

HUEVOS DE DINOSAURIO EN LAS SIERRAS EXTERIORES DE HUESCA

Miguel MORENO-AZANZA^{1,2,3} | Lope EZQUERRO^{1,2} |
Manuel PÉREZ-PUEYO³ | José Manuel GASCA³

RESUMEN.— Esta salida de campo virtual repasa el registro oológico de la provincia de Huesca, con especial atención a los yacimientos paleontológicos del Cretácico superior y con énfasis en el nuevo yacimiento Ermita de Santa Marina. En este punto se recuperaron durante la campaña de excavación de 2020 más de sesenta huevos de dinosaurios saurópodos, lo que conllevó una gran atracción mediática. Los huevos, atribuidos a *Megaloolithus sirugei*, un ootaxón o especie de huevo fósil relacionado con saurópodos titanosaurios, aparecen no solo en este yacimiento, sino a lo largo de una alineación de afloramientos de materiales de la facies Garum de unos 10 kilómetros de extensión, incluyendo un yacimiento poco conocido en el entorno del pantano de La Peña donde fueron descritas las primeras cáscaras de huevo fósiles de la provincia de Huesca en 1967.

ABSTRACT.— This virtual field trip reviews the oological record of the province of Huesca, with special attention to the Upper Cretaceous paleontological sites, and with emphasis on the new Ermita de Santa Marina site.

Recepción del original: 26-7-2021. Aceptación: 28-7-2021.

¹ GeoBioTec. Departamento de Ciências da Terra. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, Campus FCT.99. 2829-516 Caparica (Portugal). mmazanza@fct.unl.pt, lruiz@fct.unl.pt

² Espaço Nova Paleo. Museu da Lourinhã, Rua João Luís de Moura 95. 2530-158 Lourinha (Portugal).

³ Grupo Aragosaurus – IUCA, Recursos Geológicos y Paleoambientes. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. E-50009 Zaragoza. manuppueyo@unizar.es, jmgaska@hotmail.com

In this site, more than sixty sauropod dinosaur eggs have been recovered during the 2020 excavation campaign, generating major media attraction. The eggs have been attributed to *Megaloolithus sirugei*, an ootaxon or species of fossil egg related to titanosaur sauropods. These eggshells have been also found along an alignment of outcrops of the Garum Facies of about 10 km, including a little-known palaeontological site, in the surroundings of La Peña reservoir, where the first fossil eggshells of the province of Huesca were described in 1967.

KEYWORDS.— Virtual field trip. Upper Cretaceous. Eggs. Megaloolithidae. Sauropods. Ermita de Santa Marina site. External Sierras of the Pyrenees (Huesca, Spain).

INTRODUCCIÓN

En otoño de 2019 el Club Alpino Universitario (CAU) de la Universidad de Zaragoza se encontraba realizando un entrenamiento de *trail running* en las sierras de Loarre. El plan del día incluía remontar este relieve prepirenaico desde la hoya de Huesca, incluyendo una parada en el entorno de la ermita de Santa Marina. Esta y el refugio de montaña anexo son paradas habituales de deportistas y excursionistas, por lo que es difícil no encontrar a alguien disfrutando de las vistas desde este singular collado o de una barbacoa en el espacio acondicionado para ello que ofrece el refugio, aún más frecuentado en días de romería y fines de semana.

Ese 14 de diciembre entre los miembros del CAU se encontraba José Manuel Gasca, geólogo y paleontólogo de profesión, pero sobre todo amante de la montaña y la competición. Mientras sus compañeros recuperaban fuerzas al pie del refugio, la curiosidad profesional de José Manuel Gasca se impuso. El collado donde se ubica Santa Marina es un parche de arcillas rojas y calizas grises en medio de un denso pinar. Estos afloramientos han sido tradicionalmente cartografiados como facies Garum, con una edad imprecisa de Cretácico – Paleoceno. José Manuel no tardó mucho en identificar una gran abundancia de fragmentos de carbonato, de un color negro azulado, que rápidamente identificó como cáscaras de huevo de dinosaurios. El paleontólogo tenía gran experiencia con este tipo de fósiles, ya que durante su tesis doctoral había compartido despacho e incontables horas de campo con Miguel Moreno-Azanza, experto en este tipo de fósiles. Sin embargo, los fragmentos de cáscara eran muy distintos a los que recogía con Miguel en las

prospecciones del Cretácico inferior en Teruel: aquí eran más gruesos, pues superaban los 3 milímetros, y mucho más grandes. Se parecían más a los huevos de saurópodo que José Manuel había excavado en la Patagonia, cuando trabajó como investigador para el Gobierno argentino.

El resto del grupo de corredores llamó a José Manuel. El entrenamiento debía continuar. Diligente, tomó una serie de fotografías, recogió las coordenadas del sitio y continuó con el entrenamiento. No tardaría mucho en volver por allí. La cosa prometía.

PARADA 0. EL REGISTRO DE HUEVOS DE LOS PIRINEOS

Los Pirineos son un lugar de referencia mundial para el estudio de los huevos de dinosaurio. Los primeros huevos de dinosaurio descubiertos a nivel mundial fueron encontrados en las faldas de los Pirineos franceses en 1846 por el doctor Pierre Philippe Émile Matheron, aunque no fueron descritos hasta trece años más tarde por el padre Jean-Jacques Pouech (1859). Diez años más tarde, Matheron (1869) discutió el origen de estas cáscaras y huevos e, intrigado por su tamaño, los atribuyó a un pájaro gigante o al *Hypselosaurus*, un taxón descubierto por el propio Matheron y del que se habían recuperado parte del miembro posterior izquierdo y un par de vértebras caudales. Matheron interpretó que se trataba de los restos de un cocodrilo gigante, probablemente acuático. Años después, Deperet (1900) reinterpretaría estos huesos como pertenecientes a un dinosaurio saurópodo indeterminado. Estudios recientes han confirmado que el holotipo de *Hypselosaurus* es un titanosaurio indeterminado; sin embargo, no presenta características diagnósticas y es hoy en día considerado un *nomen dubium* (DÍEZ DÍAZ y cols., 2013 y referencias incluidas). Actualmente, gracias a la descripción de embriones en huevo conservados en huevos muy similares en Argentina (CHIAPPE y cols., 1998; KUNDRÁT y cols., 2020), sabemos que efectivamente estos huevos pertenecían a un dinosaurio saurópodo, muy probablemente un titanosaurio, lo que confirma la asociación original de huevos y huesos realizada por Matheron hace más de ciento cincuenta años.

