situados en el último piso de las torres de alta tensión pertenecientes a la línea Aragón-Cazaril, a 48 m de altura.

Respecto a nidos solitarios, el más alto es uno situado a 40 m de altura en una antena de telefonía y localizado en el término municipal de Robres.

En la figura 5 se representa la distribución de las alturas del conjunto de nidos muestreados en Los Monegros, habiéndose agrupado los resultados en cinco categorías: de 0 a 10 m, > 10 a 20 m, > 20 a 30 m, > 30 a 40 m y > 40 m.

Por lo tanto, la mayoría de los nidos, tanto si la nidificación es en solitario como si es colonial, se sitúa, con valores prácticamente idénticos, en las franjas de 10 a 20 m y de 20 a 30 m.

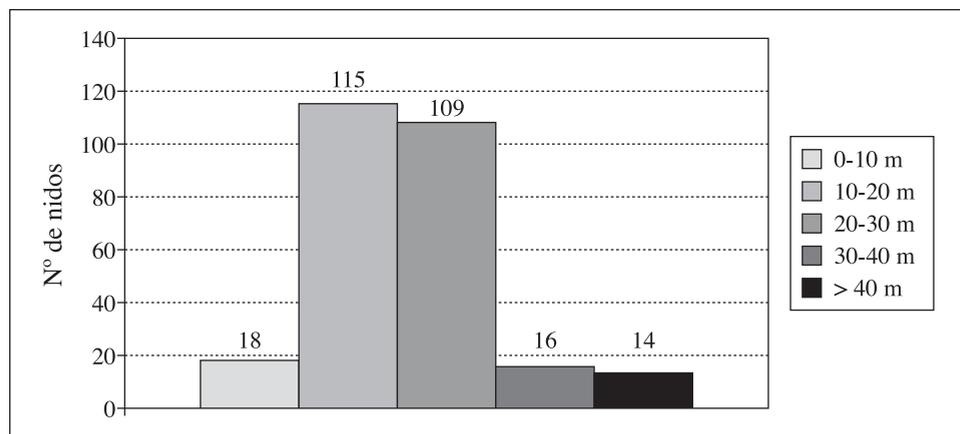


Fig. 5. Distribución por categorías de las alturas de los nidos monegrinos.

Tabla IV. Medias, desviaciones y modas de los diferentes pisos en los nidos de las colonias muestreadas en Los Monegros.

| | <i>Media ± desv. (m)</i> | <i>Moda</i> | <i>Altura mín. (m)</i> | <i>Altura máx. (m)</i> |
|---------|--------------------------|-------------|------------------------|------------------------|
| Nivel 1 | 18,72 ± 7,17 | 29,0 | 9,8 | 31,4 |
| Nivel 2 | 23,73 ± 8,53 | 12,8 | 12,8 | 40,9 |
| Nivel 3 | 24,93 ± 9,42 | 21,5 | 13,5 | 43,8 |
| Nivel 4 | 29,65 ± 12,05 | 16,5 | 16,5 | 48,1 |
| Nivel 5 | 24,97 ± 6,22 | 25,5 | 18,5 | 30,9 |

Los datos de las medias, desviaciones y modas de las alturas según los diferentes pisos en los que se sitúan los nidos, en el caso de las colonias, se reflejan en la tabla IV. Esos datos se han obtenido del muestreo de 32 de las 38 colonias que aparecen en la comarca, y sobre un total de 207 nidos.

De la presente tabla puede extraerse que las medias de alturas en los diferentes niveles van siendo progresivamente mayores, lógicamente, a excepción del valor correspondiente al quinto nivel, menor que el dato correspondiente al piso inmediatamente inferior. Ello se explica porque las colonias con cinco alturas no son muy numerosas, y las existentes son más bajas que algunas de las de cuatro alturas; por ejemplo, las de las torres de la línea Aragón-Cazaril ubicadas en el término de Villanueva de Sijena. Las modas no parecen proporcionarnos ninguna conclusión interesante.

En los nidos solitarios el valor medio de las alturas es de 16,34 m, con una desviación de 4,45. La moda en este caso es de 11,5 m.

Panorámica

Otro de los parámetros a anotar en el muestreo sobre los nidos monegrinos ha sido el denominado «panorámica». Con él se intentaba una aproximación al ángulo de visibilidad que poseen las cigüeñas desde el nido.

En el diagrama correspondiente a la figura 6, está reflejada, en tanto por ciento, la distribución, por categorías, de las panorámicas de 108 de los nidos muestreados, para este parámetro, en el 2004 en la comarca de Los Monegros.

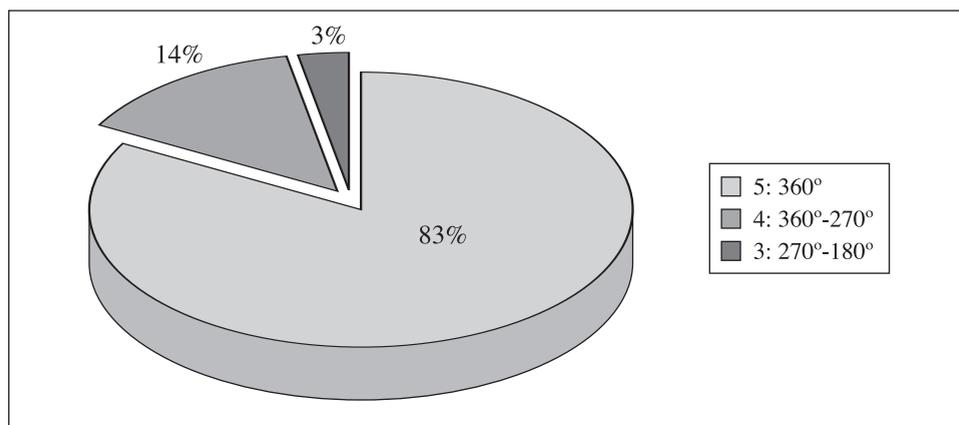


Fig. 6. Diagrama que refleja, en porcentajes, el ángulo de visibilidad de los nidos (Los Monegros).

Podemos apreciar que la mayor parte de los nidos muestreados, el 83%, posee la máxima categoría, es decir, goza de una visibilidad de 360°; el 14% está entre 360° y 270°, y tan solo el 3% posee una panorámica menor. Hay que hacer constar que no observamos ninguna nidificación de menor categoría, es decir, con ángulos de visibilidad menores de 180°.

AGREGABILIDAD DE LOS NIDOS

Se pueden diferenciar dos grandes grupos de colonias (NALDA *et al.*, 1994): las que surgen en un medio natural (árboles, rocas, riscos, etcétera), más o menos alejadas de núcleos urbanizados, y las que aparecen en núcleos habitados colonizando estructuras antropogénicas. A su vez estas pueden subdividirse en otros dos grupos: las que se concentran prácticamente en un solo punto de la ciudad, a las que denominaremos «colonias de tipo concentrado», y aquellas que se distribuyen a lo largo y ancho del núcleo, «colonias de tipo disperso».

El primer gran grupo es más propio de las localidades del centro y sur peninsular, mientras que el segundo grupo es el característico del norte de la Península, con colonias tanto «concentradas» como «dispersas».

