



con CIENCIAS.digital

Revista de divulgación científica de la Facultad de Ciencias de Zaragoza

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero11.do>

Nº 11 MAYO 2013

The cover features a vibrant, multi-colored rainbow that curves across the upper half of the image. Below the rainbow, a dirt road stretches from the bottom center towards a bright sunset on the horizon. The landscape is a mix of green fields and trees under a clear sky. The title text is overlaid on the rainbow and sunset area.

CIENCIA: EL CAMINO SIN FIN

Redacción

DIRECCIÓN:

- Ana Isabel Elduque Palomo

SUBDIRECCIÓN:

- Concepción Aldea Chagoyen

DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN:

- Víctor Sola Martínez

COMISIÓN DE PUBLICACIÓN:

- Luis Alberto Anel Bernal
- Jesús Anzano Lacarte
- Enrique Manuel Artal Bartolo
- Ángel Francés Román
- Cristina García Yebra
- Luis Teodoro Oriol Langa
- María Luisa Sarsa Sarsa
- María Antonia Zapata Abad

Edita

Facultad de Ciencias,
Universidad de Zaragoza.
Plaza San Francisco, s/n
50009 Zaragoza

e-mail: web.ciencias@unizar.es

IMPRESIÓN: GAMBÓN Gráfico, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)

ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.

Portada: montaje a partir de diversas imágenes.

Fotografías presentadas al Premio San Alberto Magno (Cristina Marco - *Mohos, paisajes microscópicos*; Ana Serrano - *Boreal: pintar con luz*) y <http://extremeinstability.com>.

La revista no comparte necesariamente las opiniones de los artículos firmados y entrevistas.



<u>Editorial</u>	2
<u>Ernest Rutherford: padre de la Física Nuclear y alquimista</u> Pascual Román	4
<u>La Prevención de Riesgos en Laboratorios de Química</u> Antonio Blein	20
<u>Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios</u> Grupo Aragosaurus	32
<u>El origen de la Teoría Cuántica del átomo. Niels Bohr, 1913</u> Luis Joaquín Boya	50
<u>Másteres: pasado, presente y futuro</u> Ana Isabel Elduque	66
<u>Estancias de verano para estudiantes</u> Marta Bolsa	78
<u>El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima</u> Viola Bruschi, Jaime Bonachea, Juan Remondo, Luis M. Forte, Martín Hurtado y Antonio Cendrero	84
<u>Noticias y actividades</u>	100

RECONSTRUYENDO EL MUNDO PERDIDO DE LOS DINOSAURIOS

“Los dinosaurios se integraban en ecosistemas tan complejos como los actuales.”

POR GRUPO ARAGOSAURUS

Huella de saurópodo en el yacimiento de Las Cerradicas, Galve (Teruel).

<http://www.aragosaurus.com>

Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios

El interés por los vertebrados fósiles es cada vez mayor, y raro es el día que no surge alguna noticia de un nuevo descubrimiento, especialmente en dinosaurios. Los investigadores en Paleontología nos dedicamos a reconstruir los ecosistemas del pasado y conocer su evolución. El grupo Aragosaurus es un equipo de investigación de la Facultad de Ciencias integrado en el Instituto de Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) en el que se incluyen investigadores de otras universidades españolas. Una de nuestras líneas de trabajo son los vertebrados fósiles del Mesozoico, un periodo de tiempo comprendido entre los 250 y 65 millones de años (Ma), y que es conocido como la era de los dinosaurios. Estos animales se integraban en ecosistemas tan complejos como los actuales. Reconstruimos su Paleobiología basándonos en estudios filogenéticos, anatómicos y biomecánicos de los huesos, además de las evidencias de su actividad orgánica conservadas en pisadas fosilizadas (icnitas) y cáscara de huevo. Además de los dinosaurios también estudiamos el resto de los vertebrados fósiles que formaban

los ecosistemas del Mesozoico como son los tiburones y otros peces, cocodrilos, reptiles voladores, mamíferos, anfibios y lagartos. Nuestro objetivo global es aportar información para reconstruir el mundo perdido de los dinosaurios. Fruto del interés social por estas investigaciones es la frecuencia con la que han aparecido reseñas de prensa con los resultados del trabajo de investigación de nuestro grupo en los últimos meses. Queremos compartir con los lectores de conCIENCIAS un resumen de los descubrimientos más singulares y significativos ordenados de más antiguos a más modernos.

LOS MONSTRUOS MARINOS DEL JURÁSICO: EL "COCODRILLO DE RICLA"

El "cocodrilo de Ricla" es uno de los fósiles más famosos expuestos en la Sala Lucas Mallada de Geológicas en la Universidad de Zaragoza. Los visitantes al Museo Paleontológico lo habrán visto en el centro de la exposición. La historia de su descubrimiento comienza en 1994 cuando la DGA encargó a C. Laplana, C. Gonzalvo y M. Soria una prospección paleontológica, previa



Cráneo de *Maledictosuchus* expuesto en la Sala Lucas Mallada. Edificio de Geológicas (Facultad de Ciencias).

Grupo Aragosaurus.



Reconstrucción en vida de *Maledictosuchus*.