Desde entonces los afloramientos del Cretácico superior pirenaicos se han convertido en uno de los lugares de huevos de dinosaurio más famosos y prolíficos del mundo, con cientos de nidadas recuperadas tanto en el Pirineo

francés como en el catalán. Un reflejo de la importancia de estos yacimientos es que fueron el motivo de la creación del Simposio en huevos y bebés de dinosaurio (*Symposium on Dinosaur Eggs and Babies*), el congreso de referencia mundial para el estudio de la reproducción de los dinosaurios, cuyas dos primeras ediciones fueron celebradas en Isona (Lérida) en 1999 y en Aix-en-Provence (Francia) en 2002, este último conocido entre los paleontólogos cariñosamente como *Eggs-en-Provence*.

Son innumerables las publicaciones escritas sobre los huevos de dinosaurios de los Pirineos, algunas de ellas en revistas tan prestigiosas como *Nature* (SANZ y cols., 1995). Cabe destacar estudios sobre la parataxonomía de estos huevos (BRAVO y GAETE, 2015; GARCIA, 2000; LÓPEZ-MARTÍNEZ y VICENS, 2012; SELLÉS y cols., 2013 y 2014a; SELLÉS y GALOBART, 2016; VIANEY-LIAUD y LÓPEZ-MARTÍNEZ, 1997), además de cuestiones paleobiológicas, como los modos y ambientes de anidación (SANZ y cols., 1995; SANDER y cols., 1998 y 2008; LÓPEZ-MARTÍNEZ y cols., 2000; VILA y cols., 2010). Es importante destacar que, además de huevos de dinosaurios saurópodos (BRAVO y GAETE, 2015; SELLÉS y cols., 2013), se han descrito cáscaras y huevos de dinosaurios terópodos, incluyendo aves (CHOI y cols., 2020; LÓPEZ-MARTÍNEZ y VICENS, 2012; SELLÉS y cols., 2014b), además de cáscaras de dinosaurios ornitisquios, incluyendo ornitópodos (SELLÉS y cols., 2014a) y probablemente tireóforos (SELLÉS y GALOBART, 2016). Finalmente, como veremos más adelante, en el Pirineo oscense se conocen cáscaras de huevo de cocodrilo (MORENO-AZANZA y cols., 2014).

Hasta el año 2020 no se conocían huevos fósiles completos en el Pirineo oscense, lo que contrastaba en gran medida con el increíble registro de la provincia colindante de Lérida. Es cierto que los afloramientos cretácicos tienen mucha menor extensión y sobre todo accesos mucho más complejos que en la zona catalana, pero la escasez de restos oológicos sorprendía a los paleontólogos.

La primera evidencia de cáscaras de huevo en un yacimiento de la provincia de Huesca fue presentada por la paleontóloga Nieves López Martínez en aquel primer congreso de huevos de dinosaurio celebrado en Isona. LÓPEZ-MARTÍNEZ y cols. (2001) describen el yacimiento de Blasi 2b, con una sorprendente diversidad de cáscaras de huevo de dinosaurios, e identifican hasta siete formas distintas.

Los yacimientos de Blasi, en el municipio de Arén, son una serie de yacimientos fosilíferos donde se han recuperado los últimos dinosaurios de Europa. Datados en aproximadamente 68 millones de años, en ellos se han hallado los esqueletos de dos dinosaurios hadrosaurios: *Arenysaurus ardevoli* y *Blasisaurus canudoi*. Los hadrosaurios eran herbívoros de tamaño medio, con pequeñas crestas en la cabeza, que probablemente vivían en manadas. Sus restos son muy abundantes en los últimos niveles del Cretácico pirenaico, donde se han identificado entre seis y ocho especies diferentes, aunque *Arenysaurus* y *Blasisaurus* continúan siendo los mejor conocidos. Cabe destacar que en la localidad ilerdense de Pont d’Orrit, a escasos kilómetros de Arén, se han identificado fragmentos de huevos de la ooespecie *Spheroolithus europaeus*, probablemente pertenecientes a estos animales (SELLÉS y cols., 2014a). Muy cerca de los yacimientos de Blasi, en el yacimiento Elías, se recuperó un cráneo de cocodrilo de pequeño tamaño, poco más de 1 palmo, que fue descrito como *Arenysuchus gascabioliarum* (PUÉRTOLAS y cols., 2011) (fig. 1).