En el muestreo llevado a cabo en Los Monegros, se obtuvieron datos de 35 de las 38 colonias. Estas se hallan asentadas en 20 localidades per-

Tabla V. Localidades y términos que albergan colonias de cigüeña blanca en Los Monegros.

| <i>Localidad</i> | <i>Término</i> | <i>Nº de nidos</i> | <i>Tipo de emplazamiento</i> |
|------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|
| Sangarrén | Sangarrén | 7 | Antena de telefonía |
| Sangarrén | Sangarrén | 6 | Iglesia |
| Barbués | Barbués | 3 | Ruinas-castillo |
| Barbués | Barbués | 6 | Iglesia |
| Villanueva de Sijena | Villanueva de Sijena | 16 | Torre Aragón-Cazaril |
| Villanueva de Sijena | Villanueva de Sijena | 10 | Torre Aragón-Cazaril |
| Villanueva de Sijena | Villanueva de Sijena | 3 | Iglesia |
| Sena | Sena | 8 | Iglesia |
| Sena | Sena | 11 | Silo |
| Sariñena | Sariñena | 5 | Iglesia |
| Sariñena | Sariñena | 5 | Edificio de Telefónica-antena |
| Sariñena | Sariñena | 35 | Iglesia |
| San Juan del Flumen | Sariñena | 5 | Iglesia |
| Laluzza | Laluzza | 2 | Antena telefónica |
| San Lorenzo del Flumen | Laluzza | 2 | Iglesia |
| La Estación | Sariñena | 2 | Silo |
| Huerto | Huerto | 5 | Iglesia |
| Alberuela de Tubo | Alberuela de Tubo | 2 | Iglesia |
| Sodeto | Alberuela de Tubo | 2 | Iglesia-árbol |
| Poleñino | Poleñino | 26 | Iglesia |
| Poleñino | Poleñino | 2 | Torre de alta tensión |
| Montesusín | Grañén | 2 | Iglesia |
| Poleñino | Poleñino | 9 | Silo |
| Lanaja | Lanaja | 11 | Iglesia |
| Lanaja | Lanaja | 21 | Silo |
| Lanaja | Lanaja | 5 | Vivienda particular |
| Lanaja | Lanaja | 2 | Risco |
| Alcubierre | Alcubierre | 2 | Iglesia |
| Grañén | Grañén | 15 | Iglesia |
| Senés | Senés | 7 | Iglesia |
| Tardienta | Tardienta | 3 | Fábrica |
| Tardienta | Tardienta | 3 | Iglesia |
| Tardienta | Tardienta | 2 | Antena de telefonía |
| Frula | Almuniente | 3 | Iglesia |
| Almuniente | Almuniente | 3 | Iglesia |

tenecientes a 15 términos municipales. Las 20 localidades que soportan las nidificaciones coloniales, generalmente colonias de tipo concentrado, van desde núcleos de 58 habitantes (Senés) hasta los 3.131 de Sariñena (GAVÍN, 2005) y suelen ser de esa tipología por una simple cuestión de magnitud de los núcleos monegrinos, el mayor de los cuales es su capital, Sariñena.

Los datos de la tabla V resumen las localidades y términos municipales con colonias, el número de nidos de cada colonia y los tipos de emplazamiento para cada caso.

De dicha tabla se infiere que cuatro tipos de emplazamientos: iglesias, torres de alta tensión con o sin cableado, antenas telefónicas y silos albergan 33 de las 38 colonias, o sea, el 86,84% de ellas.

El mayor número de nidos por colonia aparece en los silos con 12 nidos/colonia, a continuación las torres de alta tensión con 9,33 nidos/colonia, las iglesias con 6,76 nidos/colonia y, en último lugar, las antenas con 3,75 nidos/colonia.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el censo del 2004 y su comparación con los anteriores, indican un acusado aumento de la población tanto monegrina como del Alto Aragón. Ello parece ser reflejo de lo que ocurre en el resto del territorio peninsular.

En estos ocho años transcurridos desde el censo de 1996 al del 2004, la población del Alto Aragón se ha cuadruplicado prácticamente, pasando de 188 a 709 nidos. Algo similar ha sucedido en Los Monegros, pasando de 87 a 324 nidos en el censo del 2004.

Por otra parte, esta tendencia demográfica en la zona de estudio parece continuar, sin que la curva de crecimiento se acerque a la saturación poblacional, tal como viene ocurriendo en la población española (GOTIA *et al.*, 2005). Habrá que esperar al nuevo censo, en el año 2008, para ver la evolución de la especie en el Alto Aragón y comprobar si continúa el crecimiento con la misma tendencia exponencial o si disminuye al acercarse al nivel de saturación.

El área de distribución geográfica de la especie también ha sufrido una notable expansión, probablemente ligada a la de los regadíos y de forma preferente al incremento de los cultivos de arroz, por su similitud con los humedales ancestrales, y, por supuesto, a su estatus como especie protegida en todo el Estado.

Su distribución en el territorio es bastante homogénea en la actualidad, teniendo en cuenta los requerimientos ecológicos de la especie, aunque bien es cierto que unas pocas localidades concentran gran número de individuos.

Se observa una fuerte tendencia a la instalación en núcleos urbanos, no importa su tamaño, renunciando a la nidificación en áreas naturales. Todo ello redunda en la concentración de individuos nidificantes en ciertas localidades.

Los resultados, desde una perspectiva global, constatan la característica antropofilia de las nidificaciones de cigüeña común, prefiriendo para sus nidos los edificios más sobresalientes del entorno urbano. Asimismo, se verifica su adaptabilidad a las nuevas estructuras de nidificación, tales como torres de alta tensión o antenas de telefonía, aunque pareciera que la elección de estas estructuras tiene que ver con la ocupación de las más tradicionales en iglesias.

Queda también patente la escasez de nidos en ubicaciones naturales, como árboles o rocas que se dan con relativa frecuencia en otras zonas de la Península, preferentemente en el centro y sur; zonas en las que predominan los usos agrícola y ganadero propiciando la formación de áreas adeshadas (LÁZARO *et al.*, 1986).

Comparando los valores de las alturas medias de los nidos individuales y las del primer nivel de las colonias, vemos que los nidos solitarios se sitúan en estructuras más bajas (16,34 m) que los correspondientes al primer nivel de las agrupaciones coloniales (18,72 m). Este hecho parece contradecir el que las solitarias debieran ser más altas que las de las colonias, puesto que carecen de la protección que una agrupación de individuos de la misma especie pudiera ofrecer. Sin embargo, ello debe responder a una cuestión meramente estructural de los emplazamientos, puesto que las colonias se sitúan en edificaciones más aparentes (iglesias, silos, etcétera) que

las estructuras utilizadas para los nidos solitarios (postes de electricidad, antenas, etcétera).

En relación con los parámetros «alturas» y «panorámicas», creemos que, siendo las alturas de los nidos relativamente diversas, son las panorámicas las que marcan la calidad de un nido, de forma que no existen nidificaciones en estructuras que no confieran una muy buena visibilidad a los adultos para garantizar la seguridad de la pareja y su prole.

