

Geoarqueología y cronoestratigrafía del yacimiento aziliense del Pleistoceno superior de la cueva de Los Azules (Cangas de Onís, Asturias, España)

Geoarchaeology and chronostratigraphy of the Azilian site of the Upper Pleistocene of Los Azules Cave (Cangas de Onís, Asturias, Spain)

Jesús F. Jordá Pardo¹, David Álvarez-Alonso², María de Andrés-Herrero², Pilar Carral González³, Aitor Hevia-Carrillo⁴, José María Vázquez-Rodríguez⁴

¹ Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Nacional de Educación a Distancia. Senda del Rey, 7, 28040 Madrid, España.
jjorda@geo.uned.es

² Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología, Universidad Complutense de Madrid. C/Profesor Aranguren s/n, 28040 Madrid, Spain.
david.alvarez@ucm.es, maria.deandres@ucm.es

³ Departamento de Geología y Geoquímica, UAM, Campus de Cantoblanco, E-28049 Madrid, Spain.
pilar.carral@uam.es

⁴ Programa de Doctorado en Historia e Historia del Arte y Territorio, Escuela Internacional de Doctorado UNED. Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Nacional de Educación a Distancia. Senda del Rey, 7, 28040 Madrid, España.
aitorhevia@gmail.com, jmvr.preh@gmail.com

Resumen: La cueva de Los Azules (Contranquil, Cangas de Onís, Asturias) es una cavidad kárstica situada en la margen oeste del río Sella y desarrollada en las calizas cretácicas de la cobertura mesozoico-terciaria que surca de E a O la Cordillera Cantábrica (norte de la península ibérica). La cavidad contiene un importante registro sedimentario, arqueológico y paleontológico del Pleistoceno superior, con abundantes evidencias tecnológicas y restos faunísticos. El registro arqueológico contiene una amplia secuencia estratigráfica del Aziliense formada por catorce capas, que se estudian con metodología geoarqueológica. En este trabajo se analiza la secuencia litoestratigráfica aziliense y se presentan los datos de los análisis granulométricos, mineralógicos, edafológicos y radiométricos. El resultado de estos análisis permite interpretar con precisión tanto la litoestratigrafía del depósito como los procesos sedimentarios y diagenéticos responsables de su formación y posterior evolución. Las dataciones radiocarbónicas disponibles permiten situar claramente los niveles azilienses al final del Pleistoceno superior.

Palabras clave: karst, norte de Iberia, prehistoria, procesos sedimentarios, radiocarbono.

Abstract: Los Azules Cave (Contranquil, Cangas de Onís, Asturias, Spain) is a karstic cavity located on the west bank of the Sella River and developed in the Cretaceous limestones of the Asturian Longitudinal Depression that runs from east to west through the Cantabrian Mountains (northern Iberian Peninsula). The cavity contains an important sedimentary, archaeological, and paleontological record from the Late Pleistocene, with abundant technological evidences and faunal remains, which was studied in the last quarter of the XX century by J. A. Fernández-Tresguerres. Since 2019, a team coordinated by one of the signatories (DAA) has been conducting further research at this site. The archaeological

record contains a broad stratigraphic sequence of the Azilian period consisting of fourteen layers, which are studied using geoarchaeological methodology. This work analyzes the Azilian lithostratigraphic sequence and presents data from sedimentologic (granulometric and mineralogical), edaphic (determination of pH, total organic carbon TOC, total carbon TC and inorganic carbon IC, determination of colour and hydrophobicity or water repellency) and radiometric analyses. The results of these analyses allow for a precise interpretation of the lithostratigraphy of the deposit and the sedimentary and diagenetic processes responsible for its formation and subsequent evolution. Available radiocarbon dating allows the Azilian levels to be placed clearly at the end of the Upper Pleistocene.

Keywords: karst, northern Iberia, prehistory, radiocarbon, sedimentary processes.

Jesús F. Jordá Pardo, David Álvarez-Alonso, María de Andrés-Herrero, Pilar Carral González, Aitor Hevia-Carrillo, 2025. Geoarqueología y cronoestratigrafía del yacimiento prehistórico del Pleistoceno superior de la cueva de Los Azules (Cangas de Onís, Asturias, España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 38 (2): 63-82.

Introducción

La cueva de Los Azules se encuentra en el extremo oriental de Asturias, dentro del término municipal de Cangas de Onís, en el barrio de Contranquil, a unos 500 m al norte de la capital del municipio (Fig. 1). Se trata de una pequeña cavidad situada en la ladera sur del monte Llueves, a una cota de 65,5 m s.n.m. y muy próxima a la confluencia de los ríos Sella y Güeña. Sus coordenadas UTM X: 327.178, Y: 4.802.868 (Huso 30, ETRS89).

El yacimiento que contiene fue descubierto de manera fortuita en 1971, al hallarse en los sedimentos removidos de una de sus entradas (Los Azules I) un fragmento de arpón aziliense junto a varias piezas de cuarcita y sílex que evidenciaron su interés arqueológico. Por entonces, el acceso era muy limitado debido a la gran acumulación de sedimentos que obstruían la cavidad. No obstante, su ubicación facilitó pronto excavaciones clandestinas, hasta que se procedió a cerrar la cueva y se iniciaron las primeras investigaciones sistemáticas en 1973, dirigidas por el arqueólogo Juan A. Fernández-Tresguerres (1941-2011) (Fernández-Tresguerres, 1976; Díaz y Martínez 2012; Álvarez Alonso *et al.*, 2022a).

Entre 1973 y 1992, Fernández-Tresguerres prosiguió las excavaciones en el yacimiento en donde documentó una secuencia muy completa correspondiente al Magdaleniense superior y al Aziliense. No obstante, sus trabajos y publicaciones se centraron en el registro aziliense, considerado el más exhaustivo entre los yacimientos situados al sur de los Pirineos (Fernández-Tresguerres, 1980; Fernández-Tresguerres y Rodríguez, 1990; Fernández-Tresguerres y Junceda, 1992, 1995). Desde 2019, un nuevo equipo de investigación ha retomado las excavaciones en la cueva de Los Azules, incorporando una perspectiva más orientada al análisis geocronológico y estratigráfico, en contraste con el enfoque predominantemente espacial que caracterizó los trabajos anteriores (Álvarez Alonso *et al.*, 2022a, 2022b).

La secuencia arqueológica de la cueva de Los Azules está compuesta por una serie de unidades sedimentarias (B a N) correspondientes al Aziliense, que se corresponden

con los niveles 2 a 5 de la secuencia de Fernández-Tresguerres (1980, 2004). Estos depósitos se caracterizan por la abundancia de los típicos fósiles directores del Aziliense: las puntas de dorso, denominadas “puntas azilienses” y los arpones característicos de este periodo. Especialmente destaca el nivel correspondiente al Aziliense antiguo -nivel 5 de la secuencia clásica, renombrado como capa N en la nueva interpretación de la estratigrafía-. La secuencia aziliense, en este caso el nivel N, se superpone sin solución de continuidad sobre la secuencia del Magdaleniense superior, de la cual hasta la fecha solo se han excavado las capas O y P (no incluidas en este trabajo), ambas con presencia de arpones típicos de este periodo (Álvarez-Alonso *et al.*, 2025).

El objetivo de este trabajo es la realización del estudio geoarqueológico y cronoestratigráfico del registro arqueosedimentario del Aziliense de la cueva de Los Azules, a partir del análisis de la secuencia estratigráfica obtenida en las excavaciones realizadas por Juan A. Fernández-Tresguerres. Esta secuencia está siendo revisada desde 2019 por David Álvarez-Alonso y su equipo, quienes han llevado a cabo labores de limpieza del yacimiento, refrescado de los cortes estratigráficos y toma de muestras para diferentes análisis.

El estudio geoarqueológico aborda los siguientes aspectos: (1) el estudio de la secuencia sedimentaria del yacimiento arqueológico y la correspondiente toma de muestras; (2) la realización de análisis sedimentológicos y edafológicos; (3) la interpretación de los procesos de formación y transformación que dieron lugar a la actual configuración de su registro arqueológico, diferenciando, en la medida de lo posible, los procesos naturales (*N transforms*) y/o culturales de origen antrópico (*C transforms*) (Schiffer, 1987); (4) la identificación de los procesos sedimentarios o de formación frente a los diagenéticos o postdeposicionales (Wood y Johnson, 1978); y (5) el establecimiento de la evolución geoarqueológica del yacimiento.