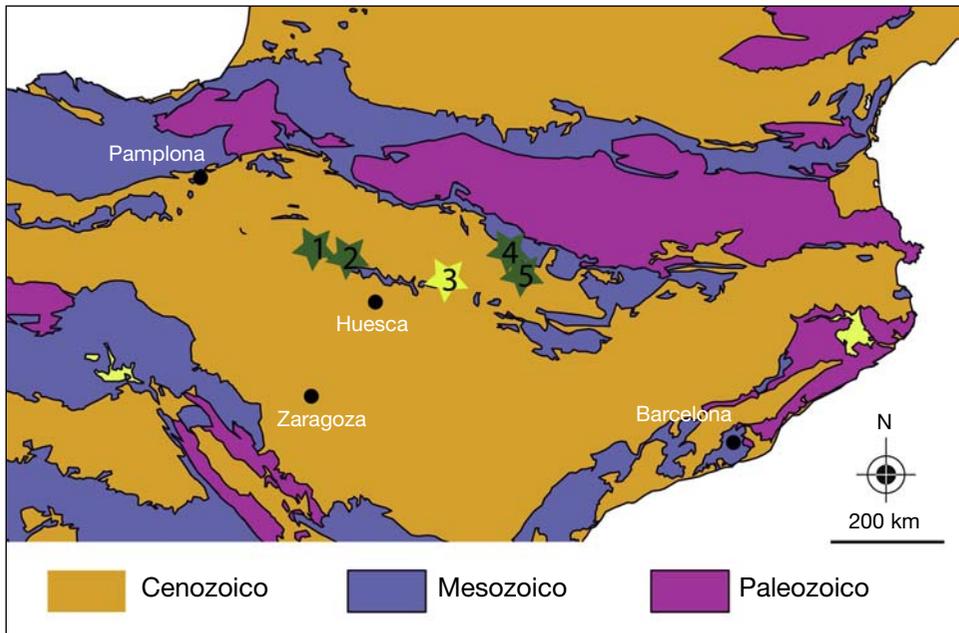


Fig. 1. Yacimientos con fósiles oológicos de la provincia de Huesca. 1. La Raya – Souquet. 2. Ermita de Santa Marina. 3. Castejón de Sobrarbe. 4. Veracruz 1. 5. Blasi 2b.

El yacimiento de Blasi 2b es diferente de todos los de su entorno. Mientras en Blasi 1 y 3 y en Elías se recuperan microfósiles de gran tamaño, Blasi 2b es un yacimiento de microvertebrados. Estos yacimientos se trabajan de una forma diferente, ya que los fósiles que contienen no pueden ser identificados a simple vista. Los paleontólogos recogemos roca del yacimiento (en Blasi 2b, más de 3 toneladas) que disgregamos en el laboratorio con ayuda de agua y compuestos químicos (normalmente, agua oxigenada, pero en ocasiones ácidos o detergentes y productos anticál). Esta roca disgregada se pasa después a través de una serie de tamices de luces de malla decreciente. De esta forma se obtienen unos concentrados que después son triados con ayuda de un microscopio y se separan uno a uno los fósiles del resto de fragmentos de roca con ayuda de un pincel. Es un proceso laborioso que puede llevar semanas.

La diversidad de cáscaras de dinosaurios terópodos en Blasi 2b es inusual. LÓPEZ-MARTÍNEZ y cols. (2001) describen hasta seis tipos de cáscaras terópodos diferentes. Considerando que los huevos de terópodo son asimétricos y que algunos tipos de cáscara pueden pertenecer a diferentes áreas del huevo, como los polos y el ecuador, es posible que en Blasi 2b esté registrada la presencia de cuatro dinosaurios terópodos diferentes que anidaban en el entorno. Además, este yacimiento permitió identificar cáscaras de huevo de crocodilomorfo, identificado como Megaloolithidae por LÓPEZ-MARTÍNEZ y cols. (2001) en un trabajo de referencia que ha tenido un gran impacto en nuestro conocimiento sobre la cáscara de huevo del grupo que incluye a los cocodrilos actuales y sus ancestros más cercanos (MORENO-AZANZA y cols., 2014; PÉREZ-PUEYO y cols., 2021, en prensa). Estas cáscaras, muy poco abundantes en Blasi 2b, han aparecido en un yacimiento recientemente descubierto, Veracruz 1, en el término municipal de Beranuy (PÉREZ-PUEYO y cols., 2019). Nuestro equipo está trabajando con ellas y posiblemente representarán el primer ootaxón, o especie de huevo fósil, descrito en el Pirineo aragonés.

Finalmente, no podemos dejar de hablar de un estudio muy reciente que ha descrito una inesperada acumulación de cáscaras de huevo de tortugas en la localidad de Castejón de Sobrarbe (MORENO-AZANZA y cols., 2021). Este yacimiento es mucho más moderno, perteneciente a la época del Eoceno, en torno a unos 42 millones de años. El yacimiento de CS-42

es mundialmente conocido por ser la localidad donde se describió el sirenio *Sobrarbesiren cardieli*, ancestro de los manatíes y dugongos actuales (BERENGUER y cols., 2018), además de varios caparazones de la tortuga *Eocnochelus eremberti* (PÉREZ-GARCÍA y cols., 2021), una tortuga costera que se conoce en el registro fósil de Francia y Bélgica. En este yacimiento, buscando otros pequeños animales que hubieran convivido con *Sobrarbesiren* mediante el proceso de lavado antes descrito, descubrimos que el fósil más habitual eran los fragmentos diminutos de cáscaras de huevo de tortuga. Se han recuperado decenas de miles de fragmentos de estos huevos, todos de un tamaño inferior a 0,5 centímetros y pertenecientes al mismo ootaxón. El estudio de la sedimentología y la tafonomía del yacimiento nos ha permitido interpretarlo como un canal abandonado donde se acumularon los restos de una gran área de nidificación de tortugas, destruida probablemente por una tormenta que arrasó el delta de Sobrarbe.

PARADA 1. CONTEXTO GEOLÓGICO DE LAS SIERRAS EXTERIORES

Los Pirineos son una cadena montañosa que limita la península ibérica por el norte. Con una dirección noroeste-sureste, se corresponde con un cinturón de pliegues y cabalgamientos formados por la colisión de las placas ibérica y europea iniciada al final del Cretácico y que continuó hasta el Mioceno temprano (GARRIDO-MEGÍAS y RÍOS, 1972; PUIGDEFÁBREGAS y SOUQUET, 1986). En el lado ibérico de los Pirineos, de vergencia sur, se pueden distinguir cuatro grandes dominios: la Zona Axial, conformada por materiales paleozoicos, y las Sierras Interiores y Exteriores, independizadas por la cuenca eocena de Jaca y compuestas por una serie de cabalgamientos que afectan a materiales mesozoicos y cenozoicos (fig. 2).