Respecto a la agregabilidad de las nidificaciones en colonias, podemos concluir que es alta en el Alto Aragón y todavía mayor en los nidos de la comarca de Los Monegros con colonias de tipo concentrado preferentemente, tal y como cabría esperar del área de distribución de la cigüeña en la Península.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNIS, F. (1981). *La población de las cigüeñas españolas. Estudios y tablas de censos, periodo 1948-1974*. Publicación de la Cátedra de Zoología de Vertebrados. Universidad Complutense. Madrid.
- CANDEIAS, D. (1979). *Recenseamento da Cegonha Branca. Elementos referente ao inquérito de 1979*. Secretaria de Estado do Ambiente. CEMPA. Lisboa.
- CANDEIAS, D. (1981). *Recenseamento da Cegonha Branca. Elementos referente ao inquérito de 1980-1981*. Secretaria de Estado do Ambiente. CEMPA. Lisboa.
- CHOZAS, P. (1983). *Estudio general sobre la dinámica de la población de cigüeña blanca, Ciconia ciconia, (L.), en España*. Tesis doctoral. Universidad Complutense.
- GAVÍN, G. (coordinador) (2005). *Comarca de Los Monegros*. Colección Territorio, 16. Diputación General de Aragón.
- GOITIA, J.; CONDE, P., y CORRAL, A. (2005). *Ensayo de inhibición de hábitos de la cigüeña blanca (Ciconia ciconia)*. Iberdrola Distribución.
- LÁZARO, E.; CHOZAS, P., y FERNÁNDEZ-CRUZ, M. (1986). Demografía de la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) en España. Censo Nacional de 1984. *Ardeola*, 33, 1-2: 131-169.
- NALDA, F. J.; NALDA, J. V., y RUIZ, A. (1994). La cigüeña blanca en La Rioja. *Zubia Monográfico*, 6. Logroño.
- PEDROCCHI, C. (1985). La cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) en la provincia de Huesca. *Boletín Onso*, 7: 14-20. Huesca.
- PEDROCCHI, C. (1990). Status de la población de cigüeña común (*Ciconia ciconia*) en la década de los 80. *Lucas Mallada*, 2: 183-198. Huesca.

- PEDROCCHI, C. (1997). El censo de cigüeñas comunes (*Ciconia ciconia*) de 1996 en la provincia de Huesca. *Lucas Mallada*, 8: 197-203.
- PROFUS, P. & JAKUBIEC, Z. (1980). Wo stórcze noch Alltag sind: Polen. *Vögel*, 4: 26-27.
- PROFUS, P. & JAKUBIEC, Z. (1983). Bocian biały W Polsce. *Przyroda Polska*, 10: 30-32.
- SANTOS JUNIOR, J. R. (1961). Demografia da Cegonha Branca em Portugal. *Anais da Faculdade de Ciencias do Porto. Extracto do tomo XLIV*: 1-55.

NOTAS

NOTA SOBRE RECRECIMIENTOS SUBGLACIARES DE CALCITA BAJO EL GLACIAR DE LA CARA NORTE DE MONTE PERDIDO (HUESCA)

J. A. CUCHÍ*
E. VILLAGRASA**

INTRODUCCIÓN

La presencia de recrecimientos de calcita en superficies recientemente expuestas por glaciares es relativamente común en rocas calcáreas. Son formas menores, de escala milimétrica a centimétrica, de aspecto corrugado, alineados con el movimiento del hielo. Pueden llegar a algunos centímetros de espesor. Se presentan en depresiones de la roca, a sotavento, en la zona protegida de la concavidad. También aparecen otros de aspecto estriado en la zona de barlovento.

Las primeras observaciones realizadas por FORD y col. en 1970, en terrenos recientemente descubiertos por el glaciar de Castleguard en Alberta (Canadá), tuvieron cierta notoriedad y fueron publicadas en *Nature*. Posteriormente HALLET (1976) señala su presencia en pavimentos rocosos de calizas y otras rocas carbonatadas recientemente descubiertos por otros glaciares en la cordillera de las Rocosas. FORD y WILLIAMS (1989) los consideran for-

* Escuela Politécnica Superior de Huesca. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. cuchi@unizar.es

** Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Pasaje Baleares, s/n. E-22071 HUESCA. evillagrasa@oapn.mma.es

mas de karst subglaciar y presentan más imágenes en el glaciar de Castle-guard. CARTER y col. (2003) estudian estos depósitos en el glaciar Mendenhall (Alaska, EEUU) mediante estudios de láminas delgadas y análisis químicos e isotópicos tanto de las costras como de agua subglaciar.

Inicialmente consideró que estas costras de reprecipitación de calcita se formaban por recongelación del flujo glaciar basal. Su origen es complejo, como muestra el trabajo de SHARP y col. (1990) en el área proglaciar de Tsanfleuron (Suiza). NG y HALLET, B. (2002) presentan una detallada descripción y un interesante estudio fisicoquímico, de tipo teórico, sobre su génesis

RECRECIMIENTOS EN MONTE PERDIDO

Durante el mes de septiembre de 1999, con motivo de una travesía deportiva en el programa «Pico a Pico» de la sociedad montañera *Peña*

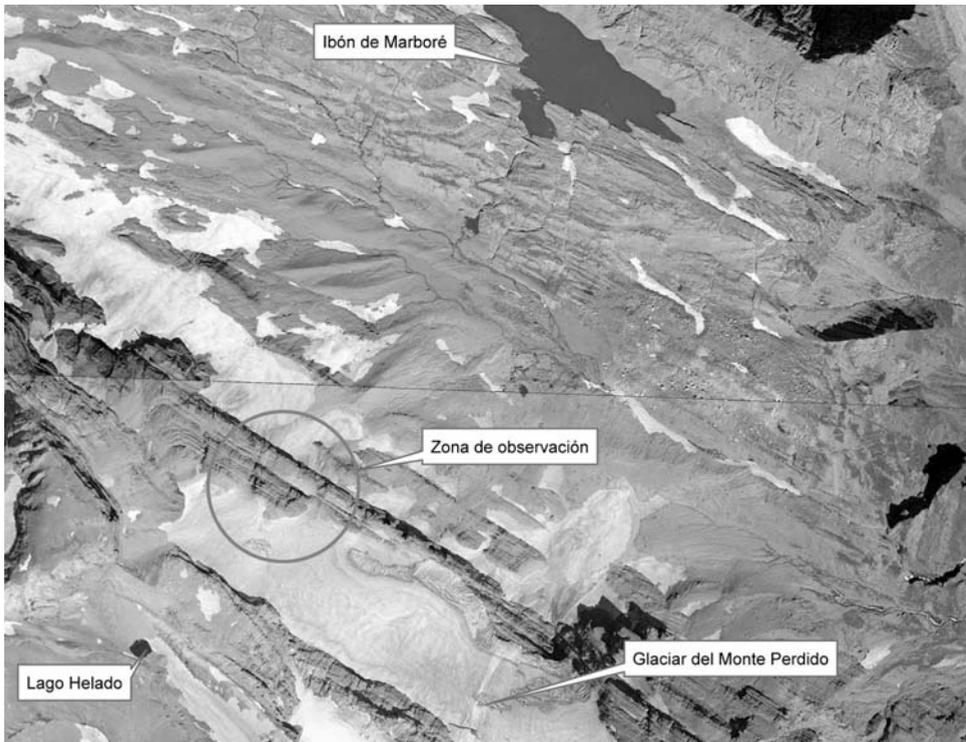
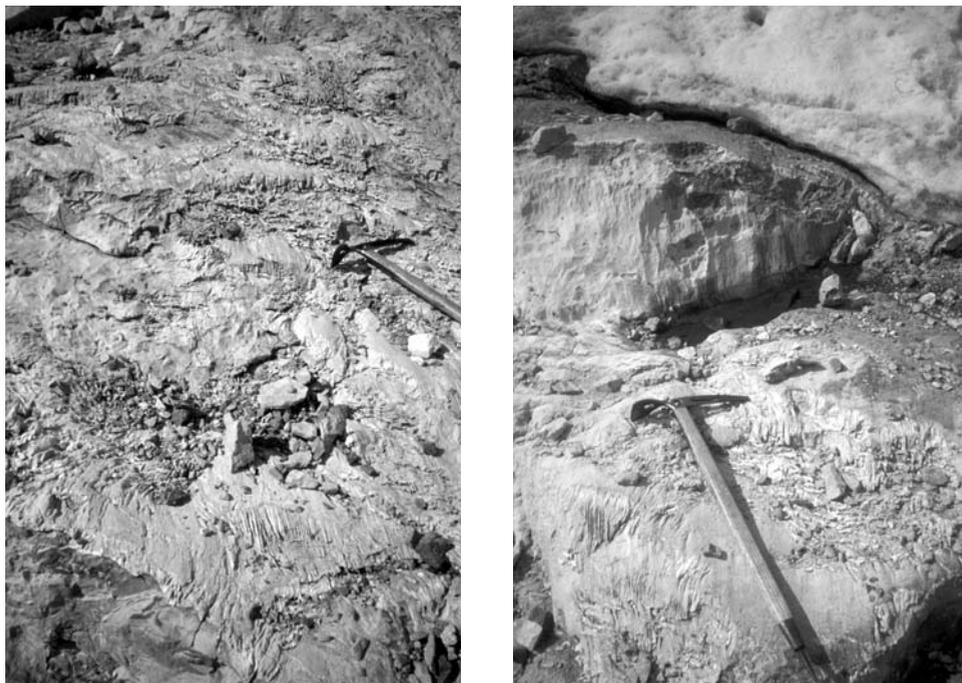