José Manuel Gasca (Grupo Aragosaurus).

a la construcción del AVE, por la localidad de Ricla. En esta parte de la provincia de Zaragoza afloran rocas del Jurásico con gran cantidad de fósiles. La sorpresa fue encontrar varios nódulos con los huesos fosilizados de un reptil marino del Jurásico Medio, de unos 164 millones de años. Tras una preparación complicada por parte de Javier Val se pudo comprobar que se trataba de un cráneo de crocodylomorfo marino (pariente muy lejano de los actuales cocodrilos) prácticamente completo. Sin duda el fósil de este tipo de vertebrados mejor conservado en nuestro país y uno de los mejores de Europa. Casi 20 años después se ha investigado en profundidad como parte de la tesis doctoral de Jara Parrilla. Esta investigación ha permitido demostrar que se trata de una especie nueva, a la que hemos llamado *Maledictosuchus riclaensis* o el "cocodrilo maldito de Ricla". El nombre de maldito hace referencia a los intentos frustrados de estudiarlo anteriormente.

Maledictosuchus se conoce exclusivamente por el ejemplar de Ricla y se trata de un cráneo prácticamente completo, con una conservación excelente. Pertenece a los metriorrínquidos, un grupo de crocodylomorfos marinos (por simplificar los vamos a llamar cocodrilos) que se extinguieron en el Cretácico Inferior, hace unos 130 Ma. Actualmente no existe ningún cocodrilo totalmente ligado a la vida acuática. Los metriorrínquidos han sido los cocodrilos mejor adaptados al medio marino a lo largo de su historia evolutiva. En la magnífica reconstrucción realizada por José Manuel Gasca se puede ver cómo sería este animal en vida. Presentaba adaptaciones al medio acuático como las aletas, la cola larga y bilobulada parecida a la de los tiburones, un cuerpo hidrodinámico que facilitaba la natación y ausencia de la armadura dérmica característica de los cocodrilos terrestres. El cráneo de *Maledictosuchus* es también hidrodinámico, con órbitas oculares enormes

Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios

situadas a ambos lados de la cabeza y numerosos dientes de pequeño tamaño. Tendría una dieta fundamentalmente piscívora, aunque probablemente podría comer cefalópodos y otros invertebrados marinos.

Este espécimen tiene un gran interés para comprender la evolución de este grupo de cocodrilos marinos. Hemos llegado a la conclusión, tras analizar sus caracteres morfológicos, de que *Maledictosuchus* es el miembro más basal y más antiguo de la tribu de los raqueosaurinos, un grupo de metriorrínquidos especializados,

piscívoros y altamente adaptados a la vida en mar abierto. *Maledictosuchus* posee una morfología intermedia entre los metriorrínquidos basales y los miembros derivados de los raqueosaurinos del Jurásico Superior. En definitiva uno de los organismos que nos gustan a los paleontólogos porque se encuentran en la base de una radiación evolutiva.

Durante el Jurásico Medio, los metriorrínquidos estaban bien diversificados en el oeste de Europa, especialmente en Inglaterra y Francia, pero no se había descubierto hasta el momen-

to ningún raqueosaurino en el sur de Europa. *Maledictosuchus* sería el primero de la Península Ibérica. Por lo tanto, el estudio de este nuevo cocodrilo demuestra que durante el Jurásico Medio los metriorrínquidos tenían una amplia diversificación y distribución geográfica. Es probable que su evolución hacia una dieta especializada y a la vida en mar abierto comenzara durante el Jurásico Medio, al menos 10 Ma antes de lo que sabíamos hasta ahora. En el Jurásico Superior, la rotura de la Pangea haría que estas adaptaciones terminaran siendo ventajosas permitiendo que los metriorrínquidos dominaran los mares someros que quedaban entre las masas continentales que comenzaban a separarse en el oeste de Europa.

UNA MANADA DE DINOSAURIOS ORNITÓPODOS

El yacimiento de icnitas (pisadas fósiles) de dinosaurio de Las Cerradicas (Berriasiense, 145 Ma) se encuentra en Galve (Teruel). Se trata de un yacimiento de referencia para la paleoicnología a nivel mundial. En colaboración con Félix Pérez Lorente de la Universidad de La Rioja hemos publicado varios trabajos que han demostrado su importancia. El Gobierno de Aragón lo declaró Bien de Interés Cultural y lo puso en valor protegiéndolo con una estructura que lo cubre de la lluvia. También se instalaron paneles explicativos, de manera que ahora puede ser visitado por el público. A raíz de la última limpieza del yacimiento, precisamente realizada para prepararlo para instalar la cubierta, se descubrieron nuevos rastros que nos han permitido aplicar nuevas

metodologías dando respuestas a algunas de las dudas que tenía el yacimiento. Este trabajo forma parte de la tesis doctoral de Diego Castanera.

En el año 1997 describimos en Las Cerradicas uno de los rastros de dinosaurio ornitópodo cuadrúpedo más antiguo del registro fósil. Tradicionalmente se ha considerado que estos dinosaurios andaban de manera bípeda, sin embargo yacimientos como el de Las Cerradicas demuestran que los ornitópodos también se desplazaban de manera cuadrúpeda, al presentar marcas de pies tridáctilos y de las manos. El resto de rastros de dinosaurios tridáctilos de Las Cerradicas eran aparentemente bípedos. En un trabajo recién publicado hemos realizado un estudio estratigráfico detallado de cada uno de los niveles del yacimiento, y además hemos utilizado nuevas técnicas de escáner (LiDAR) y fotogrametría. Se ha realizado en colaboración con el Institut Català de Paleontologia (ICP). Estas modernas metodologías han permitido cuantificar la diferencia de profundidad a la que llegaban las manos y los pies del mismo individuo. De estos nuevos datos se desprende que en Las Cerradicas hay un sesgo en la conservación de las manos de los rastros aparentemente bípedos, los cuales en realidad están conservados en niveles inferiores (subhuellas) a la superficie en la cual pisaron los dinosaurios. Dicho de otra manera, el que haya rastros bípedos (sin marcas de las manos) era una cuestión de preservación, pero inicialmente todos debían ser cuadrúpedos.