El estudio cronoestratigráfico contempla el análisis de las dataciones radiocarbónicas ya existentes (Fernández-Tresguerres, 1976, 1989) y la obtención de nuevas

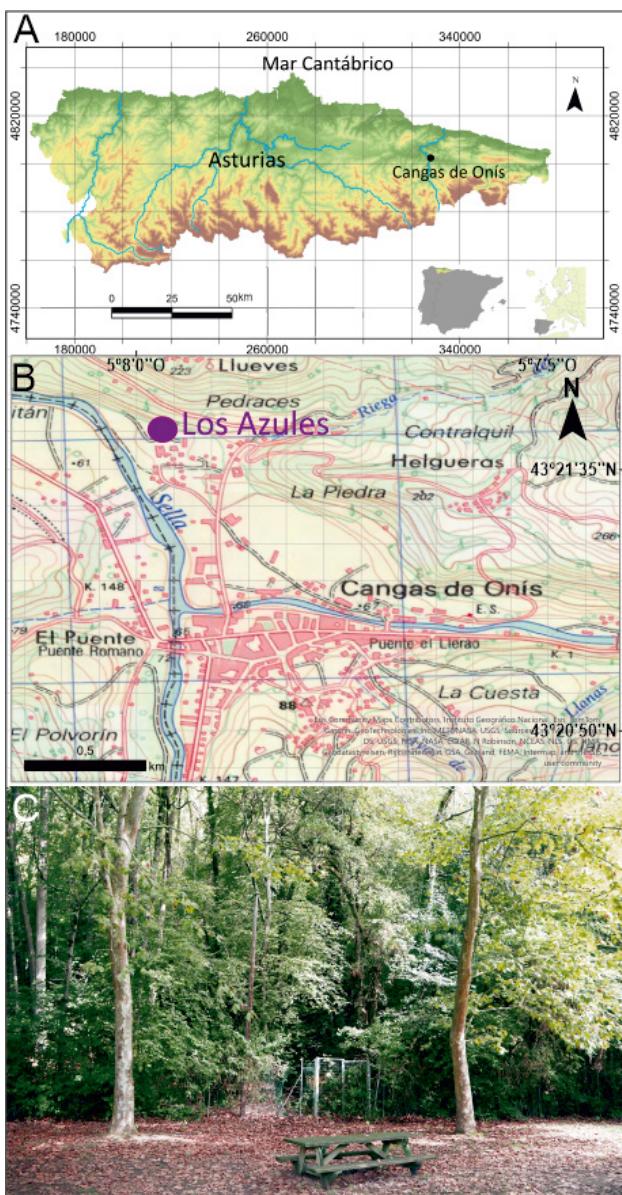


Fig. 1. A y B. Situación geográfica de la cueva de Los Azules. C. Vista parcial del acceso al recinto vallado donde se encuentra la cueva.

dataciones que permitirán verificar la validez de las previamente publicadas. Todas ellas serán sometidas a un proceso de validación y, posteriormente, calibradas con el fin de situar la secuencia con precisión en la escala cronoestratigráfica del Cuaternario.

Materiales y métodos

Muestreo y análisis sedimentológicos y edafológicos

El estudio geológico y geomorfológico del entorno de la cueva de Los Azules se ha realizado a partir de la información de la hoja 31 (Ribadesella) del Mapa Geológico de España a escala 1/50.000 (Navarro *et al.*, 1986) y del visor cartográfico del Mapa Geológico Continuo de España a escala 1/50.000 (<http://info.igme.es/visorweb/>), ambos del Instituto Geológico Minero de España.

Para obtener la litoestratigrafía de la secuencia arqueo-sedimentaria de la cueva, hemos estudiado y muestrado con detalle la sección estratigráfica del corte longitudinal derecho de la cata de las excavaciones de Fernández-Tresguerres, que han sido limpiados y refrescados recientemente por Álvarez-Alonso y su equipo. Tras realizar la descripción litoestratigráfica de detalle de las diferentes capas de las secciones estratigráficas, procedimos a muestreárlas, obteniendo un total de 15 muestras (AZ.A, AZ.B, AZ.C, AZ.D, AZ.E, AZ.F, AZ.G, AZ.H, AZ.I, AZ.J, AZ.K, AZ.L, AZ.M, AZ.N1, AZ.N2).

Los análisis sedimentológicos realizados han consistido en la clasificación textural de los sedimentos mediante granulometría láser para la fracción inferior a 2 mm y por granulometría Phi para el total de sedimento incluyendo los gruesos, y la identificación mineralógica mediante difracción de Rayos X (DRX) en polvo de la fracción inferior a 0,63 mm. Los análisis edafológicos han sido la determinación del pH, del carbonato orgánico total TOC, del carbono total CT y del carbono inorgánico CI. Estos análisis han sido realizados en el Centro de Asistencia a la Investigación de Técnicas Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. Por otro lado, se ha realizado la determinación del color y la medida de la repelencia al agua en el Laboratorio de Edafología del Departamento de Geología y Geoquímica de la Universidad Autónoma de Madrid.

El análisis granulométrico laser se ha realizado utilizando un equipo Honeywell Microtrac X100, con capacidad para medir fracciones de 700 a 0,10 μm . El tratamiento estadístico de los datos de las granulometrías se ha realizado con el programa GRADISTAT Versión 8.0 (Blott y Pye, 2001; Blott, 2010) que permite agrupar estadísticamente los sedimentos de las muestras detríticas analizadas en diferentes grupos texturales en función de la mayor o menor presencia de gravas, arenas y fangos (limos y arcillas). Para ello hemos aplicado la clasificación granulométrica adoptada por el programa que procede de la modificación de las escalas de Udden (1914) y Wentworth (1922).

Para la obtención de los datos de Difracción de Rayos X se ha utilizado un difractómetro Bruker modelo D8 ADVANCE. Los diagramas de difracción de polvo desorientado para caracterizar la mineralogía de la muestra total se han obtenido en un intervalo angular de 2 a 65°, con tamaño y tiempo de paso de 0,02° y 1 s, respectivamente. El análisis semicuantitativo se ha realizado siguiendo el método de Chung (1975) y utilizando el software EVA de Bruker.

El pH se ha medido mediante potenciometría siguiendo los criterios de la Soil Science Society of America (Thomas, 1996). El análisis de Carbono Orgánico Total (TOC) se ha realizado mediante combustión y detección por infrarrojos en un equipo SHIMADZU modelo TOC-VCSH con módulo de sólidos modelo SSM-5000a. El contenido de TOC se ha obtenido por diferencia entre el resultado de Carbono Total (TC) y Carbono Inorgánico (IC).

Para la determinación precisa del color –en seco y en húmedo– se han utilizado las Munsell Soil Color Charts (Munsell, 1981), expresando el color en: Matiz (HUE) + Brillo (VALUE) + Croma (CHROMA). Las muestras

AZ.A, AZ.D, AZ.G, AZ.H y AZ.N1 no pudieron ser analizadas por no contar con remanente de muestra suficiente para el análisis.

La hidrofobicidad o repelencia al agua (Wallis y Horne, 1992) se ha medido en dos de las muestras que presentaban esta característica (AZ.B y AZ.K) mediante el método del grado de hidrofobia de un suelo (WDPT = Water Drop Penetration Time) (Letey, 1969).

Radiocarbono y cronoestratigrafía

Para definir el marco cronoestratigráfico de la secuencia, se han empleado dataciones por radiocarbono, integrando los resultados previamente publicados con una nueva serie de dataciones obtenidas para este estudio. Las dataciones publicadas por Fernández-Tresguerres corresponden a dos fechas obtenidas en el laboratorio CSIC del Instituto de Química-Física Rocasolano (CSIC) de Madrid (Fernández-Tresguerres, 1976) y a cinco del laboratorio BM del British Museum de Londres, actualmente cerrado (Fernández-Tresguerres, 1989), todas ellas realizadas aplicando el método del radiocarbono convencional a fragmentos óseos indeterminados. En este trabajo se han realizado siete nuevas dataciones AMS en los laboratorios de la Oxford Radiocarbon Accelerator Unit (ORAU, Oxford, Reino Unido) y Beta Analytic Inc. (Miami, Florida EUA). Las cuatro de ORAU se obtuvieron a partir de fragmentos óseos indeterminados (mamífero talla media) con marcas de actividad antrópica, siguiendo los protocolos de datación por radiocarbono aplicados en ORAU (Brock *et al.*, 2010), incluyendo la ultrafiltración. Por su parte, las tres dataciones realizadas en Beta se obtuvieron a partir de un hueso con marcas y de dos muestras de carbón.

Todas las fechas han sido sometidas a un examen de validez (Mestres, 1995, 2000, 2003, 2008) para comprobar que cumplen los requisitos fundamentales de orden químico-físico, analítico, y arqueológico para su validación. Los de orden químico-físicos hacen alusión a la capacidad del material datado para dar una fecha radiocarbónica válida. Los de orden analítico son la precisión (desviación típica) y la exactitud (descontaminación, tratamiento químico y medida del contenido en radiocarbono). El requisito de precisión que deben cumplir las fechas radiocarbónicas es que su desviación típica sea lo más pequeña posible. La exactitud está relacionada con la calidad de los laboratorios que se puede verificar si cuentan con certificados homologados. Finalmente, en el orden arqueológico, las determinaciones ^{14}C deben cumplir el requisito de ser representativas de los acontecimientos que se quieren datar mediante una buena correspondencia entre la fecha física del ma-

terial datado y la fecha arqueológica del contexto o acontecimiento datado. Para ello deben cumplir dos condiciones: asociación (que el material datado o su presencia en el contexto arqueológico sea producto de la actividad del grupo humano que creó el contexto) y sincronía (que su formación sea contemporánea al grupo humano que creó el contexto arqueológico).

La calibración de las fechas la hemos realizado usando el software CalPal 2025.5 (Weninger y Jöris, 2008) utilizando la curva de calibración IntCal20 Northern Hemisphere (Reimer *et al.*, 2020).

Finalmente, con objeto de ubicar las ocupaciones humanas de Los Azules en la escala cronoestratigráfica del Pleistoceno Superior final actualmente en uso –basada en los *Greenland Events* detectados en los sondeos de Groenlandia (Björck *et al.*, 1998)– hemos comparado, mediante CalPal 2025.5, la curva de probabilidad acumulada de las fechas calibradas con las curvas de variación de los isotópos de oxígeno de Groenlandia $\delta^{18}\text{O}$ GISP2 (Grootes *et al.*, 1993; Meece *et al.*, 1994) y GRIP $\delta^{18}\text{O}$ 2001 *Hulu Age Model* (Johnsen *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2001), utilizadas aquí como *proxies* del paleoclima cuaternario (Svensson *et al.*, 2008).