Fig. 1. Ubicación de los recubrimientos en la cara norte de Monte Perdido.



Figs. 2 y 3. Vistas de los recrecimientos. El piolet tiene una longitud de 0,67 m.

Guara, de Huesca, se realizó una travesía desde el Refugio de Góriz hasta los llanos de Pineta pasando por el collado del Cilindro. En el descenso por la vertiente norte, a una altura aproximada de 2.800 metros, se localizaron algunas zonas de recrecimientos de calcita secundaria. La figura 1 presenta una imagen aérea de la zona donde se localizaron. Son muy característicos (Figs. 2 y 3), con aspecto y dimensiones similares a los descritos en la bibliografía para Alpes y Rocosas. Se localizan en barras de caliza gris, recientemente descubierta por el glaciar, en tramos libres de depósitos morrénicos. No se observaron sobre areniscas de Marboré.

Como ya fue señalado por FORD y col. (1970) la presencia parece restringirse a las cercanías del hielo actual, indicando un proceso de destrucción por corrosión química debido a aguas de lluvia y fusión de nieve insaturadas en carbonato cálcico. Aunque no existen muchos datos, la calidad de la nieve y el agua de lluvia en el Pirineo central (CALVO y col. [2005] y CUCHÍ y col. [1997]), muestran la presencia de aguas de fusión de nieve con

muy bajas conductividades (por debajo de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C) y, ocasionalmente, presencia de valores ácidos, por debajo de 5,6. Estas circunstancias son altamente favorables a los procesos de disolución de calizas expuestas dando formas de corrosión tipo lapiaz y, evidentemente, destruyendo los recubrimientos. Por otro lado, también es posible que estas se destruyan por procesos de gelifracción activos a la altura a la que se presentan. En todo caso, una vez descubiertos del hielo que los creó, su existencia al aire libre parece francamente efímera.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la compañía de Antonio Gros y del resto de componentes del grupo montañero, durante el día del descubrimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALVO, C.; VILLARROEL, J. L., y CUCHÍ, J. A. (2005). Valores de conductividad eléctrica de nieve y suelo a lo largo de un transecto longitudinal en el Pirineo. *Lucas Mallada*, 12: 101-112.
- CARTER, C.; DETHIER, D. P., y NEWTON, R. L. (2003). Subglacial environment inferred from bedrock-coating siltskins, Mendenhall glacier, Alaska. *Journal of glaciology*, 49, 167: 568-576.
- 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*. 427-433.
- FORD, D.; FULLER, P. G., y DRAKE, J. J. (1970). Calcite precipitates at the soles of temperate glaciers. *Nature*, 226: 441-442.
- FORD, D., y WILLIAMS, P. (1989). *Karst morphology and hydrogeology*. Unwin Hyman. 601 pp.
- HALLET, B. (1976). Deposits formed by subglacial precipitation of CaCO_3 . *Geological Society of America Bulletin*, vol. 87, n° 7: 1003-1015.
- NG, F., y HALLET, B. (2002). Patterning mechanism in subglacial carbonate dissolution and deposition. *Journal of Glaciology*, 48, 162: 386-400.
- SHARP, M.; TISON, J. L., y FIERENS, G. (1990). Geochemistry of subglacial calcites: implications for the hydrology of the basal water film. *Arctic and Alpine research*, 22: 141-152.

**APORTACIONES A LA DISTRIBUCIÓN DEL CAMARÓN DE RÍO,
ATYAEPHYRA DESMARESTI (MILLET, 1831) (DECAPODA,
NATANTIA), EN LA CUENCA DEL EBRO (ESPAÑA)**

J. OSCOZ^{1,2}
C. DURÁN³

La gamba o camarón de río, *Atyaephyra desmaresti* (MILLET, 1831), es un decápodo con distribución originalmente mediterránea (TITTIZER *et al.*, 2000), pero que en los últimos años, y debido principalmente al tránsito de barcos (TITTIZER, 1996), se ha expandido colonizando ríos centroeuropeos y llegando hasta los mares Báltico, del Norte o Negro (VAN DEN BRINK & VAN DER VELDE, 1986; DHUR & MASSARD, 1995; MOOG *et al.*, 1999; FIDALGO & GERHARDT, 2003). Se trata de una especie fitófila con preferencia por aguas tranquilas bien oxigenadas con abundancia de macrofitas (sobre todo con especies como *Myriophyllum* sp., *Potamogeton* sp. y *Ceratophyllum* sp.), con alimentación omnívora, ingiriendo algas, fango o pellets fecales (FIDALGO & GERHARDT, 2003). Es capaz de soportar notables oscilaciones de temperatura y de salinidad (VAN DEN BRINK & VAN DER VELDE, 1986), pudiendo desarrollarse en aguas mesohalinas (5-9‰) (MATOCEC & KERO-

¹ Departamento de Zoología y Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Navarra. Apdo. 177. E-31080 PAMPLONA. joscoz@alumni.unav.es

² LABAQUA, Pol. Ind. «Las Atalayas». C/ Dracma, 16-18. E-03114 ALICANTE.

³ Confederación Hidrográfica del Ebro. Pº de Sagasta, 24-28. E-50071 ZARAGOZA. cduran@chebro.es

VEC, 2002). Por todo ello es una especie con gran adaptabilidad y capacidad colonizadora, lo que le permite colonizar ríos, embalses, campos de arroz, lagunas costeras o ríos temporales (FIDALGO & GERHARDT, 2003). Se trata de un recurso trófico importante para peces, y además se le asocia con aguas de buena calidad en índices sapróbicos, habiéndose utilizado también como indicadora de alteración por metales pesados y acidificación de las aguas (ABDENNOUR *et al.*, 2000; GERHARDT *et al.*, 2004).

A pesar de la importancia ecológica que todos estos hechos podrían conferir al camarón de río, los datos sobre su distribución en España son en general escasos, conociéndose su presencia en el río Támega en Orense (FERNÁNDEZ DE LA CIGONA & OUJO, 2001), así como en el lago de Bañolas por ser presa de distintas especies de peces (GARCÍA-BERTHOU & MORENO-AMICH, 2000a, 2000b; GARCÍA-BERTHOU, 2002). Con esta nota se pretende aumentar el conocimiento sobre la presencia de esta especie en la cuenca del Ebro, poniéndola, además, en relación con la calidad del agua.