“En el año 1997 describimos en Las Cerradicas uno de los rastros de dinosaurio ornitópodo cuadrúpedo más antiguo del registro fósil.”

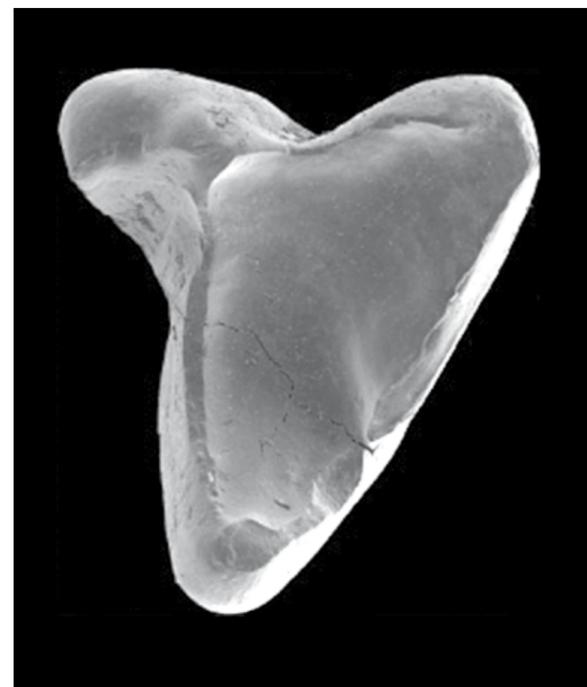


Yacimiento de icnitas de dinosaurio de Las Cerradicas (Galve). Se pueden observar icnitas con tres dedos que se citan en el texto.

Diego Castanera (Grupo Aragosaurus).

Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios

Desde el punto de vista paleoecológico, la orientación de los rastros en la misma dirección, valores similares de velocidad y de frecuencia en las zancadas, sugiere que estos ornitópodos se movían como una manada. Es la prueba más clara de un comportamiento gregario. Pero no solo es eso, esta orientación es similar a la de una serie de rastros de dinosaurios saurópodos de pequeño tamaño que también se encuentran conservados en Las Cerradicas. Hay ejemplos de superposición de las icnitas de estos dos diferentes tipos de dinosaurios. La relación de superposición de las huellas indica que los ornitópodos pasaron poco después, aunque no podemos determinar cuánto tiempo. Podemos incluso plantear la hipótesis de una manada formada por diferentes tipos de dinosaurios. De hecho, en la actualidad, en las grandes migraciones de los herbívoros en África es bastante común que haya varios tipos de mamíferos moviéndose juntos y a



la vez. Son necesarios más yacimientos para comprobar este comportamiento en dinosaurios, pero al menos la hipótesis está puesta encima de la mesa.

LOS MAMÍFEROS DEL TIEMPO DE LOS DINOSAURIOS

Los pequeños vertebrados acompañaron a los gigantes dinosaurios desde que aparecieron en el Triásico. Su pequeño tamaño hace que sean difíciles de encontrar si no se usan técnicas de extracción adecuadas. Desde el comienzo de nuestras investigaciones en el Mesozoico, usamos la técnica del levigado (o lavado-tamizado) para recuperar dientes aislados de mamíferos y de otros vertebrados de pequeño tamaño. Son pequeñas maravillas paleontológicas al ilustrarnos la historia de los mamíferos a la sombra de los dinosaurios. En sedimentos del Cretácico Inferior de Galve hemos descrito dos nuevas especies, que nos ilustran sobre la enorme y desconocida diversidad de los mamíferos. En un trabajo se analiza la rica diversidad de los mamíferos herbívoros del Mesozoico que son los multituberculados, llamados así por la gran cantidad de cúspides de sus molares. En este trabajo se definió un nuevo taxón *Iberica hahni*, dedicado a dos especialistas alemanes en estos pequeños mamíferos. En otro trabajo se revisa un género muy popular en los libros de divulgación de dinosaurios, *Crusafontia*, que se encontró hace cuatro décadas en Uña (Cuenca) y ahora se ha podido definir una nueva especie, *Crusafontia amoa*, en Galve. *Crusafontia* pertenece a un grupo de mamíferos que probablemente se alimentarían de insectos y otras presas pequeñas y tendrían un patrón dental tan eficaz como el

.....

Superficie oclusal (de masticación) de un diente aislado de *Crusafontia amoa*. Un pequeño mamífero que vivió en la época de los Dinosaurios encontrado en Galve (Teruel).

Gloria Cuenca (Grupo Aragosaurus).
Servicio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Zaragoza.

de los mamíferos modernos pero con una disposición invertida de las cúspides de sus molares.

GIDEONMANTELLIA: EL VELOZ DINOSAURIO DEL CRETÁCICO

En la localidad turolense de Galve, vieja conocida de nuestro grupo, donde este año hemos descrito el nuevo dinosaurio *Gideonmantellia amosanjuae*. El nombre es un homenaje a Gideon Mantell, naturalista inglés y uno de los padres de la investigación en dinosaurios. Mantell vivió en el siglo XIX y fue el primero en describir y figurar un fósil de "hipsilofodóntido" en 1849. El nombre específico está dedicado a la fallecida investigadora Olga Amo Sanjuán quien formó parte del equipo. Los restos de *Gideonmantellia* fueron recuperados por José María Herrero en la década de 1980 en una mina de arcillas para la elaboración de tejas y ladrillos. Estas arcillas son del Cretácico Inferior (Barremiense), aproximadamente de hace unos 130 Ma. Los fósiles actualmente se encuentran expuestos en el Museo de Galve.