Las Sierras Exteriores se formaron en el último pulso orogénico, post-Eoceno, cuando las láminas de cabalgamiento de Gavarnie y Guarga se emplazaron hacia el sur, elevando la cordillera sobre la cuenca del Ebro, gracias a la existencia de niveles de despegue formados por evaporitas triásicas. Así, las Sierras Exteriores son una serie de relieves que engloban materiales mesozoicos y del Cenozoico temprano superpuestos de forma discordante. Dentro de este dominio, los niveles que contienen huevos de dinosaurio se hallan en el tramo de la sierra de Loarre y se corresponden con una sucesión

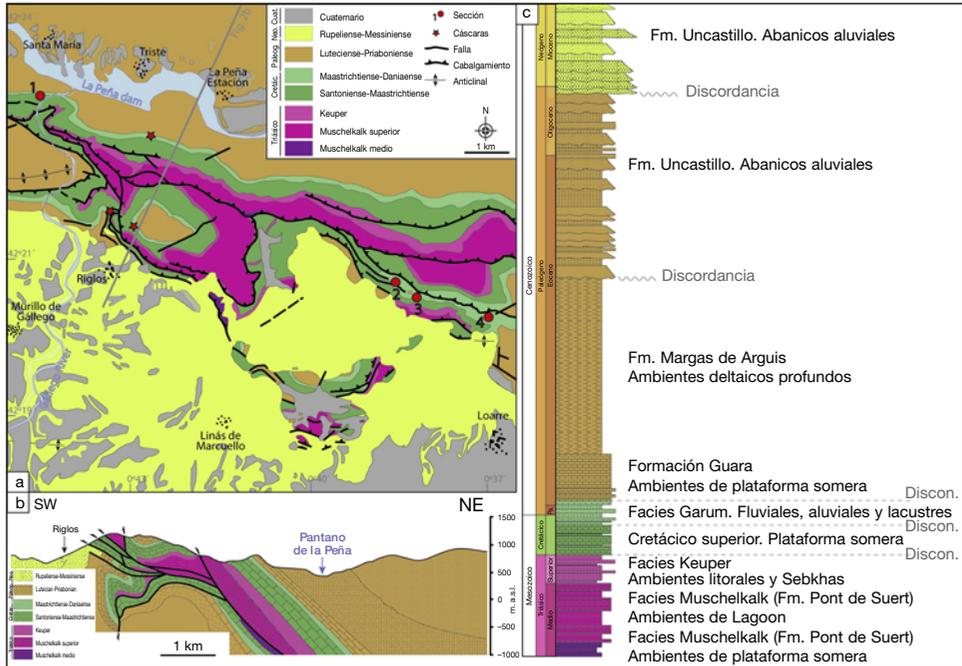


Fig. 2. Contexto geológico de los yacimientos paleontológicos de las Sierras Exteriores. a) Mapa geológico, modificado de García-Sansegundo y cols., 2009. b) Corte geológico que muestra la estructura de las Sierras Exteriores, modificado de Teixell y García-Sansegundo (1995). c) Perfil estratigráfico sintético del área de estudio.

de depósitos del Maastrichtiense (Cretácico superior), que se encuentran directamente apoyados sobre un nivel de despegue triásico y sobre los que se disponen las calizas de alveolinas de Guara (Eoceno temprano).

La sucesión estratigráfica del final del Cretácico en las Sierras Exteriores es más o menos similar a la de otras regiones pirenaicas, aunque presenta ciertas peculiaridades locales, y los materiales han recibido diversas nomenclaturas en las diferentes regiones. Existe una unidad inferior más carbonatada, de edad probablemente Campaniense – Maastrichtiense, que representa depósitos de plataforma marina somera, y una unidad superior terrígena depositada en ambientes continentales de edad Maastrichtiense – Daniense (PUEYO y cols., 2016).

La unidad terrígena superior, denominada tradicionalmente *facies Garum*, está dominada por una sucesión de arcillas rojas y naranjas con abundantes

paleosuelos. Sobre ella se observan estratos canaliformes de areniscas y ocasionales conglomerados, que pasan verticalmente a arcillas rojas. Hacia el techo de la unidad se observan unas características calizas blancas. Toda la unidad presenta evidencias de exposición subaérea constante, marcada por procesos pedogénicos. Esta sucesión representa una regresión, que es observada en todo el Cretácico superior pirenaico y que en las Sierras Exteriores se refleja en el paso de depósitos marinos someros a una llanura aluvial en ambientes fluviales, con algunos momentos de sedimentación marcadamente lacustre. Es en estas facies de llanura aluvial donde abundan los fragmentos de cáscara, huevos y puestas de dinosaurios.

PARADA 2. EL PRIMER REGISTRO DE HUEVOS DE DINOSAURIO DE HUESCA: LA RAYA – SOUQUET

La primera cita de huevos de dinosaurio de las Sierras Exteriores se la debemos al geólogo francés Pierre Souquet. En su tesis doctoral de 1967 Souquet estudia la estratigrafía de las Sierras Exteriores en Cataluña, Aragón y Navarra. Conocedor de los yacimientos de Lérida, no tardó en identificar correctamente unos pequeños fragmentos de cáscara cuando los encontró en el corte de la carretera de Murillo de Gállego hacia el pantano de La Peña (figs. 3 y 4) (SOUQUET, 1967: 387, traducido del francés original):

En toda la extensión de las sierras aragonesas, las formaciones continentales del *Garum* se superponen directamente a las calizas con *Hippurites* del Campaniense [...] El *Garum* está representado allí por una unidad de arenisca-arcillosa roja, de unos 50 metros, que proporciona restos de huevos de dinosaurio, un poco más abajo del pantano de La Peña.

Efectivamente, tras pasar Riglos en dirección norte, la carretera corta una franja de materiales de la facies Garum de 20 metros de espesor, que descansa sobre las calizas marinas del Campaniense – Maastrichtiense e incluye facies lacustres a techo de la sucesión. A mitad de esta se puede observar un estrato rojizo / morado donde se pueden observar abundantes fragmentos de cáscara de huevo en la base, algunos representando contornos de huevos completos colapsados, y que se vuelven paulatinamente más escasos hacia el techo. El yacimiento, conocido como La Raya – Souquet, no ha sido trabajado en extensión. Sin embargo, un análisis preliminar de



Fig. 3. El yacimiento La Raya – Souquet visto desde la carretera de Murillo de Gállego.