Los datos sobre la presencia del camarón de río se han extraído de los resultados del análisis de las muestras tomadas los años 2004 y 2005 por la Confederación Hidrográfica del Ebro para el estudio de la calidad biológica de las aguas en la cuenca del Ebro mediante el índice IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party, ALBA-TERCEDOR *et al.*, 2002), anteriormente llamado el BMWP' (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988). Dicho estudio se realizó a lo largo de toda la cuenca del Ebro en 224 estaciones de muestreo en el año 2004 y 194 en el 2005, de las cuales 149 fueron idénticas los dos años. Cada año se tomó una única muestra de macroinvertebrados en cada punto mediante una red de mano estándar según la norma internacional EN 27828:1994 con malla de Nylal de 500 μm de luz, muestreándose todos los hábitats diferentes que se encontraban en el tramo hasta que nuevas redadas no aportaban nuevos taxones (JÁIMEZ-CUÉLLAR *et al.*, 2002).

Esta especie fue localizada en 46 tramos de 22 ríos diferentes de la cuenca del Ebro (Tabla I), en un rango de altitud que osciló entre los 10 y los 600 m. La mayoría de los tramos donde se halló esta especie se situaron a lo largo del eje principal del río Ebro y en alguno de sus afluentes principales (Fig. 1), lo que podría relacionarse con su preferencia por aguas más lénticas con presencia de macrofitas (FIDALGO & GERHARDT, 2003).

Tabla I. Estaciones de muestreo donde se ha localizado camarón de río (*Atyaephyra desmaresti*).
Table I. Sample stations where freshwater shrimp (*Atyaephyra desmaresti*) has been detected.

| Río | Nombre | Coordenadas UTM | Altitud (m) |
|-------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| Aguas Vivas | Azaila | 30T YL 100746 | 227 |
| Alhama | Alfaro | 30T XM 025705 | 302 |
| Aragón | Yesa | 30T XN 466198 | 414 |
| | Sangüesa | 30T XN 409141 | 380 |
| | Cáseda | 30T XN 344096 | 403 |
| Arakil | Errutz | 30T WN 957499 | 420 |
| | Asiain | 30T WN 991427 | 395 |
| Areta | Rípodas | 30T XN 390272 | 418 |
| Arga | Etxauri | 30T WN 986376 | 377 |
| | Berbinzana | 30T WN 959087 | 315 |
| Bergantes | Mare Deu de la Balma | 30T YL 385140 | 600 |
| Ebro | Aldea de Ebro | 30T VN 156504 | 779 |
| | Mendavia | 30T WM 657963 | 320 |
| | Lodosa | 30T WM 761967 | 315 |
| | San Adrián | 30T WM 871875 | 280 |
| | Tudela | 30T XM 159580 | 248 |
| | Gallur | 30T XM 399369 | 220 |
| | Alagón | 30T XM 548282 | 205 |
| | Zaragoza - La Almozara | 30T XM 754145 | 182 |
| | Pina de Ebro | 30T YL 057955 | 157 |
| | Azud de Rueda | 30T YL 243749 | 120 |
| | Flix | 31T BF 946677 | 35 |
| | Mora de Ebro | 31T CF 025514 | 30 |
| | Tortosa | 31T BF 907210 | 10 |
| Ega | Allo - Azud de Arroniz | 30T WN 838112 | 351 |
| | San Adrián | 30T WM 886877 | 214 |
| Erro | Urroz | 30T XN 262380 | 490 |
| | Villaveta | 30T XN 305367 | 460 |
| Gállego | Murillo de Gállego | 30T XM 850876 | 439 |
| | Aguas abajo Ardisa | 30T XM 852722 | 386 |
| | Marracos | 30T XM 850636 | 345 |
| Guadalope | Puente a Torrevelilla | 30T YL 355347 | 375 |
| | Aguas arriba Alcañiz | 30T YL 397450 | 315 |
| | E. A. Caspe | 31T BF 495663 | 90 |
| Guatizalema | E. A. Peralta de Alcofea | 30T YM 382437 | 310 |
| Huerva | Zaragoza - Las Fuentes | 30T XM 777133 | 195 |
| Irati | Aoiz | 30T XN 337385 | 471 |
| | Lumbier | 30T XN 382233 | 400 |

Tabla I. (cont.).**Table I.** (cont.).

| Río | Nombre | Coordenadas UTM | Altitud (m) |
|-----------|----------------------------|-----------------|-------------|
| Jalón | Bárboles | 30T XM 503191 | 255 |
| Jerea | Palazuelos de Cuesta Urria | 30T VN 704374 | 548 |
| Larraun | Dos hermanas | 30T WN 957538 | 440 |
| Martín | Escatrón | 30T YL 249740 | 121 |
| Matarraña | Nonaspe | 31T BF 694658 | 138 |
| Nela | Trespaderne | 30T VN 680386 | 545 |
| Segre | Gualter | 31T CG 507434 | 362 |
| | Camarasa | 31T CG 239385 | 239 |

Sin embargo, la aparente ausencia de esta especie de algunas zonas de la cuenca del Ebro podría no ser real, sino producto de la alta movilidad que tiene esta especie y sus preferencias de hábitat, así como debida a la influencia que la programación específica que el estudio de calidad de las aguas en la cuenca del Ebro (en relación con la periodicidad, fechas, crite-

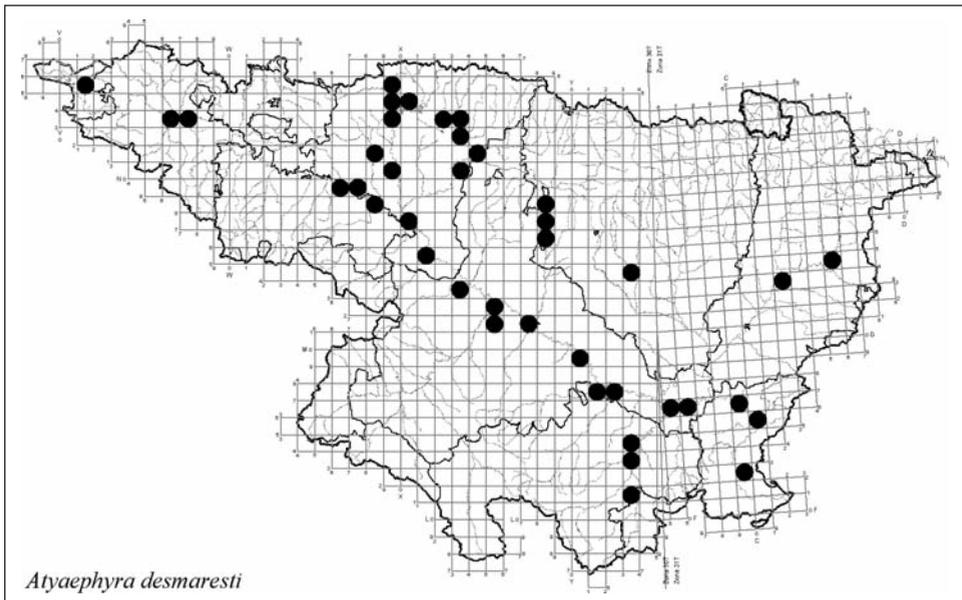


Fig. 1. Presencia del camarón de río (*Atyaephyra desmaresti*) en la cuenca del Ebro (2004-2005).
Fig. 1. Presence of freshwater shrimp (*Atyaephyra desmaresti*) in Ebro basin (Spain) (2004-2005).

rios en la elección de tramos, etcétera) pueda tener, algo ya apuntado por FIDALGO & GERHARDT (2003) para ríos de Portugal.