Gideonmantellia se conoce exclusivamente por el ejemplar de Galve. Está compuesto por 104 huesos fósiles de un único individuo. Se trata del pequeño ornitópodo más completo de nuestro país. Se han encontrado vértebras, parte de la cadera y de los miembros traseros, incluyendo un pie prácticamente completo. El hueso más largo del individuo es la tibia, que mide 128 mm. Comparando con un esqueleto completo de *Hypsilophodon* del que hay ejempla-

Huesos conservados del pequeño dinosaurio *Gideonmantellia* en el Museo de Galve (Teruel).

José Manuel Gasca (Grupo Aragosaurus).



Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios

res completos en el Reino Unido, el ejemplar completo del holotipo de *Gideonmantellia* mediría aproximadamente 35 cm de altura al lomo y 1 m de longitud total. Con estas medidas podría pesar unos 4 Kg. Hay que tener en cuenta que el fósil pertenecía a un individuo joven, como demuestran sus vértebras no fusionadas, por lo que de adulto sería mayor quizás hasta 2 m y 20 Kg como los mayores ejemplares de *Hypsilophodon*. Acostumbrados a dinosaurios gigantes, este pequeño dinosaurio es una novedad en nuestro país y nos permite tener una visión del mundo del Mesozoico donde coexistían grandes y pequeños vertebrados.

La ausencia de cráneo ha hecho difícil estudiar a *Gideonmantellia*. Estudios anteriores habían clasificado a este dinosaurio con nombres de especies conocidas en otras partes de Europa, la más significativa es *Hypsilophodon foxii* de la Isla de Wight (Inglaterra). Sin embargo, la inves-

tigación que acabamos de publicar ha permitido descubrir que se trata de una especie nueva, al presentar una morfología única en los huesos de la cadera y del comienzo de la cola. *Gideonmantellia* sería un ágil y veloz dinosaurio, con un miembro trasero adaptado a correr rápido, fundamental para poder escaparse de los depredadores al carecer de otras estructuras defensivas. Ecológicamente ocuparía un nicho semejante al de un rápido y pequeño mamífero herbívoro, semejante a las actuales gacelas.

COMAHUESAURUS: ESTUDIANDO LA CONEXIÓN IBERO-PATAGÓNICA CON DINOSAURIOS

La Patagonia es una de las regiones más emblemáticas de Argentina. Montañas, glaciares y pingüinos son las imágenes más habituales para el turista, pero hay mucho más. Los interminables y bellos desiertos patagónicos esconden



Reconstruyendo la vértebra dorsal del saurópodo *Comahuesaurus* en el Museo de Zapala, Argentina.

Grupo Aragosaurus.

una impresionante riqueza en fósiles de dinosaurios. De norte a sur, podemos encontrar salpicadas, en su amplia geografía, grandes y pequeñas poblaciones con su correspondiente museo de fósiles. Desde hace más de diez años, nuestro grupo colabora con investigadores del Museo de Zapala y del CONICET excavando y estudiando los huesos de los dinosaurios saurópodos (los cuellilargos de la literatura popular) en las provincias de Neuquén y Río Negro. Además de un trabajo fascinante, estas investigaciones se enmarcan en un proyecto que analiza las conexiones paleobiogeográficas entre los dinosaurios de Patagonia e Iberia. Se ha escrito mucho sobre la unión de África y Sudamérica en un gran continente llamado Gondwana, pero ¿en qué momento se separaron? La tectónica de placas se demostró gracias a la fauna común entre África y Sudamérica, entre otras pruebas. Numerosas evidencias nos indican que la posición de los continentes ha cambiado a lo largo de la historia de la Tierra, de manera que masas terrestres ahora separadas como África, Europa y Sudamérica estuvieron

“Estamos lejos de conocer bien la historia filogenética de los rebaquisáuridos, pero se han hecho importantes avances.”

Zona de la Balsa Huítrín en el norte de la Patagonia. Todos los materiales son del Cretácico. Es la típica imagen del desierto patagónico.

Grupo Aragosaurus.

Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios

unidas hace millones de años (Pangea), y posteriormente se han separado, han vuelto a unirse de nuevo, y ahora vuelven a separarse. Una de las evidencias científicas de demostrarlo es el estudio de los fósiles en diferentes regiones geográficas y, en este caso, los de dinosaurios de Sudamérica y de la Península Ibérica.

En la Patagonia, los afloramientos geológicos permiten la prospección de extensos niveles fosilíferos puesto que apenas hay vegetación. Las sucesivas campañas de campo prospeccionando grandes extensiones de terreno han dado como resultado el hallazgo de nuevos ejemplares de dinosaurios, algunos de especies inéditas, y otras emparentadas con otras conocidas en otras partes del mundo. Muchos de estos hallazgos tienen grandes implicaciones

sobre la distribución geográfica de las faunas de dinosaurios a escala mundial. En general, cuando encontramos los mismos dinosaurios en Iberia y Sudamérica implica que alguna vez hubo conexión terrestre. Para estos animales, los océanos constituirían una barrera geográfica infranqueable. Los dinosaurios solo vivían en tierra firme y, como la mayoría de los grandes vertebrados terrestres actuales, eludirían el océano profundo.