Contexto geológico y secuencia litoestratigráfica

Geológicamente, la cueva de Los Azules se encuentra en el concejo de Cangas de Onís cuyo territorio comprende dos unidades geológicas principales: la Zona Cantábrica del Macizo Hespérico y la cubierta mesozoico-terciaria. El territorio de la Zona Cantábrica corresponde a la región del Manto del Ponga en la zona norte del concejo, mientras que la zona sur se extiende por la región de Picos de Europa (Bastida, 2004). Este territorio se caracteriza por relieves fuertes y contrastados, más acusados hacia el sur, desarrollados sobre cuarcitas, areniscas, pizarras y calizas afectadas por pliegues, fallas y cabalgamientos producidos durante la orogenia Varisca, así como por nuevas estructuras originadas en el ciclo alpino (Martínez García, 1981; Navarro *et al.*, 1986). De oeste a este, está atravesado por la cubierta mesozoico-terciaria con depósitos de areniscas, limolitas y calizas mesozoicas, y conglomerados y lutitas cenozoicas, afectados por suaves pliegues y fallas de la orogenia Alpina (García-Ramos y Gutiérrez Claverol, 1995), que dan lugar a una zona deprimida con suaves relieves que recorren el río Sella y su afluente, el Güeña.

La cueva de los Azules se localiza en las calizas bioclásticas grises del Cretácico (Albiense-Cenomaniense inferior) (Navarro *et al.*, 1986; IGME, en línea), al pie del farallón rocoso de Contranquil, en la orilla derecha de la llanura de inundación del Sella (Fig. 2). Estas calizas configuran un suave sinclinal de dirección E-O que descansa sobre las cuarcitas de la Formación Barrios, del Ordovícico, y las calizas de la Formación Barcaliente, del Carbonífero (Navarro *et al.*, 1986).

La cueva se abre en el flanco S de un suave sinclinal, en una zona donde las calizas buzan ligeramente hacia el N y su entrada se encuentra a unos 20 m sobre la llanura de inundación del sistema fluvial Sella-Güeña. Se trata de una pequeña cavidad que presenta dos entradas separadas por unos pocos metros, que dan paso a sendas galerías de pequeñas dimensiones y escaso desarrollo practicable (aproximadamente unos 100 m²), que se conectan entre sí en dos puntos distintos del interior (Fig. 3A). Estas dos bocas han sido referidas en la bibliografía como Los Azules I y Los Azules II (Fig. 3B), aunque en realidad se trata de un mismo yacimiento. La cavidad carece de espeleotemas y

se encuentra parcialmente colmatada por depósitos arqueo-sedimentarios, que fueron excavados por Fernández-Tresguerres, dando lugar a una gran cata rectangular (≈ 30 m²) de dirección N-S con dos secciones estratigráficas, una E y otra O, en las que definió una secuencia estratigráfica, de naturaleza predominantemente arcillosa, correspondiente al Aziliense (Fig. 3C) formada por cinco capas (denominadas como niveles 1, 2, 3, 4, y 5), de las cuales la correspondiente al nivel 3 estaba dividida en cinco subniveles (a, b, c, d, e) (Fernández-Tresguerres, 1980). En la actualidad, el segmento sur de esta secuencia no existe por haber sido excavado posteriormente por el propio Fernández-Tresguerres.

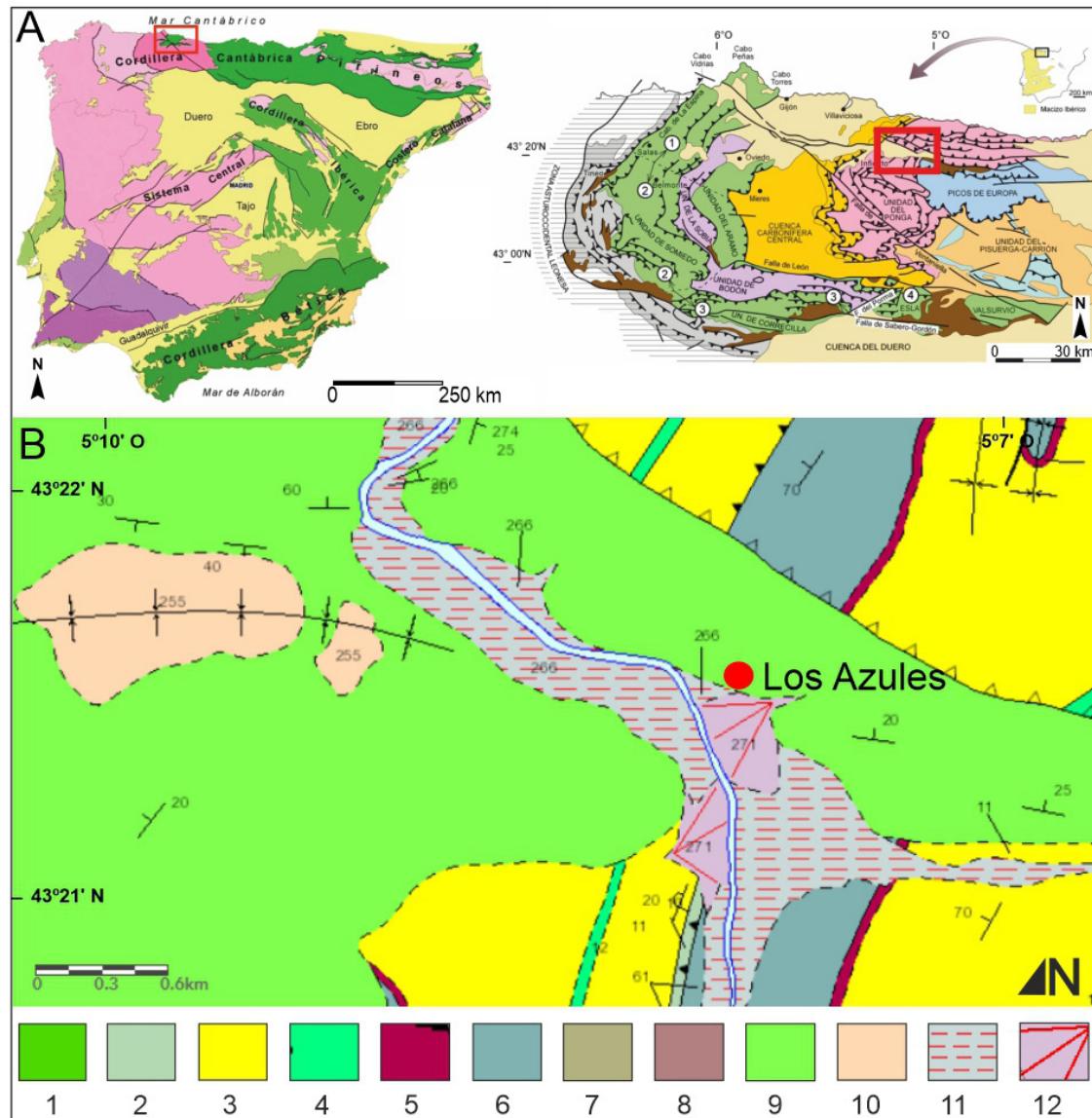


Fig. 2. A. Situación geológica de Los Azules en el contexto de Iberia (Vera, 2004) y la Zona Cantábrica (Pérez-Estaún y Bea, 2004). B. Mapa geológico de la zona de la zona de Cangas de Onís (IGME, en línea). Leyenda: 1, calizas grises, dolomías, margas y calizas nodulosas de la Formación Láncara (Cámbrico inferior-Cámbrico medio); 2, pizarras, areniscas y cuarcitas de la Formación Oville (Cámbrico inferior-Cámbrico medio); 3, Cuarcitas, areniscas y pizarras de la Formación Barrios (Cámbrico superior-Ordovícico inferior); 4, lutitas y limolitas negras de la Formación Pizarras del Sueve (Cámbrico superior-Ordovícico inferior); 5, calizas nodulosas rojas de la Formación Alba (caliza *griotte*) (Carbonífero inferior); 6, calizas negras y fétidas de la Formación Barcaliente (Carbonífero inferior); 7, lutitas, areniscas, margas y calizas del Carbonífero superior; 8, lutitas, areniscas, conglomerados calcáreos, brechas y calcítitas de la Formación Cavandi (Carbonífero superior); 9, areniscas, arenas y calizas (Cretácico); 10, conglomerados, arenas, arcillas y calizas (Eoceno-Oligoceno); 11, cantos, gravas y arenas (llanura aluvial) (Cuaternario); y 12, conglomerados, brechas y arenas (derrubios de ladera y conos aluviales) (Cuaternario).