El análisis de la calidad del agua hallada en los tramos donde se encontraron camarones de río mostró que un 80,4% de ellos se encuadraban dentro de la clase de calidad «Buena» o «Muy Buena», lo que podría indicar que en general esta especie se encuentra en tramos de ríos no alterados y con buena calidad. De los tramos restantes en los que se encontró esta especie, un 8,9% de ellos obtuvieron una calidad «Moderada», mientras un 10,7% presentaron un nivel de calidad «Deficiente». Estos últimos tramos correspondieron, sobre todo, a localidades de la zona media y baja del río Ebro. Debido a la importancia que esta especie tiene en los sistemas acuáticos y a su posible interés como organismo indicador, sería necesario seguir profundizando en el estudio de su distribución y su relación con la calidad de las aguas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDENNOUR, C.; SMITH, B. D.; BOULAKOUD, M. S.; SAMRAOUI, B., & RAINBOW, P. S. (2000). Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 432: 217-227.
- ALBA-TERCEDOR, J., & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.
- ALBA-TERCEDOR, J.; JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; BONADA, N.; CASAS, J.; MELLADO, A.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; ROBLES, S.; SAINZ-CANTERO, C.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; VIVAS, S., & ZAMORA-MUÑOZ, C. (2002). Caracterización de cuencas mediterráneas españolas en base al índice español SBMWP como paso previo al establecimiento del estado ecológico de sus cursos de agua. *Libro de Resúmenes del XI Congreso de la Asociación Española de Limnología y III Congreso Ibérico de Limnología*. Madrid, 17-21 de junio del 2002.
- DHUR, G., & MASSARD, J. A. (1995). Étude historique et faunistique des invertébrés immigrés ou introduits dans la Moselle luxembourgeoise et ses affluents. *Bulletin de la Société Naturelle luxembourgeoise*, 96: 127-156.
- FERNÁNDEZ DE LA CIGOÑA, E., & OUJO, J. M. (2001). O achado dun camarón ou gamba de río *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1831) no río Támeqa, Tamaguelos (Verín-Ourense), no outono de 2000. *Novas arredor da nosa fauna. Colección Natureza Galega Vol. 16*: 19-22. Edita Asociación Galega para a Cultura e a Ecoloxia (AGCE).

- FIDALGO, M. L., & GERHARDT, A. (2003). Distribution of the freshwater shrimp, *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1831) in Portugal (Decapoda, Natantia). *Crustaceana*, 75(11): 1375-1385.
- GARCÍA-BERTHOU, E. (2002). Ontogenic diet shifts and interrupted piscivory in introduced Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). *International Review of Hydrobiology*, 87(4): 353-363.
- GARCÍA BERTHOU, E., & MORENO AMICH, R. (2000a). Rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) introduced to the iberian peninsula: feeding ecology in lake Banyoles. *Hydrobiologia*, 436: 159-164.
- GARCÍA BERTHOU, E., & MORENO AMICH, R. (2000b). Food of introduced pumpkinseed sunfish: ontogenetic diet shift and seasonal variation. *Journal of Fish Biology*, 57(1): 29-40.
- GERHARDT, A.; JANSSENS DE BISTHOVEN, L., & SOARES, A. M. V. M. (2004). Macroinvertebrate response to acid mine drainage: community metrics and on-line behavioural toxicity bioassay. *Environmental Pollution*, 130: 263-274.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ROBLES, S.; MELLADO, A.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; SAINZCANTERO, C. E.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; ZAMORA-MUÑOZ, C., & ALBA-TERCEDOR, J. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 21(3-4): 187-204.
- MATOCEC, S. G., & KEROVEC, M. (2002). *Atyaephyra desmaresti* and *Palaemonetes antennarius* (Crustacea: Decapoda, Caridea) in the delta of the Neretva river (Croatia). *Biologia (Bratislava)*, 57 (2): 181-189.
- MOOG, O.; NESEMANN, H.; ITEK, A., & MELCHER, A. (1999). Erstnachweis der Süßwassergarnele *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1831) (Decapoda) in Österreich. *Lauterbornia*, 35: 67-70.
- TITTIZER, T. (1996). Main Donau Canal now a short cut for fauna. *Danube Watch*, 2(3): 7-8.
- TITTIZER, T.; SCHÖLL, F.; BANNING, A.; HAYBACH, A., & SCHLEUTER, M. (2000). Aquatische neozoen im makrozoobenthos der Binnenwasserstraßen en Deutschlands. *Lauterbornia*, 39: 1-72.
- VAN DEN BRINK, F. W. B., & VAN DER VELDE, G. (1986). Observations on the seasonal and yearly occurrence and the distribution of *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1831) (Crustacea, Decapoda, Natantia) in the Netherlands. *Hydrobiological Bulletin*, 19(2): 193-198.

NOTA SOBRE ACEROLLAS Y NÍSPEROS CULTIVADOS EN LA HUERTA DE HUESCA, A PARTIR DE UNA ANTIGUA CITA

José Antonio CUCHÍ OTERINO¹
José CASANOVA GASTÓN²
David BADÍA VILLAS³
Clara MARTÍ DALMAU⁴
Antonio BONÉ GARASA⁵

INTRODUCCIÓN

En el siglo XI, el viajero musulmán Ahmad ibn Umar ibn Anas al-Udrí, de Dalias (Almería), realizó un detallado relato sobre diversas zonas de la península Ibérica. Perdido durante siglos, fue encontrado en Jerusalén hacia 1950, siendo traducido en la parte correspondiente al actual Aragón por DE LA GRANJA (1967). El autor musulmán señaló la existencia de dos acequias que entran en las murallas de Huesca y una zona de huertas al sur de ella. La huerta oscense, aunque menguada en la actualidad, ha tenido evidente importancia en la historia de la ciudad y fue señalada entre las principales del país (DANTÍN CERECEDA, 1934). Por otro lado, la acequia sin uso, aparecida en las

¹ Área de Ingeniería Agroforestal. Escuela Politécnica Superior. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. cuchi@unizar.es

² Área de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. jcasan@unizar.es

³ Área de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. badia@unizar.es

⁴ Área de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. cmarti@unizar.es

⁵ Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería. anbone@unizar.es

excavaciones de solares en las calles Costa y Coso Alto por encima de la muralla medieval, de la que se da noticia en REY y col. (2000) y CUCHÍ y col. (en prensa) pudiera ser una de las citadas por el autor musulmán.

A la vista de estos hechos parece interesante continuar con el análisis del texto. La traducción de DE LA GRANJA (1967) continúa:

Su suelo es de haza generosa y su tierra de buena calidad. Está rodeada de jardines, todos ellos con setos, y de huerto, con las ramas de sus frutales entrelazadas. Existen variedades de manzanas, peras y otras frutas. Tiene frutas nada corrientes, y diversas clases de acerolas y nísperos. Hay una especie de acerola que se come cuando está en sazón y otra que se puede conservar seca. Hay otra especie que se mantiene jugosa durante todo el invierno. La acerola se parece al níspero en el color, pero tiene un sabor muy distinto, mejor que el de cualquier clase de pera.

En el texto original, en árabe, aparece la palabra *nespr* y una clara referencia a «manzanas silvestres» (KHEDR, comunicación personal). No fue la única referencia a frutales en Huesca. SÉNAC (2000) presenta una traducción del texto, sobre Huesca, de otro autor de la época, Al-Himary:

Son sol est fertile. Elle est entourée de tous côtés par des jardins en berceaux et des vergers touffus d'arbres fruitiers. Elle se signale particulièrement par la qualité de ses poires et de ses azéroles.