En un trabajo liderado por nuestro colega José Carballido hemos descrito el nuevo saurópodo rebaquisáurido llamado *Comahuesaurus windhausenii*. Sus fósiles provienen de la Formación Lohan Cura de edad Cretácico Inferior (más concretamente Aptiense – Albiense, hace entre 125 y 120 Ma) que aflora en el sur de la



Excavación en la Loma de los Jotes.
Rincón de los Sauces (Neuquén, Patagonia).
Grupo Aragosaurus.

José Ignacio Canudo excavando la cola articulada del dinosaurio de Agrio del Medio (Neuquén, Patagonia).

Grupo Aragosaurus.

Provincia de Neuquén. El nombre genérico hace referencia a la denominación en Mapuche del área donde se encontró el fósil. El nombre específico está dedicado a Anselmo Windhausen, por su contribución al conocimiento geológico del norte de la Patagonia. Los rebaquisáuridos representan el grupo más primitivo de los saurópodos diplodocoideos, entre los que se encuentran taxones tan conocidos como *Diplodocus*. Son de gran interés paleobiogeográfico, al tratarse de uno de los grupos que mejor evidencian la conexión ibero-patagónica. Los rebaquisáuridos se encuentran en el Cretácico Inferior del hemisferio sur (Gondwana) y de Europa.

Hemos descrito a *Comahuesaurus* a partir de los fósiles recuperados en una capa o estrato con gran acumulación de huesos, de ahí el nombre con el que se suele designar en inglés a este tipo de yacimientos: "bone beds". Los huesos muestran que hay representados, al menos, tres individuos. Estos se encontraron desarticulados, aunque prácticamente están representados todos los elementos esqueléticos del cuerpo, excepto el cráneo y las vértebras cervicales. Los huesos más abundantes son las vértebras caudales (35 piezas).

Estamos lejos de conocer bien la historia filogenética de los rebaquisáuridos, pero se han hecho importantes avances. Sabemos que hay dos subfamilias, Limaysaurinae (sudamericana) y Nigersaurinae (africana-europea). El interés de *Comahuesaurus* radica en que sería el tron-



co común de ambas subfamilias. Esto implica que los rebaquisáuridos evolucionaron inicialmente en Sudamérica, diversificándose en el Cretácico Inferior por el resto de Gondwana y Europa. Una prueba sería que recientemente hemos identificado a los nigersaurinos en Iberia con la descripción de *Demandasaurus*, un taxón recuperado en la localidad burgalesa de Salas de los Infantes.

LOS DINOSAURIOS "PEZQUEÑINES"

Otra de las zonas de trabajo ha sido la Formación Rayoso que aflora en las inmediaciones de Agrio del Medio (provincia de Neuquén). Las rocas de esta formación se depositaron en un medio muy árido de hace 120 Ma. Las expectativas de encontrar fósiles de vertebrados en esta formación eran escasas debido a la escasez de estos animales en ecosistemas áridos. La primera semana de prospección fue desalentadora, porque no encontramos nada. El octavo día descubrimos unas pequeñas esquir-

Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios

las en una vaguada, lo que nos animó a hacer catas exploratorias. El esfuerzo valió la pena. Una tras otra fueron apareciendo vértebras articuladas del cuello y de la cola del dinosaurio. Lo más emocionante fue el descubrimiento de los huesos del cráneo. Los dinosaurios tienen el cráneo con los huesos poco fusionados, nada que ver con el cráneo de los mamíferos, cuyos huesos se fusionan poco después del nacimiento, protegiendo el cerebro. En los dinosaurios lo habitual es que los huesos se desarticulen al descomponerse las partes blandas, y los encontramos aislados. Esto es lo que sucedió con el dinosaurio de Agrio del Medio. En la actualidad los fósiles se están preparando en el Museo de Zapala por lo que tardaremos unos años en poderlos estudiar en profundidad, pero se pueden adelantar algunos aspectos. Se trata de un saurópodo rebaquisáurido diferente de *Comahuesaurus*.

El descubrimiento de Agrio del Medio tenía doble sorpresa. Además de los restos del individuo adulto, encontramos los restos de otros dos individuos inmaduros. Sabemos que son animales juveniles porque sus vértebras no tienen fusionadas la espina neural al cuerpo vertebral, tanto en el cuello como en la cola. En los dinosaurios tradicionalmente esta ausencia de fusión se relaciona con individuos en sus primeras etapas de crecimiento, además de por su pequeño tamaño. El descubrimiento es muy significativo al ser los primeros fósiles de rebaquisáuridos juveniles que se han encontrado en el mundo, dándonos información de los cambios que se produjeron durante el crecimiento (ontogenia) de estos dinosaurios. Este singular descubrimiento

“Los dinosaurios terópodos generaban una cáscara de huevo extremadamente dura. Esto permitiría a los individuos adultos sentarse sobre los huevos para incubarlos.”

tiene una segunda derivada. ¿Cuál es la razón de encontrar las carcasas de un adulto y dos juveniles en rocas depositadas en un medio extremadamente seco? ¿Quizás era un grupo familiar? ¿La muerte de los progenitores fue la consecuencia de la muerte de su prole? Nunca lo sabremos, pero sin duda despierta nuestra imaginación y creatividad.