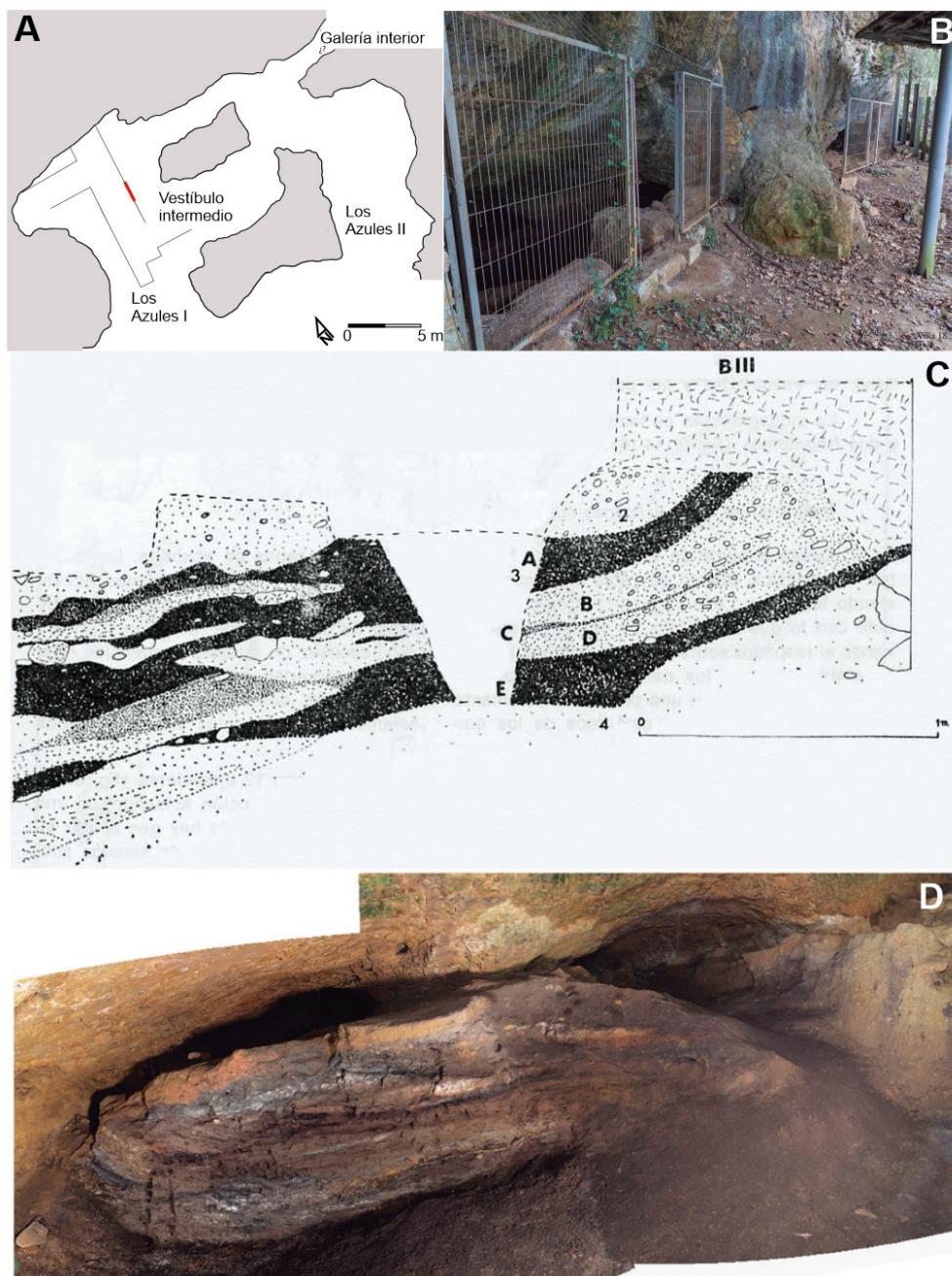


Fig. 3. A. Planta de la cueva generada a partir de la nube de puntos obtenida tras el escaneado de la cueva, con indicación en rojo de la porción de sección estratigráfica estudiada. B. Entrada de la cueva; en primer plano, Los Azules I y, al fondo, Los Azules II (foto A. Martínez Villa). C. Estratigrafía obtenida por Fernández-Tresguerres (1980). D. Sección estratigráfica longitudinal E tras la limpieza llevada a cabo en 2019 en la gran cata de Fernández-Tresguerres. Fotos B y D A. Martínez-Villa.

Tras proceder a su limpieza y refresco (Fig. 3D), la secuencia litoestratigráfica obtenida en el marco de este trabajo en la sección estratigráfica longitudinal E de la gran cata, presenta, de muro a techo, las siguientes capas, sin que hasta el momento hayamos alcanzado la roca del sustrato (Figs. 4 y 5):

- AZ.N2-N3: 10 a 25 cm, limos de color marrón oscuro con gravas de caliza, el conjunto buza ligeramente hacia el interior. Se corresponde con el nivel 5 de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.N1: 5 cm, gravas de caliza dispersas en una matriz de arenas y limos de color marrón oscuro

que hacia el techo pasa a negro. Se corresponde con el nivel 5 de Fernández-Tresguerres (1980).

- AZ.M: 15 cm, limos amarillentos y gravas, más abundantes estas hacia la base, con un subnivel intermedio naranja. Se corresponde con el nivel 4 de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.L: 5 cm, gravas con limos de color negro a gris con láminas blancas.
- AZ.K: 5 cm, limos de color marrón claro homogéneo con gravas de color marrón claro homogéneo. Se corresponde con el nivel 3f de Fernández-Tresguerres (1980).

- AZ.J: 4-5 cm, gravas con arenas y limos de color marrón claro y geometría lenticular, que se acuña hacia el S. Se corresponde con el nivel 3f de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.I: 10-12 cm, limos de color marrón claro con gravas y algún canto. Se corresponde con el nivel 3f de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.H: 2 cm, arenas finas y limos de color negro con gravas. Se corresponde con el nivel 3e de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.G: 3-4 cm, gravas con arenas y limos de color negro intenso con parches blancos.
- AZ.F: 6 cm, arenas y limos de color blanco con tonos naranjas con gravas de pequeño tamaño.
- AZ.E: de 0 cm a 15 cm, arenas y limos de color marrón claro con gravas que se acuñan hacia el S. Se corresponde con el nivel 3d2 de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.D: 3 cm, arenas y limos de color marrón oscuro con gravas gruesas, que se acuña hacia el S y que hacia el techo pasar a tener un color grisáceo. Se corresponde con el nivel 3d2 d de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.C: de 15 cm (al N) a 25 cm (al S), gravas de pequeño tamaño con arenas y limos de color marrón oscuro, más blanquecinos a muro.
- AZ.B: 10 a 15 cm, limos de color marrón claro a beige, con gravas de pequeño tamaño y cantos de caliza autóctona (centil 20 cm, media 5 cm). Es fuertemente erosivo sobre el nivel infrayacente. Se corresponde con el nivel 2d de Fernández-Tresguerres (1980).
- AZ.A: 2 cm, limos de color marrón oscuro con gravas de pequeño tamaño. Constituye el techo de la sedimentación y el suelo actual.

En total, la secuencia visible alcanza un espesor de entre 1 y 1,5 m. Las diferentes capas presentan una buena estratificación con superficies de contacto muy evidentes por cambio en la coloración y, en general, buzan hacia el interior de la cavidad, inclinación que es mayor en las capas inferiores.

En la sección estratigráfica longitudinal O, opuesta a la anterior, aparece una secuencia que buza fuertemente hacia el interior, caracterizada por la abundante presencia de clastos autóctonos y constituida por tres capas (Fig. 6): la inferior de color marrón oscuro, la intermedia de tonos marrón claro en continuidad aparente con el anterior, y la superior de color amarillo claro, que está separada de la intermedia por una superficie de discontinuidad neta producida por erosión. Las dos capas inferiores corresponden al Magdaleniense, mientras que la superior es Aziliense y es correlacionable con AZ.B. Esta sección no ha sido estudiada ni muestreada por el momento.

Análisis sedimentológicos y edafológicos

Granulometría

Los análisis granulométricos de las muestras de la cueva de Los Azules ofrecen unos resultados que permiten identificar una secuencia detrítica ligeramente granocrecente, con un predominio de arenas y limos, y varios niveles con abundantes gravas distribuidos en el tramo basal (AZ.M y AZ.L) y a techo (AZ.C) y otro en la parte media con gravas menos abundantes (AZ.G) (Tablas 1 y 2, Figura 7). La caracterización textural se muestra en la Tabla 2. Las arcillas apenas están presentes en la secuencia, con porcentajes inferiores al 3,1 %. Las arenas y los limos predominan en el tramo central y en el techo de la secuencia.

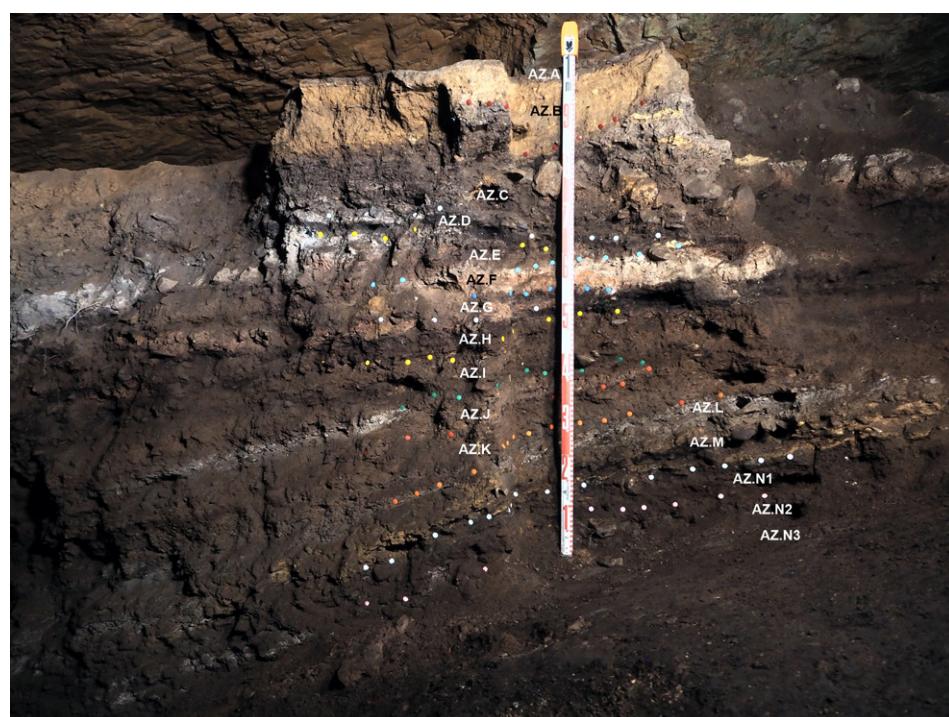


Fig. 4. Secuencia estratigráfica de Los Azules en la sección longitudinal E de la gran cata de Fernández-Tresguerres.