Fig. 4. Fragmentos de cáscara de huevo de dinosaurios saurópodos *in situ* en el yacimiento La Raya – Souquet.

las cáscaras muestra que son cáscaras de huevo de unos 2 milímetros de espesor, con estructura de cáscara discretiesferulítica y ornamentación compactituberculada de las superficies externas. El sistema de poros es tubocaniculado y, si bien no se han podido observar poros secundarios, el resto de las características diagnósticas permiten una asignación previa tentativa como *Megaloolithus sirugei*, un ootaxón de cáscaras de huevo de saurópodo frecuente en los yacimientos catalanes y franceses que generalmente es recuperado en afloramientos correspondientes al magnetocron C31r, en el Maastrichtense inferior (FONDEVILLA y cols., 2019).

PARADA 3. EL YACIMIENTO ERMITA DE SANTA MARINA

El yacimiento Ermita de Santa Marina (municipio de Loarre) es un afloramiento de 500 metros cuadrados ubicado en las capas sobre las que se apoya esta ermita, al que se puede acceder desde una pista forestal que sale desde la carretera del castillo de Loarre (fig. 5). El nivel fosilífero, de casi 2



Fig. 5. Vista del yacimiento Ermita de Santa Marina desde la pista de acceso.

metros de espesor, está formado predominantemente por arcillas afectadas por una gran variedad de procesos pedogénicos y contiene fragmentos de cáscara de huevo en toda su extensión. Se pueden reconocer tres tipos de facies en este nivel. Las de tipo I, con una matriz rojiza y gran presencia de manchas grises y amarillentas. Abundan los nódulos de carbonato y superficies estriadas, mientras que los rizolitos son estrechos y muy escasos. Se interpretan como paleosuelos bien drenados. Las facies tipo II son arcillas grises que pasan a violáceas. Son más carbonatadas que las de tipo I y presentan porosidad fenestral y evidencias de sucesivos procesos de disolución-dolomitización. Abundan los nódulos carbonatados y rizolitos más gruesos que en la facies tipo I. Este nivel es el que ha producido las grandes acumulaciones de cáscaras de huevo y huevos completos (fig. 6). Finalmente, las facies tipo III son similares a las tipo I pero de grano marcadamente más grueso, y, aunque no se observan rizolitos ni nódulos, abundan las fracturas. Las facies II y III se han interpretado como paleosuelos mal drenados.

Tras el inesperado descubrimiento, un equipo de la Universidad de Zaragoza, en colaboración con la Universidade Nova de Lisboa, y un técnico de



Fig. 6. Un huevo de dinosaurio saurópodo en la superficie del yacimiento.

la Dirección General de Patrimonio Cultural se desplazaron al afloramiento en enero de 2020. En los primeros cinco minutos de prospección se localizaron media docena de huevos más o menos completos, por lo cual se solicitaron los permisos necesarios para realizar una excavación sistemática.

En septiembre de 2020 un equipo de veinte personas, en turnos rotatorios de un máximo de diez personas, inició la primera fase de excavación del yacimiento de Ermita de Santa Marina, que se prolongaría más de un mes. Se han identificado cuatro grandes acumulaciones que contienen más de seis huevos, y alguna de ellas, hasta una veintena. Por el momento se han extraído dos de estas acumulaciones. En total se calcula que, en esta primera campaña, se han identificado un total de sesenta huevos y miles de fragmentos de cáscara de huevo (figs. 7 y 8).

Los huevos son subsféricos, aunque se encuentran marcadamente achatados en el eje vertical, probablemente por efecto de la carga litostática. Tienen un diámetro de unos 15 centímetros y las cáscaras de huevo presentan un espesor medio de en torno a 3 milímetros, aunque se han recuperado algunos fragmentos de cáscara con espesores superiores a 1 centímetro, lo

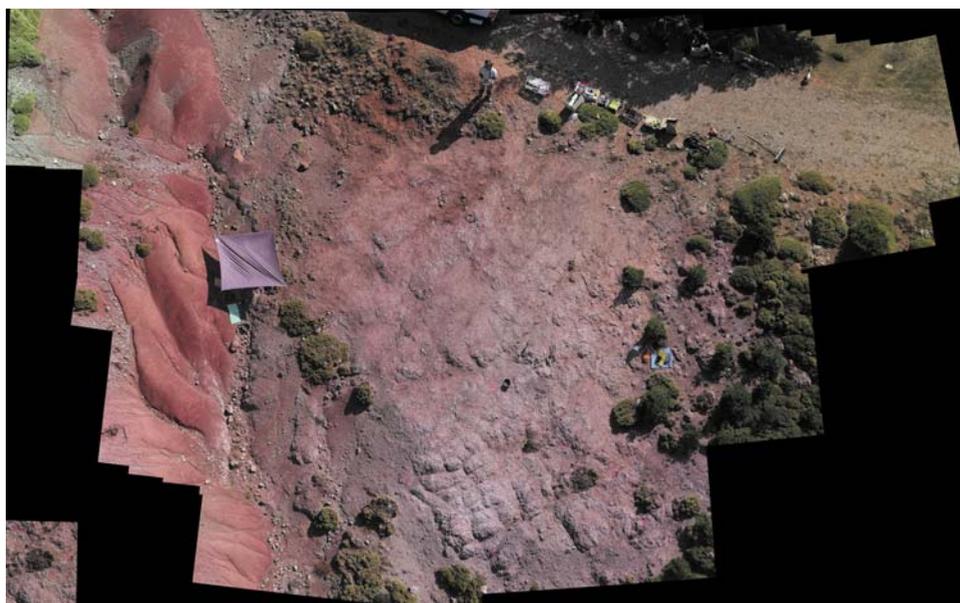


Fig. 7. Panorama de imágenes de dron donde se observa toda la extensión del área fosilífera.