ESTUDIANDO LAS ESTRATEGIAS DE INCUBACIÓN DE LOS DINOSAURIOS

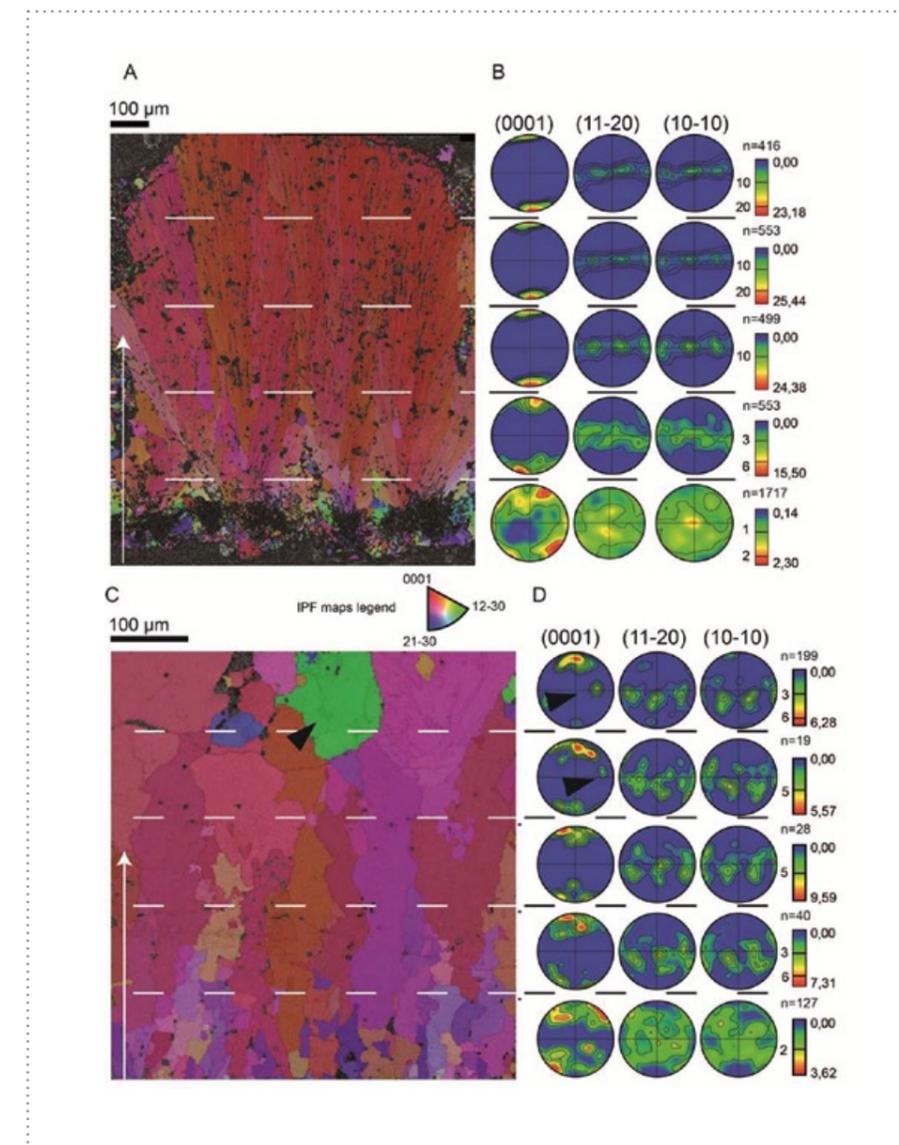
Otro ejemplo de utilización de tecnología punta en la investigación paleontológica es el trabajo que hemos publicado sobre cáscaras de huevo. El estudio forma parte de la tesis doctoral de Miguel Moreno en una colaboración con la Universidad de Liverpool. En el desarrollo de esta investigación se han utilizado técnicas de microscopía electrónica que, si bien son comunes en otros campos, como en Ciencia de los Materiales, solo recientemente se han aplicado al estudio de la estructura de los fósiles. Estas técnicas, las Imágenes de Contraste de Orientaciones y la Difracción de Electrones Retrodispersados, permiten caracterizar la disposición espacial de los cristales de calcita que conforman la cáscara de huevo.

Hemos avanzado en descubrir los mecanismos de formación de la cáscara de huevo de los dinosaurios, identificando la existencia de diferentes estrategias de incubación. Hemos analizado las relaciones entre estos cristales reconstruyendo los procesos que condujeron a la formación de la cáscara. Los especímenes elegidos para esta investigación son cáscaras de Primateoolithidae proveniente del yacimien-

to turoense de La Cantalera (Josa, Cretácico Inferior), una cofamilia relacionada con los dinosaurios terópodos, y un fragmento de cáscara de huevo de un hadrosaurio (cf. *Maiasaura*) del Cretácico Superior de Norteamérica. Se han seleccionado estas cáscaras por tratarse de dos grupos muy separados ecológica y evolutivamente dentro de los dinosaurios. Los terópodos agrupan a los dinosaurios carnívoros, entre los cuales se encuentran los gigantes *Tyrannosaurus* y los pequeños emplumados

Velociraptor. Los hadrosaurios son dinosaurios comedores de plantas que alcanzaron tamaños considerables. Se les conoce popularmente como “pico de pato” por la expansión que tiene la parte anterior de su cráneo.

La reconstrucción del crecimiento de los cristales nos ha permitido conocer que los dinosaurios terópodos, incluyendo las aves actuales que habitaron el Cretácico Inferior turoense generaban una cáscara de huevo extrema-



Mapa de color de IPF de cáscaras de huevo de dinosaurios hadrosaurios (arriba) y terópodos (abajo). Los colores representan la orientación de los ejes c de los cristales de calcita, siendo los tonos rojos cristales orientados verticalmente (hacia arriba con respecto a la imagen) y los tonos verdes y azules cristales orientados perpendicularmente a los primeros.