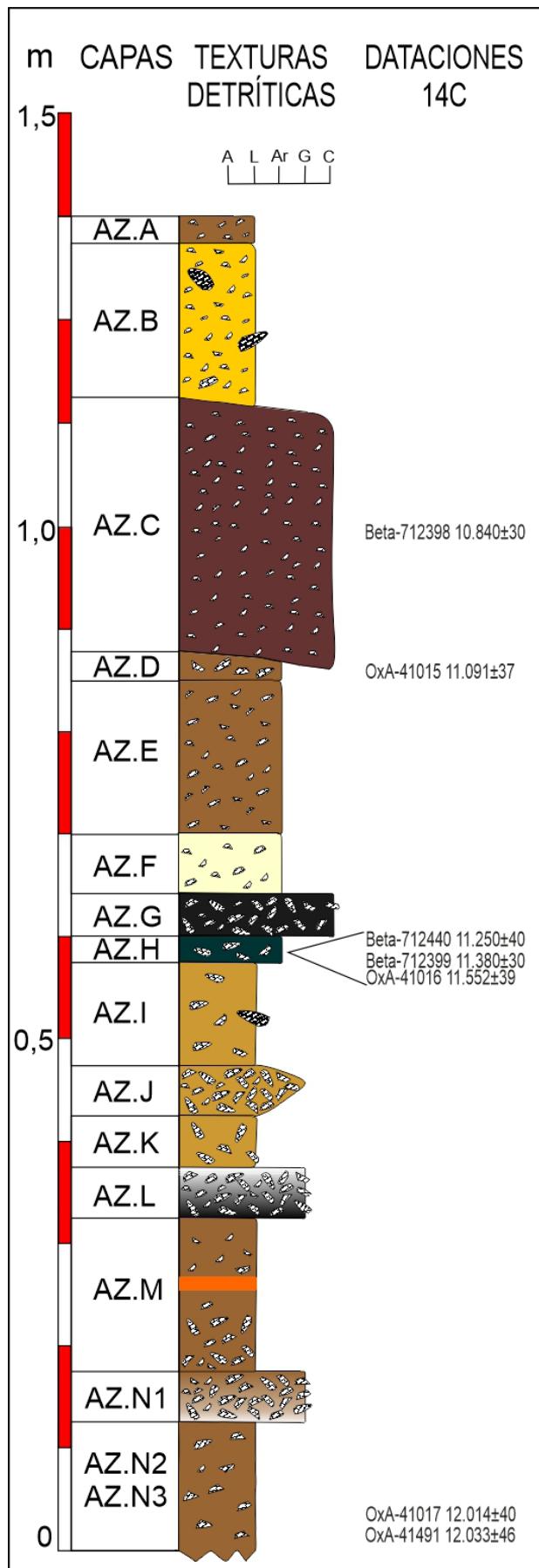


Fig. 5. Secuencia estratigráfica esquemática de Los Azules (A, arcilla; L, limo; Ar, arena, G, grava; C, canto).



Fig. 6. Secuencia estratigráfica de Los Azules en la sección longitudinal O de la gran cata de Fernández-Tresguerres, situada frente a la sección muestreada.

	Gravas	Arenas	Limos	Arcillas
AZ.A	20,36	39,64	38,10	1,90
AZ.B	16,31	38,70	42,42	2,58
AZ.C	68,78	17,37	13,85	0,00
AZ.D	26,53	39,45	34,02	0,00
AZ.E	21,74	40,77	36,40	1,09
AZ.F	6,76	53,73	38,68	0,83
AZ.G	31,15	37,30	30,86	0,68
AZ.H	22,81	40,99	36,00	0,20
AZ.I	13,84	42,97	41,99	1,20
AZ.J	14,52	52,65	32,18	0,65
AZ.K	19,80	43,05	36,37	0,78
AZ.L	59,42	16,52	22,65	1,42
AZ.M	70,14	14,51	14,85	0,50
AZ.N1	40,12	30,45	28,35	1,07
AZ.N2	27,20	31,22	38,47	3,11

Tabla 1. Granulometría de la fracción global (% en peso).

En la fracción fina, predominan las arenas frente a los limos, superando a estos en el tramo medio de la secuencia, mientras que los limos las superan ligeramente a muro y a techo. Las arcillas son muy escasas (< 4 %) y están ausentes en AZ.C y AZ.D (Figura 7).

Como se observa en el diagrama triangular que representa la granulometría global de las muestras (Figura 8 A), los sedimentos de los distintos niveles de la cueva de Los Azules muestran una cierta homogeneidad, situándose en la banda de las arenas fangosas y limos con proporciones variables de gravas, así como en la de las gravas fangosas y gravas arenosas con limos y arcillas. Esta distribución permite diferenciar dos grupos de sedimentos con significados ligeramente diferentes:

- Grupo Azules 1, que engloba los sedimentos del grupo textural de las gravas fangosas (*muddy gravelly*).

Capas / Muestra	Espesor (cm)	Grupo textural	Clasificación	Tipo de sedimento
AZ.A	2	fango con gravas	bimodal, muy mala	limos muy gruesos con gravas finas
AZ.B	10 - 15	fango con gravas	trimodal, muy mala	limos muy gruesos con gravas finas
AZ.C	15 - 25	gravas fangoso-arenosas	trimodal, muy mala	gravas medias arenosas con limos gruesos
AZ.D	0 - 3	arenas fangosas con gravas	trimodal, muy mala	arenas muy finas limosas con gravas finas
AZ.E	0 - 15	arenas fangosas con gravas	polimodal, muy mala	arenas muy finas con limos muy gruesos y gravas medias
AZ.F	6	arenas fangosas con gravas	polimodal, muy mala	arenas finas con limos muy gruesos y gravas finas
AZ.G	3 - 4	gravas arenoso-fangosas	polimodal, muy mala	gravas medias arenosas con limos muy gruesos
AZ.H	2 - 5	arenas fangosas con gravas	trimodal, muy mala	arenas muy finas con limos muy gruesos y gravas finas
AZ.I	10 - 12	fango con gravas	bimodal, muy mala	limos muy gruesos con gravas finas
AZ.J	4 - 5	arenas fangosas con gravas	trimodal, muy mala	arenas medias con limos muy gruesos
AZ.K	5 - 10	arenas fangosas con gravas	bimodal, muy mala	arenas muy finas con limos gruesos y gravas finas
AZ.L	5	gravas fangosas	polimodal, muy mala	gravas medias con limos muy gruesos
AZ.M	15	gravas fangosas	trimodal, muy mala	gravas medias con limos muy gruesos
AZ.N1	5	gravas arenoso-fangosas	polimodal, muy mala	gravas medias arenosas con limos muy gruesos
AZ.N2	10 - 25	fango con gravas	extremadamente muy mala extremely poorly sorted	limos muy gruesos con gravas finas

Tabla 2. Caracterización textural de los sedimentos obtenida mediante el software GRADISTAT Versión 8.0 (Blott y Pye, 2001; Blott, 2010)

vel) (AZ.L) y las gravas arenosas y fangosas (*muddy sandy gravel*) (AZ.C, AZ.M, AZ.N1).

- Grupo Azules 2, formado por sedimentos que corresponden a los grupos texturales de fangos con gravas (*gravelly mud*) (AZ.B, AZ.D) y de arenas fangosas con gravas (*gravelly muddy sand*) (AZ.A, AZ.E, AZ.F, AZ.G., AZ.H, AZ.I, AZ.J., AZ.K, AZ.N2).

Si se prescinde de la fracción grava y se consideran únicamente los tamaños de grano inferiores a 2 mm (Figura 8 B), la homogeneidad del sedimento de las distintas unidades aumenta, pues las muestras se sitúan en el grupo de las arenas limosas (*silty sand*) y de limos arenosos (*sandy silt*).

Tanto los diagramas acumulativos como los triangulares muestran características composicionales muy semejantes a las descritas para los depósitos fluviales de los yacimientos de las cuevas de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias) (Jordá Pardo y Carral González, 2017) y de El Olivo (Llanera, Asturias) (Jordá Pardo *et al.*, 2023).

Las curvas granulométricas de la fracción global son también bastante homogéneas, aunque en ellas pueden diferenciarse tres familias:

- Familia Azules FG-1: incluye las muestras del grupo Azules 1 (AZ.C, AZ.L, AZ.M y AZ.N1), que ofrecen curvas irregulares con un primer tramo cargado de gravas medias y gruesas que suponen entre el 40 % y el 70 % del sedimento, un segundo tramo de gravas medias a muy finas, arenas gruesas a muy finas y limos muy gruesos y gruesos que suponen entre el 20 % y el 50 %, seguido de un tercer tramo muy tendido, con las arenas muy finas, los limos y las arcillas que, en su conjunto, apenas suponen menos del 10 % (Figura 9A). Las curvas de esta familia corresponden a una sedimentación mixta en la que, por un lado, hay aportes de clastos, y por otro, aportes de fangos y arenas fangosas. Estos depósitos serían compatibles con una sedimentación por gelificación, que generaría los clastos,