Fig. 8. Uno de los huevos de saurópodo recuperado en Ermita de Santa Marina tras su preparación.

que las convierte en unas de las cáscaras más gruesas del registro fósil. La cáscara de huevo es discretisferulítica, con unidades de cáscara muy alargadas y sistema de poros tubocanaliculados. No se ha identificado un sistema de poros horizontal secundario, pero algunas unidades parecen abortadas a mitad de crecimiento, dando lugar a conexiones entre los poros. La superficie externa es compactituberculada. Los huevos, aunque con cáscara ligeramente más gruesa que los del yacimiento de La Raya – Souquet, pueden ser atribuidos a *Megaloolithus sirugei*, de acuerdo con su tamaño, el espesor de la cáscara, la ultraestructura y la ornamentación de la superficie externa. Sin embargo, es necesario explorar la existencia de este sistema de poros secundario, que se considera diagnóstico de la ooespecie pero que puede estar enmascarado por procesos de recrystalización en las muestras observadas.

Finalmente, por encima del nivel más fosilífero, en las facies tipo III se han recuperado abundantes fragmentos de cáscara de huevo. Además de cáscaras de huevo de saurópodo, se han identificado cáscaras de huevo de por lo

menos dos dinosaurios terópodos (*Prismatoolithus* sp. y *Pseudogeckoolithus* sp.) y posibles cáscaras de huevo de cocodrilos.

Los trabajos de excavación del yacimiento de Ermita de Santa Marina está previsto que continúen durante los próximos años. La superficie de afloramiento está limitada por un área forestada, pero trabajos de prospección preliminar han permitido identificar cáscaras de huevo a 2 kilómetros al este del yacimiento y en diversos puntos intermedios entre este y el yacimiento de La Raya – Souquet, 8 kilómetros al oeste. La evidencia actual sugiere que allí donde afloran los niveles basales de las facies Garum aparecen las cáscaras de huevo, por lo que puede ser considerado como un megayacimiento de 10 kilómetros de extensión, aunque en gran parte de difícil acceso. Así pues, el registro oológico de las Sierras Exteriores pirenaicas está a la par de sus equivalentes francés y catalán (figs. 9 y 10).

Queda por determinar la edad de estos yacimientos. Como se ha comentado anteriormente, PUEYO y cols. (2016) atribuyen el tramo detrítico del Garum al magnetocron C29r, el último del Cretácico. Sin embargo, *Megaloolithus*



Fig. 9. Gran parte del trabajo de excavación es realizado con martillos neumáticos.



Fig. 10. El trabajo de delimitación de los huevos se lleva a cabo con herramientas manuales.

sirugei está restringido al magnetocron C31n (FONDEVILLA y cols., 2019). Es necesario realizar un nuevo estudio cronoestratigráfico en el entorno del yacimiento para evaluar si la datación es correcta o si, por el contrario el saurópodo productor de la ooespecie *Megaloolithus* sobrevivió durante todo el Maastriichtense y prefirió los ambientes fluviales de la zona ahora ocupada por las Sierras Exteriores para anidar los últimos 3 millones de años del Cretácico.

PARADA 4. EL FUTURO LOARREG PALEOLAB

La actuación paleontológica en el yacimiento Ermita de Santa Marina despertó un gran interés mediático, con noticias en prensa escrita, internet, radio y televisión en más de sesenta medios locales, nacionales e internacionales. La historia del *paleo-runner*, que ya había ocurrido en otros puntos de Europa, atrajo la atención de cientos de curiosos al yacimiento, de modo que fue necesario delimitar la zona de trabajo y organizar visitas. Además, se impartieron varias conferencias en las localidades de Loarre y Sarsamarcuello para divulgar el descubrimiento (fig. 11).



Fig. 11. Parte del equipo de excavación de 2020. De izquierda a derecha: Diego Castanera, Raquel Moyá-Costa, Jara Parrilla, Ester Díaz Berenguer, Miguel Moreno-Azanza, Víctor Beccari, Carmen Núñez, Sergio Rasal, Eduardo Medrano, Lope Ezquerro, Laura de Jorge, Eduardo Puértolas-Pascual y Alexandra E. Fernandes.

Dado el gran potencial del yacimiento Ermita de Santa Marina y la necesidad de preparación de los materiales fósiles extraídos, con algunas momias de gran volumen y más de 1 tonelada de peso, se determinó la necesidad de crear un laboratorio / museo en la localidad de Loarre. Su objetivo es doble: avanzar en la preparación y el estudio del yacimiento y comenzar su divulgación involucrando a la población local en el descubrimiento desde el minuto cero para que de esta forma contribuyan a su protección. El acceso al yacimiento resulta sencillo y el riesgo de expolio pequeño, ya que es necesario utilizar maquinaria para extraer los huevos. Por todo esto se consideró que informar a la población local era la forma más eficiente de mantener el yacimiento vigilado, en colaboración con la patrulla local del Seprona, que fue convenientemente informada de la localización y de las necesidades de protección de esta área paleontológica.

El laboratorio, cuya construcción se previó para mediados del verano de 2021, incluirá un área musealizada con una interpretación del yacimiento y un área de preparación visitable. El edificio elegido para el laboratorio / museo ha sido donado por el Ayuntamiento de Loarre y se encuentra a la entrada del núcleo urbano con la finalidad de incrementar el volumen de turismo que accede al municipio, atrayendo a parte de los cerca de cien mil visitantes anuales que recibe el castillo de Loarre.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio está cofinanciado por los proyectos PTDC/CTA-PAL/31656/2017 y GeoBioTEc: UIDB/04035/2020, de la Fundação para a Ciência e a Tecnologia de Portugal; el proyecto CGL2017-85038-P, del Ministerio de Ciencia e Innovación de España; el European Regional Development Fund, y el Gobierno de Aragón (Grupo Aragosaurus: Recursos Geológicos y Paleoambientes). Uno de los autores (Manuel Pérez-Pueyo) está becado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Beca FPU 16/03064).