Aparecen, por tanto, dos temas de interés desde un punto de vista agrícola. Por un lado, se destaca la calidad de suelos del entorno de Huesca, aspecto que necesitaría un trabajo específico. El otro es la referencia a la presencia de perales, nísperos y acerollas. Dejando aparte el primer aspecto, el presente trabajo aborda una aproximación a los frutales menos convencionales señalados en los textos medievales.

LA HUERTA DE HUESCA

Huesca se sitúa en la Hoya de Huesca, topónimo que indica la depresión geográfica situada entre el Prepirineo y la sierra de las Canteras de Almudévar. La geología básica está formada por areniscas y arcillas del Mioceno continental del valle del Ebro, recubiertas por gravas de glaciais y terrazas fluviales pleistocenas y limos holocenos. Sobre estos se desarrollan

diversos tipos de suelos. En la huerta de Huesca dominan los suelos de texturas limosas que han sido modificados por la prolongada acción humana. Son suelos poco evolucionados de perfil A-C, tipo Xerorthent (IGN, 1992). El clima es mediterráneo continental, con una horquilla térmica entre -5 y 40 °C. Son frecuentes las heladas de radiación, entre noviembre y abril. Con recurrencia relativamente corta, se alcanzan mínimas próximas a 10 grados bajo cero (noviembre de 1920, febrero de 1956, enero de 1985, diciembre de 2005). La lluvia anual, en torno a los 500 mm, no compensa la evapotranspiración potencial, que supera los 700 mm. El claro déficit veraniego de agua durante el verano, agravado por recurrentes episodios de sequía, obligó al desarrollo del regadío oscense cuyo inicio puede situarse en época romana (JUSTES, 1997; REY y col., 2000). Desde su inicio hasta épocas muy recientes, en el entorno de Huesca ha existido una huerta tradicional de tipo mixto, enfocada en parte al autoconsumo y en parte a la venta en mercado donde en bordes de hijuelas, márgenes de hortalizas y reglas de riego se plantaban diversos arbustos y árboles, en su mayor parte frutales. En la actualidad se pueden encontrar manzanos, perales, ciruelos, membrillos, granados y laureles, habitualmente mezclados y sin formar plantaciones homogéneas. También se pueden encontrar algunas cepas, para uva de mesa, así como parrales en los edificios («torres»). Viñedos para vino, hoy prácticamente desaparecidos, olivos y almendros se encontraban fundamentalmente en secano. Aparte de cuestiones culturales, la selección de especies y variedades, en un largo proceso de tanteo y error, parece estar controlada por razones climáticas, especialmente las periódicas heladas fuertes, que limitan, por ejemplo, la presencia de cerezos. El objetivo, al inicio del presente trabajo, era conocer la posible existencia de acerollas y garimbasteras en este marco de la huerta oscense.

CEROLLERAS Y GARIMBASTERAS

Acerollera. *Sorbus domestica*. Árbol cultivado, asilvestrado o espontáneo (VILLAR y col. [1997]), que puede alcanzar los 12 metros de altura. Es propio de la Europa meridional, abundando en el contorno de la región mediterránea. En la Península se encuentra silvestre en bosques de los pisos montano e inferior y también cultivado en marginazos y setos. Bastante indiferente al tipo de suelos, resistente al frío y a la sequía, pero mal compe-

tidor con otros árboles. Rebrotos vigorosos en huerta. Madera dura utilizada en tablas de acuchillar y mangos de instrumentos de carnicería, ejes de prensas y tablas de «atablar» campos. Cultivado desde época romana, a los que se atribuye su dispersión. Sus frutas reciben diversos nombres en el Alto Aragón: cerolas (Santolaria de Gállego), zarolas (Bailo), zerollas (Monzón), servas (Estadilla y Secastilla), serva o serves en plural (Fraga, Torrente de Cinca, Zaidín) (FERRÁNDEZ Y SANZ, [1993], MASCLANS [1981]) y numerosas comunicaciones orales.

La fruta tiene un tamaño de 2-3 cm, es dulce y muy astringente. Por ese motivo, en el valle de Rodellar se dice «Cerollas no más de siete» (E. SALAMERO, com. personal). En Santolaria de Gállego, un curioso dicho infantil indicaba que comiendo siete cerollas se podía cambiar de sexo. A pesar de ello, sus frutos se han utilizado con cierta frecuencia. Maduran en septiembre-octubre. Se conservaban en paja, colgados por los peciolos en cocinas, graneros y ventanas, o también ensartados una vez secos. Su contenido relativamente elevado en vitamina C era de evidente utilidad en ausencia de otras fuentes de ella. También se utilizaban en medicina popular. Se empleaban verdes como antiinflamatorios y consumidas bien maduras cortan la diarrea por su contenido en taninos y antidiarreicos (VILLAR, 1992). En la actualidad, aparte de consumo directo, se emplean para mermeladas.

Níspero. Bajo este nombre se conocen dos especies diferentes. La especie antigua es *Mespilus germanica*. CEBALLOS y RUIZ (1971) indican que es un arbusto que puede alcanzar los 5 metros de altura. Aparece como ejemplares aislados en setos, matorrales y bosques del norte y noroeste de España. Se asilvestra desde los huertos propagándose por las riberas de los ríos que recorren la provincia, como el Aragón (ANÓNIMO, 1988) y el Flumen, cerca de Huesca. Florece en mayo y maduran sus frutos en septiembre. Estos son astringentes e indigestos, por lo que también se sobremaduran entre paja. VILLAR y col. (1997) señalan los nombres comunes de garimbastero, mispola y mispolero. Según FERRÁNDEZ y SANZ (1993), en el Cinca Medio los frutos reciben el nombre de niézpolas. En el bajo Cinca, se denomina al árbol nesprey y al fruto nespra (MASCLANS, 1981). Sus frutas se denominan galimbastas en la sierra de Guara (A. SANTOLARIA, com. personal). Sus frutas contienen tanino y vitamina C, y se consumen como fruta fresca y en compota.

Bajo el mismo nombre se conoce *Eriobotrya japonica*, originario de China y Japón; se introdujo en Europa, desde el sur de China, a fines del siglo XVIII. En el Alto Aragón sufren con las fuertes heladas invernales, aunque sobreviven en huertas bien protegidas como la del convento de Santa Clara en Huesca.

LA SITUACIÓN ACTUAL

Las cerolleras son bien conocidas en el Prepirineo del Alto Aragón. VIDALLER y ORTEGA (1986), y VILLAR y col. (1997) presentan el mapa de distribución de esta especie. Muestran una cierta abundancia e indican que existen testimonios bibliográficos sobre su presencia en el entorno de Huesca. FERRÁNDEZ y SANZ (1993) comentan que antaño eran muy abundantes en los márgenes de los campos y huertas donde se plantaban, y que aún pueden verse en Gabasa, Aguinaliu, Naval, etcétera. Una encuesta rápida dentro del presente trabajo, sin un orden preconcebido, ha señalado su presencia en secanos de Esposa, Anzánigo, Santolaria de Gállego, Losanglis, Loarre, Huerrios, Fornillos de Huesca, San Julián de Banzo, Arguis, Sabayés, Apiés, Siétamo, Alcalá del Obispo, Fañanás, Santolaria la Mayor, Vadiello, Belsué, Yaso, Panzano, Laperdiguera, Castellazuelo, Paúles de Sarsa, Sarratiás y Secastilla. En algunos casos se ha precisado su presencia en márgenes o en el interior de campos. También se ha citado en las huertas de Rodellar, Embún, Bailo, Bernués, Ayerbe, Fraga y en Ejea de los Caballeros. También hay referencias en Los Monegros, en Alberuela de Tubo y Frula. En el segundo caso aportados por el Instituto Nacional de Colonización.