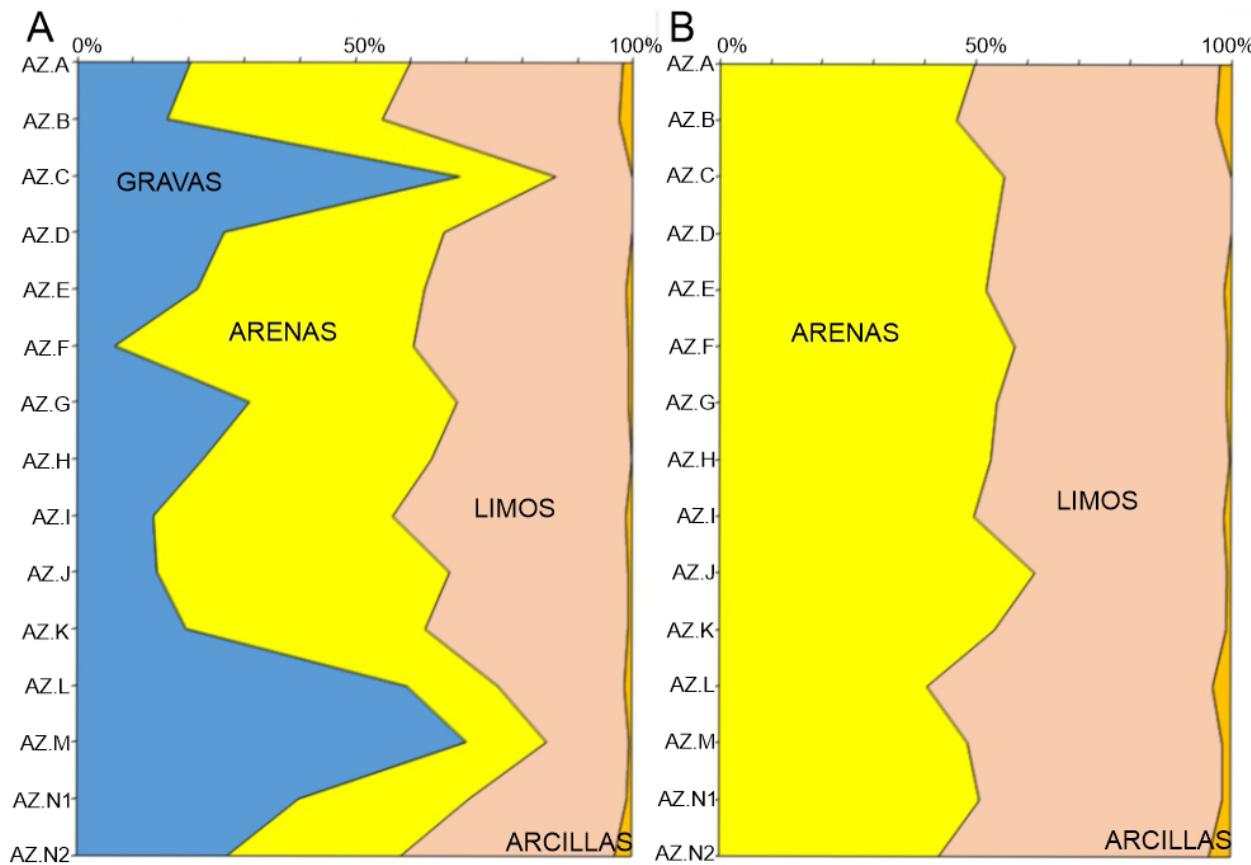


Fig. 7. A. Granulometría de la fracción global (% en peso). B. Granulometría de la fracción fina (<2mm) (% en peso).

a la que se uniría la acción de arroyada difusa que podría convertirse en finas coladas de fango de tipo *mud flow*, en un medio de baja a moderada energía.

- Familia Azules FG-2a: incluye las muestras del grupo Azules 2, AZ.A, AZ.D, AZ.E, AZ.G, AZ.H y AZ.N2, que ofrecen curvas casi sigmoidales con tres tramos bien marcados: uno inicial convexo hacia arriba con presencia variable de gravas arenas gruesas y medias, un tramo medio inclinado con abundantes arenas finas y muy finas y limos gruesos y medios, y un tercer tramo muy tendido con

el resto de los limos y apenas arcillas (Figura 9B). Estas curvas indican la presencia de una población fundamentalmente compuesta por arenas y limos, acompañada por limos finos y escasas arcillas, y presencia variable de gravas y arenas gruesas. Son indicativas de un medio hídrico de media a baja energía, compatible con la arroyada difusa de aguas sin carga en suspensión.

- Familia Azules FG-2b: incluye las muestras del grupo Azules 2, AZ.N, AZ.F, AZ.I, AZ.K y AZ.J, que ofrecen curvas con forma sigmoidal con tres

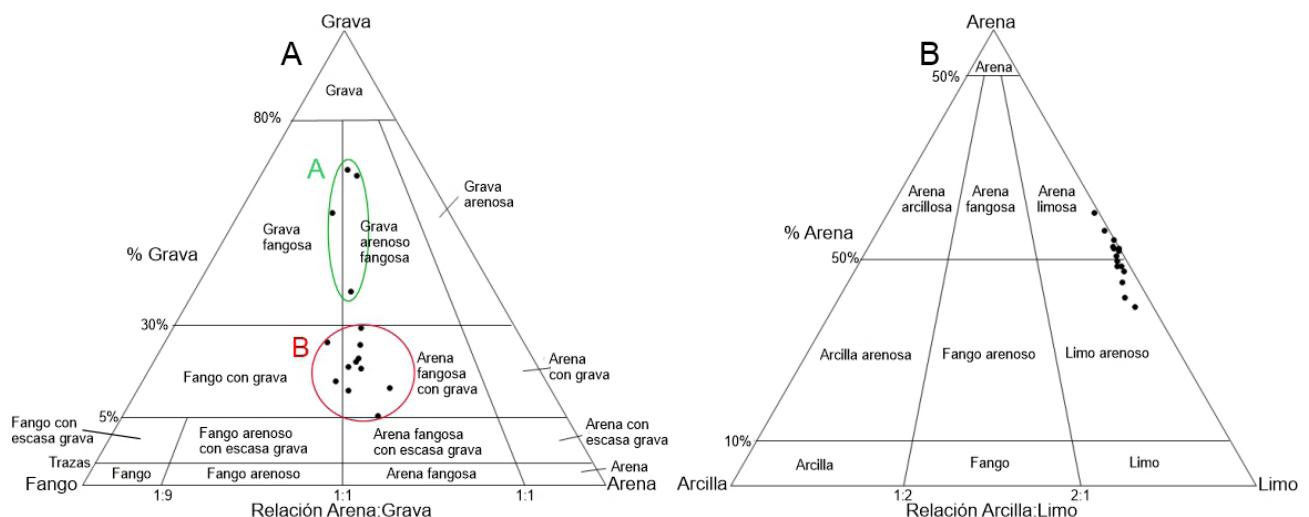


Fig. 8. A. Diagrama triangular la fracción global. B. Diagrama triangular la fracción fina (< 2mm).

tramos muy claros. Uno inicial ligeramente tendido que incluye los tamaños gravas y arenas muy gruesas, gruesas y medias; otro medio, muy verticalizado que comprende desde las arenas finas hasta los limos finos; y uno final, muy tendido, con el resto de los limos y apenas arcillas (Figura 9C). Estos tramos indican la presencia de una población principal constituida por arenas finas y limos, transportada mayoritariamente por suspensión, acompañada por una segunda población, menos numerosa, transportada por rodadura y saltación. Estas curvas son propias de medios fluviales de alta a moderada energía con buen poder clasificador.

En las curvas de la fracción fina (< 2 mm) que corresponde a la matriz de los sedimentos de la secuencia, las curvas granulométricas se agrupan en una única familia (Fig. 9D) con morfología sigmoidal, con un primer tramo integrado por las arenas gruesas y medias, que no superan el 20%; un segundo tramo, fuertemente inclinado que agrupa las arenas finas y muy finas y la práctica totalidad de los limos, que suponen el 70% de las muestras; y un tercer tramo de tendencia a la horizontalidad con los limos finos y las escasas arcillas que corresponden a menos del 10% del sedimento.

Como ya hemos visto en los diagramas acumulativos y triangulares, las características morfológicas de las curvas

de las familias descritas, tanto de la fracción global como de la fina, presentan ciertas similitudes con las curvas granulométricas de los sedimentos mayoritariamente arenosos depositados por flujos hídricos en las cuevas de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias) (Jordá Pardo y Carral González, 2017) y de El Olivo (Llanera, Asturias) (Jordá Pardo *et al.*, 2023), si bien en Los Azules queda patente que los sedimentos son de tamaño inferior y por tanto la energía del medio es mucho más baja.

Mineralogía

En cuanto a la mineralogía (Tabla 3, Figs. 10 y 11) la secuencia presenta un predominio de silicatos (cuarzos, feldespatos potásicos, plagioclásas, filosilicatos) que suponen entre el 55% y el 90%, frente a los carbonatos (calcita, dolomita, ankerita, aragonito, magnesita), entre el 4% y el 35%, el apatito, entre el 1% y el 8%, los óxidos de hierro (hematites, goethita), entre 1% y el 4%, y el apatito solo presente en el nivel AZ.B.

Entre los silicatos, el cuarzo es mayoritario en la secuencia ($> 46\%$) con un mínimo en el nivel basal AZ.N2 (39%) y sendos máximos en los niveles AZ.M (64%) y AZ.B (65%). En el resto de silicatos, los más abundantes son los filosilicatos (entre 12% y 22%), seguidos de los