Agradecemos la colaboración del Ayuntamiento de Loarre, sin el cual sería imposible realizar las campañas de excavación, y a las gentes de Loarre y Sarsamarcuello, su apoyo y su demostrado interés. Las actuaciones paleontológicas fueron realizadas con los correspondientes permisos de la Dirección General de Patrimonio Cultural del Gobierno de Aragón (expedientes 020/2020 y 020b/2020).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO, A. M., y R. GAETE (2015). Titanosaur eggshells from the Tremp Formation (Upper Cretaceous, Southern Pyrenees, Spain). *Hist. Biol.*, 27: 1079-1089 <<https://doi.org/10.1080/08912963.2014.934231>>.
- CHIAPPE, L. M., R. A. CORIA, L. DINGUS, F. JACKSON, A. CHINSAMY y M. FOX (1998). Sauropod dinosaur embryos from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature*, 396: 258-261 <<https://doi.org/10.1038/24370>>.
- CHOI, S., M. MORENO-AZANZA, Z. CSIKI-SAVA, E. PRONDVAI e Y.-N. LEE (2020). Comparative crystallography suggests maniraptoran theropod affinities for latest Cretaceous European 'geckoid' eggshell. *Pap. Palaeontol.*, n/a <<https://doi.org/10.1002/spp2.1294>>.

- DEPERET, C. (1900). Sur les Dinosauriens des étages de Rognac et de Vitrolles du pied de la Montagne-Noire. *Comptes-Rendus l'Académie Sci.*, 130: 637-639.
- DÍAZ-BERENGUER, E., A. BADIOLA, M. MORENO-AZANZA y J. I. CANUDO (2018). First adequately-known quadrupedal sirenian from Eurasia (Eocene, Bay of Biscay, Huesca, northeastern Spain). *Scientific reports*, 8 (5127): 1-13 <<https://cutt.ly/CQKLtkQ>>.
- DÍEZ DÍAZ, V., T. TORTOSA y J. LE LOEUFF (2013). Sauropod diversity in the Late Cretaceous of southwestern Europe: The lessons of odontology. *Ann. Paléontol.*, 99: 119-129 <<https://doi.org/10.1016/j.annpal.2012.12.002>>.
- FONDEVILLA, V., V. RIERA, B. VILA, A. G. SELLÉS, J. DINARÈS-TURELL, E. VICENS, R. GAETE, O. OMS y À. GALOBART (2019). Chronostratigraphic synthesis of the latest Cretaceous dinosaur turnover in south-western Europe. *Earth-Sci. Rev.*, 191: 168-189 <<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.01.007>>.
- GARCIA, G. (2000). Diversité des coquilles “Minces” d’œufs fossiles du Crétacé supérieur du Sud de la France. *Geobios*, 33: 113-126 <<https://cutt.ly/dQKLVUF>>.
- GARCÍA-SANSEGUNDO, J., M. J. MONTES y E. A. GARRIDO SCHNEIDER (2009). *Memoria explicativa del Mapa geológico de España. Escala 1 : 50 000, hoja n.º 209 (Agüero)*. 2.ª serie MAGNA, pp. 1-50. IGME. Madrid.
- GARRIDO-MEGÍAS, A., y J. M. RÍOS (1972). Síntesis geológica del Secundario y Terciario entre los ríos Cinca y Segre (Pirineo central de la vertiente surpirenaica, provincias de Huesca y Lérida). *Boletín Geológico y Minero de España*, 83: 1-47.
- KUNDRÁT, M., R. A. CORIA, T. W. MANNING, D. SNITTING, L. M. CHIAPPE, J. NUDDS y P. E. AHLBERG (2020). Specialized craniofacial anatomy of a titanosaurian embryo from Argentina. *Curr. Biol.*, 30/21: 4263-4269.e2 <<https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.07.091>>.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., J. J. MORATALLA y J. L. SANZ (2000). Dinosaurs nesting on tidal flats. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 160: 153-163 <<https://cutt.ly/fQKZgJi>>.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., J. I. CANUDO, L. ARDÈVOL, X. P. SUBERBIOLA, X. ORUE-ETXEARRIA, G. CUENCA-BESCÓS, J. I. RUIZ-OMEÑACA, X. MURELAGA y M. FEIST (2001). New dinosaur sites correlated with Upper Maastrichtian pelagic deposits in the Spanish Pyrenees: implications for the dinosaur extinction pattern in Europe. *Cretac. Res.*, 22: 41-61 <<https://doi.org/10.1006/cres.2000.0236>>.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., y E. VICENS (2012). A new peculiar dinosaur egg, *Sankofa pyrenaica* oogen. nov. oosp. nov. from the Upper Cretaceous coastal deposits of the Aren Formation, south-central Pyrenees, Lleida, Catalonia, Spain. *Palaeontology*, 55: 325-339 <<https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2011.01114.x>>.
- MATHERON, P. (1869). *Notice sur les reptiles fossiles des dépôts fluvio-lacustres crétacés du bassin à lignite de Fuveau*. F. Savy. París.
- MORENO-AZANZA, M., B. BAULUZ, J. I. CANUDO, E. PUÉRTOLAS-PASCUAL y A. G. SELLÉS (2014). A re-evaluation of aff. *Megaloolithidae* eggshell fragments from the uppermost Cretaceous of the Pyrenees and implications for crocodylomorph eggshell structure. *Hist. Biol.*, 26: 195-205 <<https://doi.org/10.1080/08912963.2013.786067>>.