Las referencia a galimbasteras son menos frecuentes, en parte quizá por la confusión a que se presta la diversidad de nombres. Se les ha señalado en Villanúa y Caldearenas. Se cultivaron en las huertas de Lusera y pardiña de Ascaso y aún quedan algunos pies en las huertas de Bailo, Bernués y Alquézar. También hay referencias en las huertas de Barbastro y Fraga. En secano se citan en Torrolluela del Obico, localidad deshabitada en Guara.

En la huerta de Huesca todavía existen cerolleras en huertos de Cortés, Magantina y Salas. En la comunidad de regantes de Arguis los hubo en la Cruz de Palmo y en el término de Lunes y Martes. En este se ha citado en

Los Olivos y en La Paúl. Hay incluso una referencia actual a la existencia de al menos dos tipos de acerollas. Hay un pie de galimbastero recientemente plantado en Cierzos Bajos en La Ribera del Flumen (J. SANTAMARÍA, comunicación personal). También se han realizado intentos recientes de reintroducción en La Magantina (J. GOMBAU, comunicación personal).

Es evidente que dentro del Alto Aragón, y de la huerta de Huesca, se consideran ambos árboles como frutales, aunque de menor interés, pero en el pasado pudieron jugar un papel de cierta importancia en la alimentación humana, especialmente en las localidades más aisladas. Se ha cultivado en las márgenes de campos de secano y huertas, quizá en función de la pluviometría anual. Su vigor favorece su propagación espontánea y también su trasplante y su supervivencia. Por ello hay casos de asilvestramientos en antiguos campos, tanto secanos como antiguas huertas, así como el traslado con éxito de ejemplares robados al monte. Combinado con el efecto de difusión por animales no es fácil saber si, en el Alto Aragón, la acerolla es un árbol silvestre al que se le ha domesticado o es una especie introducida con facilidad para asilvestrarse. En el caso de la galimbastera, parece más clara su calidad de árbol cultivado. Por otro lado, la presencia de estos frutales en numerosas localidades, la información sobre la posible existencia de variedades con propiedades diversas, unido a la falta de trabajos específicos sobre ellos, abre la posibilidad de realizar trabajos de modernización de estos árboles en aspectos relacionados con la madera y con la fruta.

Por último, como conclusión, con la evidente prudencia, parece que es correcta la cita de Al-Udrí sobre la presencia de estas especies en Huesca.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la amabilidad del Dr. Tarek Khedr por releer el texto arábigo de Al-Udrí correspondiente a Huesca así como observaciones del profesor Carlos Morla de la ETSI Montes, de Madrid y de Miguel Carravedo del CITA de la DGA. Información sobre la presencia de estos árboles fue proporcionada por Lorenzo Clemente, Daniel Calasanz, Joaquín Ascaso, Jesús Gombau, Enrique Salamero, Lourdes Montes, Fernando Santamaría, Pascual Sampietro, Consuelo Arán, Consuelo Santamaría, Joaquín y José Ramón López Pardo, Mariano Claver (padre e hijo), Antonio Seguí, Carlos

Puyal, Manuel Bara, Víctor Arnal, Roberto Bermúdez de Castro y José Luis Villarroel, de Huesca; Antonio Castán, de Huerrios; Miguel Posa, de Santolaria de Gállego; José y Joaquín Castellón, de Castellazuelo; Marina Lascorz y José Mariano Altemir, de Alquézar; Francisco Giral, de Panzano; Francisco Fábregas, de Alquézar; José Miguel Pesqué, de Secastilla; Javier Rey, de Caldearenas; Ricardo Fortuño, de San Julián de Banzo; Juan Santamaría, de Belsué; Álvaro Santolaria, de Bara; Ángel Jarne, de Embún; Javier Yera, de Ejea de los Caballeros; Milagros Solanilla, de Paúles de Sarsa; Pilar López, de Esposa; Joaquín Solanilla, de L'Aínsa; Arturo Andreu, de Bailo; Antonio Díaz, de Ayerbe; José Manuel Penella, de Alberuela de Tubo; Miguel Ángel Fuentes, de Frula.

También agradecemos el trabajo de Elena Escar, María Antonia Escar, Rosa Serrano, Maribel Morales, Pilar Sanmiguel y Diana Ruiz, de la Biblioteca de la Escuela Politécnica Superior de Huesca, así como el de Ana Oliva y Ester Puyol, del Instituto de Estudios Altoaragoneses, por su eficacia en la búsqueda de bibliografía y paciencia con nuestras peticiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÓNIMO (1988). *Enciclopedia temática de Aragón*. Tomo 6. «Flora». Ed Moncayo. 323 pp.
- CEBALLOS, L., y RUIZ, J. (1971). *Árboles y arbustos de la España peninsular*. IFIE-ETSIM. Madrid. 512 pp.
- CUCHÍ, J. A.; MONTES, L.; JUSTES, J., y LAFRAGÜETA, I. Roca y agua. El condicionamiento del entorno y el desarrollo histórico de la ciudad de Huesca. *Salduie* (en prensa).
- DANTÍN CERECEDA, J. (1934). *La alimentación española. Sus diferentes tipos*. Madrid.
- FERRÁNDEZ, J. V., y SANZ, J. M. (1993). *Las plantas en la medicina popular de la comarca de Monzón*. Colección de Estudios Altoaragoneses, 37. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca.
- GIL, A., y MORALES, A. (coords.). *Hitos históricos de los regadíos españoles*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie Estudios, 68. 415 pp.
- GRANJA, F. de la (1967). La Marca superior en la obra de Al Udrí. *Estudios de la Edad Media de la Corona de Aragón*. Escuela de Estudios Medievales, III: 447-545.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (1992). *Atlas Nacional de España: Edafología*. Ed. Dirección General del IGN. Madrid.
- JUSTES, J. (1997). *El agua en la Hoya de Huesca. Estudio de la malla de riego. 2ª fase: términos municipales de Huesca y Tierz*. Instituto de Estudios Altoaragoneses (inédito). Huesca. 65 pp. 1 mapa.

- LÓPEZ, G. (1982). *La guía de Incafo de los árboles y arbustos de la península ibérica*. INCAO. Madrid.
- MASCLANS, F. (1981). *Els noms de les plantes als Països Catalans*. Granollers. Ed. Montblanc-Martín.
- REY, J.; SERRETA, A., y CUCHÍ, J. A. (2000). Nota sobre una acequia perdida bajo el casco antiguo de la ciudad de Huesca. *Bolskan*, 17: 229-235.
- SÉNAC, Ph. (2000). *La frontière et les hommes (VIII-XII siècles). Le peuplement musulman au nord de l'Èbre et les débuts de la reconquête aragonaise*. Maissonneuve et Larrose. 598 pp.
- VIDALLER, R., y ORTEGA, J. E. (1986). *Nuestros árboles*. Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo, 2. 32 pp.
- VILLAR, L.; SESÉ, J. A., y FERRÁNDEZ, J. V. (1997). *Flora del Pirineo aragonés*. Vol. 1. Consejo de Protección de la Naturaleza. Instituto de Estudios Altoaragoneses. 648 pp.
- VILLAR, L.; PALACÍN, J. M.; CALVO, C.; GONZÁLEZ, D., y MONTSERRAT, G. (1992). *Plantas medicinales del Pirineo aragonés y demás tierras oscenses*. 2ª ed. CSIC y DPH. 288 pp.

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.

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 y, a ser posible, dirección de correo electrónico.

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.

Referencias bibliográficas. Cada trabajo deberá ir acompañado de las referencias bibliográficas correspondientes a 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, etcétera, 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, etcétera, 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