Miguel Moreno
(Grupo *Aragosaurus*).

Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios

damente dura. Esto permitiría a los individuos adultos sentarse sobre los huevos para incubarlos, además los embriones necesitarían un buen desarrollo para poder romper la cáscara de huevo. Sin embargo, los dinosaurios hadrosaurios utilizan un control biológico más estricto en la formación de la cáscara al introducir defectos en su estructura. Esta estrategia permite unos huevos más frágiles. Esto puede parecer a simple vista una desventaja, ya que impide que los adultos se sienten sobre los huevos para incubarlos y protegerlos, pero también permite el nacimiento de individuos más inmaduros que completarán su desarrollo dentro del nido, como se ha observado en los famosos ejemplares de *Maiasaura* de Montana.

EL NUEVO "COCODRILLO" ENCONTRADO DEBAJO DE UNA SABINA

En el mundo donde vivían los dinosaurios también había una gran abundancia y diversidad de "cocodrilos". En realidad deberíamos decir crocodilomorfos, porque los verdaderos cocodrilos son vertebrados que aparecieron más tarde, mientras que las formas cocodrilianas más típicas del Mesozoico serían parientes primitivos. Aunque los restos fósiles de "cocodrilos" son relativamente abundantes en los yacimientos, resulta difícil encontrar ejemplares adecuados para su estudio en profundidad. A finales de la década de 2000 encontramos dos cráneos completos en el Maastrichtiense (Cretácico Superior) del Pirineo oscense. Proviene de rocas de hace 66-65 Ma. Estos fósiles forman parte del material de estudio de la tesis doctoral de Eduardo Puértolas. Se trata de un descubrimiento excepcional, al ser los únicos que se encuentran en nuestro país en sedimentos de una antigüedad cercana a la extinción de los dinosaurios. Como cabía esperar se trataba de dos nuevos taxones, uno de ellos lo hemos descrito con el nombre de *Arenysuchus*. Tuvo una gran trascendencia en prensa al representar una especie que nos informa sobre los primeros pasos en la evolución de los cocodrilos modernos. En este artículo nos vamos a referir al segundo cráneo, recientemente publicado con el nombre de *Allodaposuchus subjuniperus*, nombre que viene del griego y el latín y significa "cocodrilo extranjero bajo la sabina".

.....
Vista dorsal del cráneo de *Allodaposuchus subjuniperus* del Cretácico Superior de los Pirineos de Huesca.

Eduardo Puértolas (Grupo Aragosaurus).



Se trata de un maravilloso ejemplar de un cráneo prácticamente completo. El nombre del género ya era conocido y pertenece a una rama extinta del grupo que posteriormente dio lugar al origen del linaje del que descienden todas las especies actuales de cocodrilos, gaviales, aligátores y caimanes. La especie es nueva y hace referencia a que el cráneo fue descubierto debajo de una sabina. De hecho, el cráneo estaba atravesado por una de sus raíces que se ha conservado integrada en fósil.

El género forma parte de un grupo de crocodilomorfos exclusivos del Cretácico Superior de Europa. Los restos conocidos de *Allodaposuchus* son habituales en los sedimentos de final del Cretácico europeo, aunque fragmentarios. Hasta el momento solo se han recuperado tres cráneos lo suficientemente completos como para permitir un estudio en profundidad: uno en Rumanía, otro en Francia y este último en el Pirineo oscense. La paleogeografía de lo que hoy conocemos como Europa era muy diferente hace unos 65 Ma. Había una serie de islas de gran tamaño. Una de ellas era el macizo Ibero-Armoricano que incluía el sur de Francia e Iberia. La separación entre estas islas permitió la evolución vicariante de *Allodaposuchus* en las distintas masas terrestres. Por último cabe destacar que *Allodaposuchus* pudo ser una de las víctimas de la extinción masiva relacionada con el impacto de un meteorito en el final del Cretácico-Terciario, ya que no se han encontrado sus restos fósiles en las rocas de la base del Terciario.

LOS SAURÓPODOS Y LA CAÍDA DE UN METEORITO HACE 65 MA

La extinción de los dinosaurios no avianos es uno de los temas en ciencia con más repercusión en la literatura científica y divulgativa. Uno de los lugares clave para investigar esta extinción son los Pirineos de Huesca y Lérida. Es uno de los pocos lugares del mundo donde se encuentran las formaciones rocosas con vertebrados continentales entre los 70 y 50 Ma. Esta extinción se produjo aproximadamente hace 65 Ma. Desde hace 20 años estamos documentando la diversidad de los

REFERENCIAS

Todo lo que hemos contado está desarrollado de manera amplia en las publicaciones científicas. Para los que estén más interesados se pueden descargar en la Biblioteca de nuestra Universidad, o se pueden pedir a los miembros del equipo por correo electrónico. Os adjuntamos la referencia de los trabajos:

- Badiola A., Canudo J. I. y Cuenca-Bescós G. (2011). A systematic reassessment of Early Cretaceous multituberculates from Galve (Teruel, Spain). *Cretaceous Research* 32(1), 45-57.
- Carballido J., Salgado L., Pol D., Canudo J. I. y Garrido A. (2012). A new basal rebbachisaurid (Sauropoda, Diplodocoidea) from the Early Cretaceous of the Neuquén Group: evolution and biogeography of the group. *Historical Biology* 24(6), 631-654.
- Castanera D., Vila B., Razzolini N. L., Falkingham P. L. y Canudo J. I. (2013). Manus track preservation bias as a key factor for assessing trackmaker identity and quadrupedalism in basal ornithomorphs. *PLoS ONE* 8(1): e54177.
- Cuenca-Bescós G., Badiola A., Canudo J. I., Gasca J. M. y Moreno-Azanza M. (2011). New dryolestidan mammal from the Hauterivian-Barremian transition. *Acta Paleontologica Polonica* 56(2), 257-267.
- Moreno-Azanza M., Mariani E., Bauluz B. y Canudo J. I. (2013). Growth mechanisms in dinosaur eggshells: an insight from electron backscatter diffraction. *Journal of Vertebrate Paleontology* 33(1), 121-130.