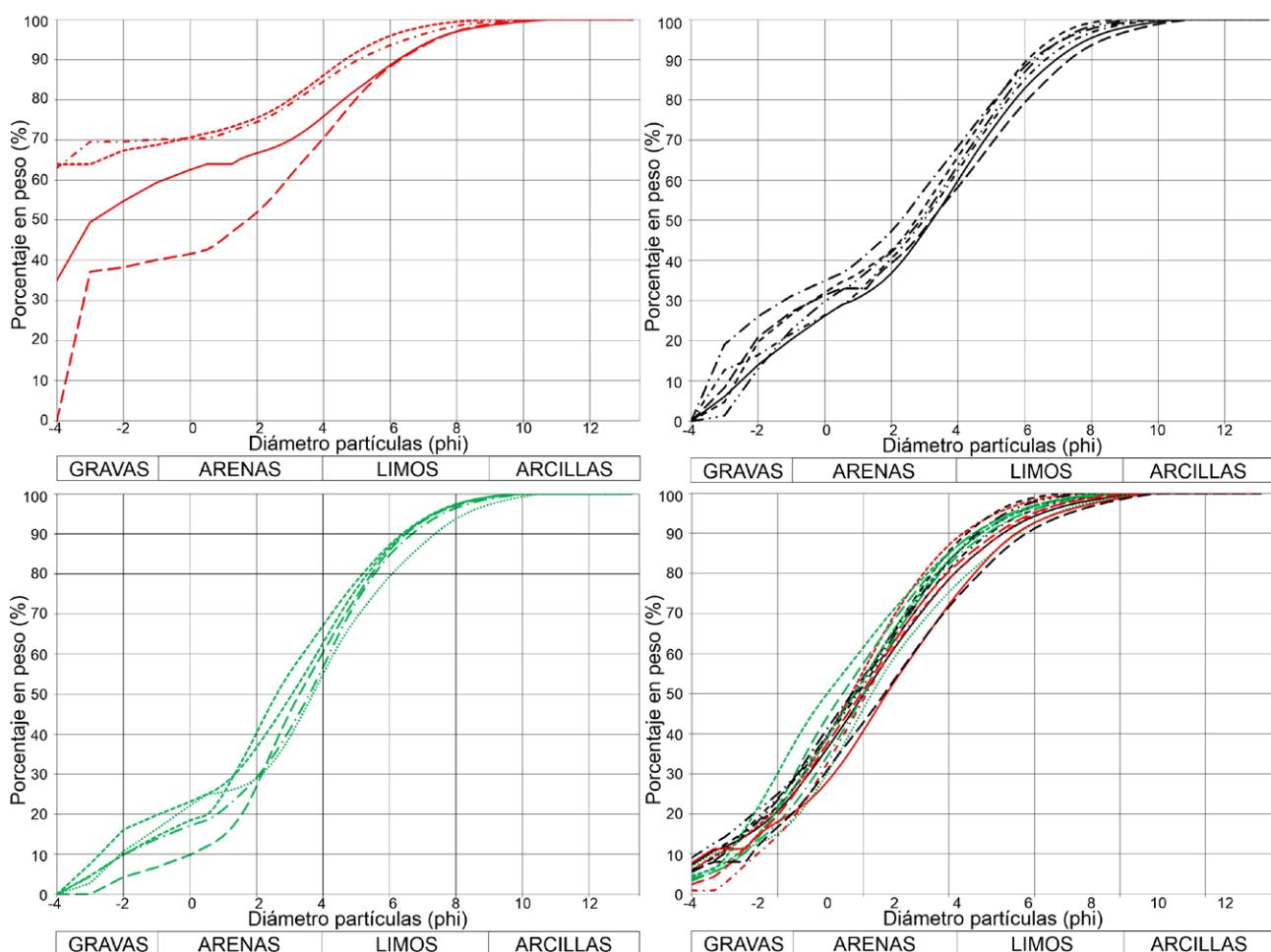


Fig. 9. A, B y C. Curvas granulométricas de la fracción global de las muestras de las familias Azules FG-1, Azules FG-2b, Azules FG-2b. Cueva de Los Azules. D. Curvas granulométricas de la fracción fina del total de las muestras.

Muestras	Cuarzo	Feldes. K	Plagioclasas	Filosilicatos	Calcita	Dolomita	Ankerita	Aragonito	Magnesita	Apatito	Yeso	Hematites	Goethita
AZ.A	54	8	3	18	2	4	0	2	1	5	0	2	1
AZ.B	65	4	2	19	1	0	0	3	0	1	2	1	2
AZ.C	48	6	3	20	5	5	0	4	1	7	0	0	1
AZ.D	46	7	3	22	5	4	0	4	0	8	0	0	1
AZ.E	61	5	2	13	9	2	0	3	1	3	0	0	1
AZ.F	62	6	1	13	11	1	0	3	0	2	0	1	0
AZ.G	48	5	2	13	23	0	0	4	1	2	0	1	1
AZ.H	50	5	2	17	11	1	0	3	1	8	0	1	1
AZ.I	62	4	2	16	5	4	0	2	1	2	0	1	1
AZ.J	63	3	1	14	6	4	3	2	0	2	0	1	1
AZ.K	63	2	1	12	8	2	2	2	1	3	0	1	1
AZ.L	55	4	1	13	18	1	0	2	0	4	0	1	1
AZ.M	64	7	1	18	2	1	0	2	0	2	0	1	2
AZ.N2	39	4	1	12	16	8	8	3	0	7	0	1	1
AZ.N1	46	5	1	14	2	9	10	3	0	6	0	2	2

Tabla 3. Minerales (DRX en %) presentes en la fracción fina.

feldespatos potásicos (entre 4 % y 8 %) y las plagioclásas (entre 1 % y 3 %).

En el grupo de los carbonatos, la calcita es la mejor representada, con un máximo en el nivel AZ.G (23 %) y mínimos en AZ.B (1 %) y AZ.A, AZ.M y AZ.N2 (2 %), seguida por la dolomita que está ausente en AZ.B y AZ.G y tiene un máximo en los dos niveles basales AZ.N2 y AZ.N1 (8 % y 9 %), el aragonito, entre el 2 % y 4 %), la ankerita, solo presente en los dos niveles basales (8 % y 10 %) y AZ.K y AZ.J (2 % y 3 %), y la magnesita, representada con un 1 % en la parte media y superior de la secuencia. El apatito está presente en toda la secuencia con valores mínimos en AZ.B (1 %) y máximos en los dos niveles basales (7 % y 6 %) y medios (AZ.I y AZ.D, 8 %, y AZ.D 7 %). El yeso solo está presente en una proporción del 2 % en el nivel superior AZ.B. Los óxidos de hierro, hematites y goethita están presentes en concentraciones de 1-2% en todos los niveles, con ausencia de hematites en los niveles superiores (AZ.E, AZ.D y AZ.C) y de goethita en AZ.F.

Los minerales que aparecen en los distintos niveles son frecuentes en depósitos detriticos de cavidades kársticas (Hill y Forti, 1997). La abundante presencia de minerales silicatados es compatible con la mineralogía de las rocas de las zonas del entorno de la cavidad y básicamente corresponde a tectosilicatos y filosilicatos de origen alóctono. También son alóctonos los óxidos de hierro y el yeso. Los carbonatos presentes en la secuencia tienen un origen local.

Carbono total, carbono inorgánico y carbono orgánico total

En los sedimentos de la secuencia estudiada la presencia de carbono total, carbono inorgánico y carbono orgánico total es baja (< 7 %) (Tabla 4, Fig. 12), con variaciones alter-

nantes en el carbono total que aumenta notablemente es las muestras AZ.N1, AZ.N2, AZ.H, AZ.G y AZ.C, con valores entre 5,8 % y 11 %, y en el carbono orgánico total que presenta máximos en las muestras AZ.H, AZ.D y AZ.C. Por su parte, el carbono inorgánico muestra una presencia decreciente de muro a techo con un aumento en la parte media (AZ.G), al igual que ocurre en la secuencia con la calcita, cuyo máximo también está en la parte media (AZ.G).

Muestras	% TC	% IC	% TOC
AZ.A	2,4 ± 0,2	0,6 ± 0,1	1,8 ± 0,2
AZ.B	1,8 ± 0,2	0,1 ± 0,1	1,8 ± 0,2
AZ.C	5,2 ± 0,5	0,9 ± 0,1	4,3 ± 0,5
AZ.D	11 ± 1,0	0,7 ± 0,1	10 ± 1,0
AZ.E	4,3 ± 0,4	1,6 ± 0,2	2,7 ± 0,4
AZ.F	2,8 ± 0,3	1,7 ± 0,2	1,1 ± 0,3
AZ.G	6,6 ± 0,7	4,5 ± 0,5	2,1 ± 0,7
AZ.H	7,7 ± 0,8	1,1 ± 0,1	6,6 ± 0,8
AZ.I	3,7 ± 0,4	1,6 ± 0,2	2,1 ± 0,4
AZ.J	3,6 ± 0,4	1,4 ± 0,1	2,2 ± 0,4
AZ.K	4,5 ± 0,4	2,6 ± 0,3	1,9 ± 0,5
AZ.L	4,7 ± 0,4	3,2 ± 0,3	1,5 ± 0,5
AZ.M	1,4 ± 0,4	0,23 ± 0,02	1,2 ± 0,1
AZ.N1	5,8 ± 0,4	3,4 ± 0,3	2,4 ± 0,6
AZ.N2	7,5 ± 0,4	4,9 ± 0,5	2,6 ± 0,8

Tabla 4. Carbono total, carbono inorgánico y carbono orgánico total. *pH, color e hidrofobicidad*

El pH (Tabla 5, Fig. 13) de los sedimentos de la secuencia ofrece valores ligeramente básicos, en torno a 9, con una disminución a techo, con valores de 7,2 en AZ.B y de 8,2 en AZ.A.

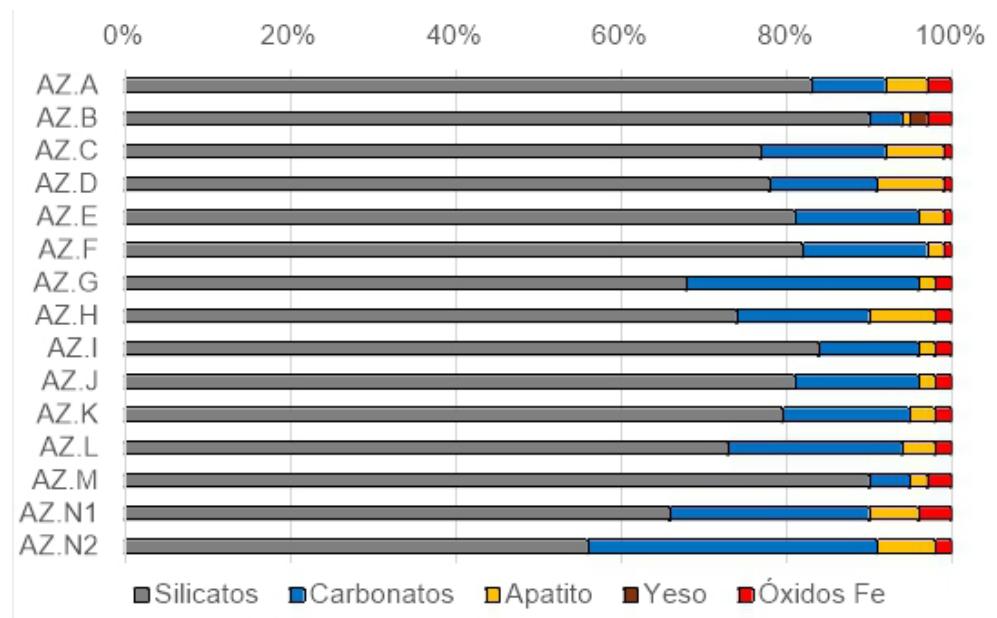


Fig. 10. Grupos mineralógicos (DRX en %) presentes en la fracción fina.