- MORENO-AZANZA, M., E. DÍAZ-BERENQUER, R. SILVA-CASAL, A. PÉREZ-GARCÍA, A. BADIOLA y J. I. CANUDO (2021). Recognizing a lost nesting ground: First unambiguous Testudines eggshells from the Eocene, associated with the pleurodiran Eocnochelus (Huesca, Northern Spain). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 576: 110526 <<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110526>>.
- PÉREZ-GARCÍA, A., E. DÍAZ-BERENQUER, A. BADIOLA y J. I. CANUDO (2021). An unexpected finding: Identification of the first complete shell of the Franco-Belgian middle Eocene littoral pleurodiran turtle Eocnochelus eremberti in Spain. *Hist. Biol.*, 33: 527-533.
- PÉREZ-PUEYO, M., V. GILBERT, M. MORENO-AZANZA, E. PUÉRTOLAS-PASCUAL, B. BÁDENAS y J. I. CANUDO (2019). Late Maastrichtian fossil assemblage of Veracruz 1 site (Beranuy, NE Spain): Wildfires y bones in a transitional environment. En *VIII Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*: 111-113. Salas de los Infantes (Burgos).
- PÉREZ-PUEYO, M., M. MORENO-AZANZA, C. NÚÑEZ-LAHUERTA, E. PUÉRTOLAS-PASCUAL, B. BÁDENAS y J. I. CANUDO (2021, en prensa). Eggshell association of the Late Maastrichtian (Late Cretaceous) at Blasi 2B fossil site: A scrambled of vertebrate diversity. *Ciências da Terra-Procedia*, 1: 58-61.
- POUECH, J.-J. (1859). Mémoire sur les terrains tertiaires de l'Ariège rapportés à une coupe transversale menée de Fossat à Aillères, passant par le Mas d'Azil et projetée sur le méridien de ce lieu. *Bull. Société Géologique de France*, 2^e sér., 16: 381-411.
- PUÉRTOLAS, E., J. I. CANUDO y P. CRUZADO-CABALLERO (2011). A new crocodylian from the late Maastrichtian of Spain: Implications for the initial radiation of crocodyloids. *PLoS ONE*, 6: e20011 <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020011>>.
- PUEYO, E. L., E. SÁNCHEZ, J. I. CANUDO, X. PEREDA-SUBERBIOLA, E. PUÉRTOLAS-PASCUAL, J. PARRILLA-BEL, P. CRUZADO-CABALLERO, M. PÉREZ-PUEYO y F. COMPAIRED (2016). Magnetoestratigrafía del Cretácico superior del sector occidental de las Sierras Exteriores (Pirineo occidental): implicaciones bioestratigráficas. *Geo-Temas*, 16: 909-912.
- PUIGDEFÁBREGAS, C., y P. SOUQUET (1986). Tecto-sedimentary cycles y depositional sequences of the Mesozoic y Tertiary from the Pyrenees. *Tectonophysics*, 129 (1-4): 173-203.
- SANDER, P. M., C. PEITZ, J. GALLEMÍ y R. COUSIN (1998). Dinosaurs nesting on a red beach? *Comptes Rendus Académie Sci. – sér. IIA – Earth Planet. Sci.*, 327: 67-74 <[https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(98\)80020-7](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(98)80020-7)>.
- SANDER, P. M., C. PEITZ, F. D. JACKSON y L. M. CHIAPPE (2008). Upper Cretaceous titanosaur nesting sites y their implications for sauropod dinosaur reproductive biology. *Palaeontogr. Abt.*, A: 69-107 <<https://doi.org/10.1127/pala/284/2008/69>>.
- SANZ, J. L., J. J. MORATALLA, M. DÍAZ-MOLINA, N. LÓPEZ-MARTÍNEZ, O. KÁLIN y M. VIANEY-LIAUD (1995). Dinosaur nests at the sea shore. *Nature*, 376: 731-732 <<https://cutt.ly/vQKZLMq>>.

- SELLÉS, A. G., A. M. BRAVO, X. DELCLÒS, F. COLOMBO, X. MARTÍ, J. ORTEGA-BLANCO, C. PARELLADA y À. GALOBART (2013). Dinosaur eggs in the Upper Cretaceous of the Coll de Nargó area, Lleida Province, south-central Pyrenees, Spain: Oodiversity, biostratigraphy and their implications. *Cretac. Res.*, 40: 10-20 <<https://cutt.ly/EQKZ9d8>>.
- SELLÉS, A. G., B. VILA y À. GALOBART (2014a). *Spheroolithus europaeus*, oosp. nov. (late Maastrichtian, Catalonia), the youngest oological record of hadrosauroids in Eurasia. *J. Vertebr. Paleontol.*, 34: 725-729 <<https://doi.org/10.1080/02724634.2013.819360>>.
- SELLÉS, A. G., B. VILA y À. GALOBART (2014b). Diversity of theropod ootaxa and its implications for the latest Cretaceous dinosaur turnover in southwestern Europe. *Cretac. Res.*, 49: 45-54 <<https://doi.org/10.1016/j.cretres.2014.02.004>>.
- SELLÉS, A. G., y À. GALOBART (2016). Reassessing the endemic European Upper Cretaceous dinosaur egg *Cairanoolithus*. *Hist. Biol.*, 28: 583-596 <<https://cutt.ly/sQKZ87y>>.
- SOUQUET, P. (1967). *Le Crétacé supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre*. Thèse d'État. Université de Toulouse.
- TEIXELL, A., y J. GARCÍA-SANSEGUNDO (1995). Estructura del sector central de la cuenca de Jaca (Pirineos meridionales). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 8: 207-220.
- VIANEY-LIAUD, M., y N. LÓPEZ-MARTÍNEZ (1997). Late Cretaceous dinosaur eggshells from the Tremp Basin, southern Pyrenees, Lleida, Spain. *J. Paleontol.*, 71: 1157-1171 <<https://doi.org/10.1017/S002233600003609X>>.
- VILA, B., F. D. JACKSON, J. FORTUNY, A. G. SELLÉS y À. GALOBART (2010). 3-D modelling of megaloolithid clutches: insights about nest construction y dinosaur behaviour. *PLOS ONE*, 5: e10362 <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010362>>.