Reconstruyendo el mundo perdido de los dinosaurios



Uno de los fémures de saurópodo estudiados en el Museo de Geología de Barcelona. En la fotografía, tres de los autores: J.I.Canudo, B. Vila y A. Galobart.

Grupo Aragosaurus.

dinosaurios en estas rocas. Esto nos ha permitido descubrir dos nuevos hadrosaurios (*Arenysaurus* y *Blasisaurus*) en la localidad de Arén (Huesca). Pero este año hemos ido un poco más lejos estudiando los saurópodos, un grupo de dinosaurios mal conocido a nivel mundial en los sedimentos del final de la época de los dinosaurios.

Por el momento, no se han encontrado ejemplares completos de saurópodos en los Pirineos

españoles. Esto dificulta conocer cuántas y cuáles fueron las especies que vivieron al final del Cretácico en esta área, pero podemos hacer un aproximación. Lo que conocemos es una gran cantidad de fémures aislados de saurópodos descubiertos tanto por nosotros como por otros investigadores. El fémur es un hueso importante para la clasificación de los dinosaurios. Cada especie presenta una morfología del fémur diferente. Partiendo de esta evidencia

hemos estudiado todos los fémures que se conocían en yacimientos de los Pirineos españoles y del sur de Francia, áreas que a finales del Cretácico formaban parte de la gran Isla Ibero-Armoricana. Además hemos situado con precisión a cada uno de estos fósiles en su contexto estratigráfico, de esta manera hemos conocido con bastante exactitud su edad.

“Una de las polémicas científicas es conocer si los dinosaurios estaban en declive, es decir, había disminuido su diversidad, o no, antes del evento de extinción.”

Con toda esta información sabemos el número mínimo de saurópodos que había poco antes de su extinción en la Isla Ibero-Armoricana. Los resultados que obtuvimos son interesantes y esclarecedores. Al menos vivían tres saurópodos distintos en esta parte de Europa al final del Cretácico. Una de las polémicas científicas en este tema es conocer si los dinosaurios estaban en declive, es decir, había disminuido su diversidad, o no, antes del evento de extinción. Nuestros resultados indican que los saurópodos no redujeron en diversidad en los últimos 10 Ma en esta parte del mundo. Se trata de un espaldarazo a la teoría catastrofista, que postula un evento o conjunto de eventos simultáneos que borró de la faz de la tierra a los dinosaurios no avianos, junto con gran parte de la biodiversidad del Mesozoico, pero hay mucha investigación por realizar para que esta teoría esté totalmente comprobada. Nosotros seguimos en ello.

José Ignacio Canudo (a), Ainara Badiola (b), José Luís Barco (a), Diego Castanera (a), Penélope Cruzado (a), Ester Díaz (a), Ignacio Díaz (c), José Manuel Gasca (a), Miguel Moreno (a), Jara Parrilla (a), Eduardo Puértolas (a), José Ignacio Ruiz-Omeñaca (d), Bernat Vila (a) y Gloria Cuenca (a).

a. Grupo Aragosaurus - IUCA
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza
www.aragosaurus.com
jjcanudo@unizar.es

b. Dpto. Estratigrafía y Paleontología
Facultad de Ciencias y Tecnología
Universidad del País Vasco

c. Dpto. de Química
Facultad de Ciencias, Estudios Agroalimentarios e Informática
Universidad de La Rioja

c. Museo del Jurásico de Asturias (MUJA)
Colunga (Asturias)

- Parrilla-Bel J., Young M. T., Moreno-Azanza M. y Canudo J. I. (2013). *The first metriorhynchid crocodyliform from the Middle Jurassic of Spain, with implications for evolution of the subclade Rhacheosaurini*. PLoS ONE 8(1), e54275.
- Puértolas-Pascual E., Canudo J. I. y Moreno-Azanza M. (2013). *The eusuchian crocodylomorph Allodaposuchus subjuniperus sp. nov., a new species from the Latest Cretaceous (upper Maastrichtian) of Spain*. Historical Biology, en prensa
- Ruiz-Omeñaca J. I., Canudo J. I., Cuenca-Bescós G., Cruzado-Caballero P., Gasca J. M. y Moreno-Azanza M. (2012). *A new basal ornithomimid dinosaur from the Barremian of Galve, Spain*. Comptes Rendus Palevol 11(6), 435-444.
- Salgado L., Canudo J. I., Garrido A.C. y Carballido J. L. (2012). *Evidence of gregariousness in Rebbachisauridae (Dinosauria, Sauropoda, Diplodocoidea) in the Early Cretaceous of Neuquén (Rayoso Formation), Patagonia, Argentina*. Journal of Vertebrate Paleontology 32(3), 603-613.
- Vila B., Galobart A., Canudo J. I., Le Loeuff J., Dinarés-Turell J., Riera V., Oms O., Tortosa T. y Gaete R. (2012). *The diversity of sauropod dinosaurs in the latest Cretaceous of Southwest of Europe*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 350-352, 19-38.