Muestras	pH en H ₂ O
AZ.A	8,2
AZ.B	7,2
AZ.C	9,1
AZ.D	9,1
AZ.E	9,3
AZ.F	9,3
AZ.G	9,3
AZ.H	9,1
AZ.I	9,1
AZ.J	9,3
AZ.K	9,1
AZ.L	9,1
AZ.M	8,9
AZ.N1	9,0
AZ.N2	8,9

Tabla 5. Valores del pH de los sedimentos (error ± 0,1).

A partir de la determinación del color en seco de los sedimentos de la secuencia se observa una cierta uniformidad, con predominio de colores marrones (rojizo-amarillentos) (YR) en sus distintos niveles, que en AZ.B y AZ.E son más rojizos, con luminosidad alta y brillo bajo (Tabla 6). El color en húmedo varía del mismo modo con una mayor homogeneidad de colores y disminuyendo la luminosidad y el brillo.

Durante el procesado de las muestras de cara a la determinación del color, se observó que algunas de ellas ofrecían cierta repelencia al agua o hidrofobicidad. Sin embargo, la mayoría mostraron tiempos de penetración del agua inferiores a 10 segundos, por lo que pueden considerarse hidrófilas. Sólo dos muestras se apartan de este comportamiento: la correspondiente a la capa AZ.B, con 91 segundos, compuesta por sedimentos fuertemente hidrófobos, y la capa AZ.K, con 14 segundos, que es ligeramente hidrófoba.

Muestras	Color en seco	Color en húmedo
AZ.B	5YR 6/4	5YR 5/4
AZ.C	7.5YR 4/3	7.5YR 3/2
AZ.E	5YR 5/2	5YR 4/2
AZ.F	7.5YR 6/2	7.5YR 4/3
AZ.I	7.5YR 5/4	7.5YR 4/3
AZ.J	7.5YR 5/3	7.5YR 4/2
AZ.K	7.5YR 5/3	7.5YR 4/2
AZ.L	7.5YR 6/2	7.5YR 5/2
AZ.M	7.5YR 6/6	7.5YR 4/4
AZ.N2	7.5YR 5/1	7.5YR 3/2

Tabla 6. Color de los sedimentos según la escala Munsell (1981).

Dataciones radiocarbónicas

Contamos con catorce dataciones radiocarbónicas para la secuencia arqueológica de Los Azules, siete publicadas por Fernández-Tresguerres (1976, 1989) de los niveles 3a, 3c, 3d, 3e1, 3e2, 3e3 y 3f, y siete inéditas, obtenidas por nosotros, de las capas AZ.C, AZ.D, AZ.H y AZ.N. Estas últimas presentan una correcta ordenación temporal en la secuencia, sin que se observen inversiones.

Tras someter las fechas al preceptivo examen de validez (Mestres, 1995, 2000, 2003, 2008), observamos que cumplen los requisitos químico-físicos, pues todas las fechas proceden de muestras que corresponden a materiales orgánicos (carbonos y fragmentos óseos) aptos para la datación. En los requisitos analíticos, el de precisión lo cumplen las fechas proporcionadas por ORAU y BETA al ser sus desviaciones típicas menores de 50 años. Por su parte, las fechas CSIC y BM, debido al método usado (datación convencional) y a la época en que se obtuvieron, presentan unas desviaciones típicas entre 120 y 360 años que las hacen escasamente precisas y difíciles de comparar con fechas con desviación típica inferior a 50 años, por lo que no

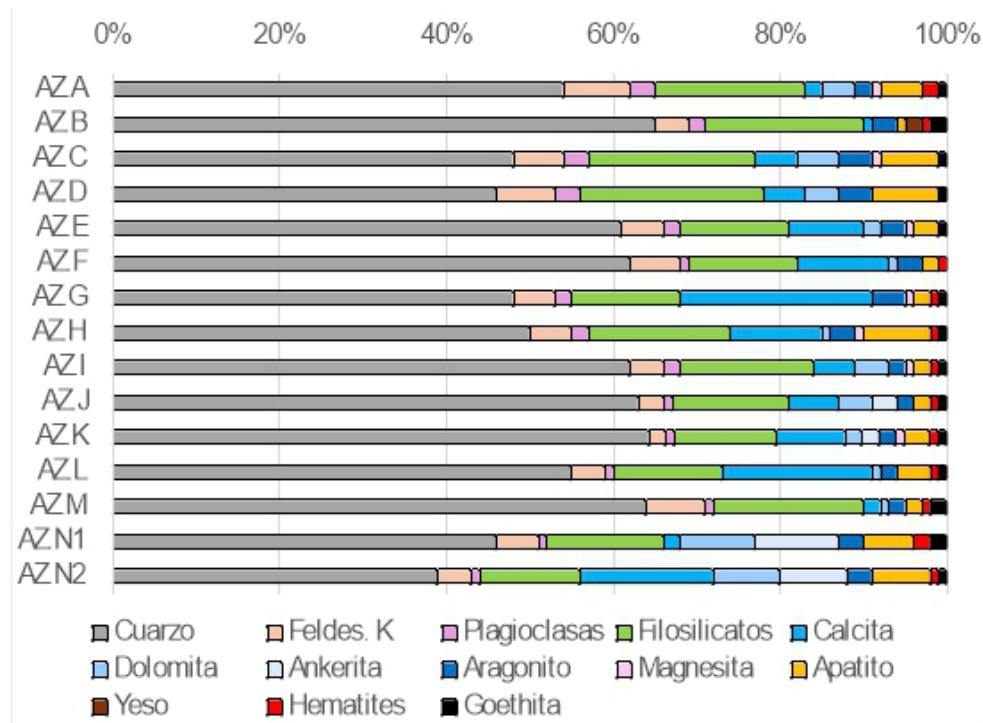


Fig. 11. Mineralogía DRX de la fracción fina de los sedimentos.

las consideraremos en la interpretación cronoestratigráfica. Además, las fechas CSIC ofrecen valores sospechosamente jóvenes en comparación con las fechas obtenidas por nosotros. Aun así, las fechas BM son coincidentes con las de ORAU en términos BP si bien las horquillas calibradas las dotan de gran imprecisión. Respecto a la exactitud, ORAU

cumple el requisito al encontrarse acreditado según la norma ISO-9001 Gestión de Calidad por la *British Standards Institution* para el suministro de mediciones de radiocarbono (<https://c14.arch.ox.ac.uk/>) y BETA está acreditada según la norma ISO/IEC-17025:2017 para la determinación de edades radiocarbónicas de muestras arqueológicas median-

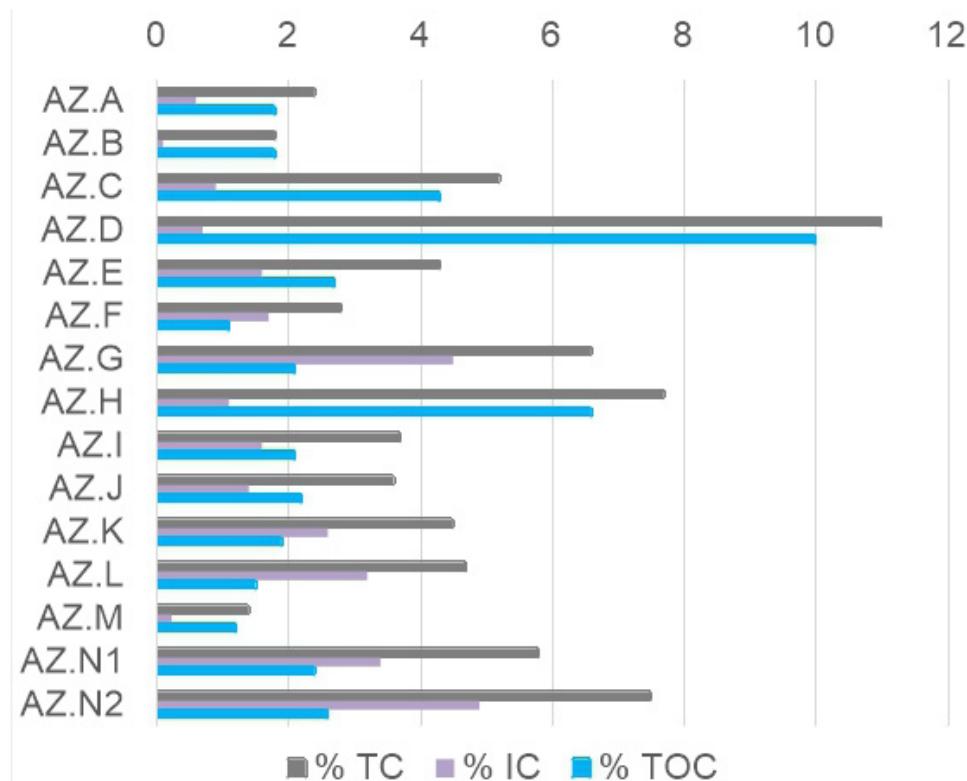


Fig. 12. Presencia (%) de Carbono total (TC), carbono inorgánico (CI) y carbono orgánico total (TOC) en los sedimentos de la secuencia.

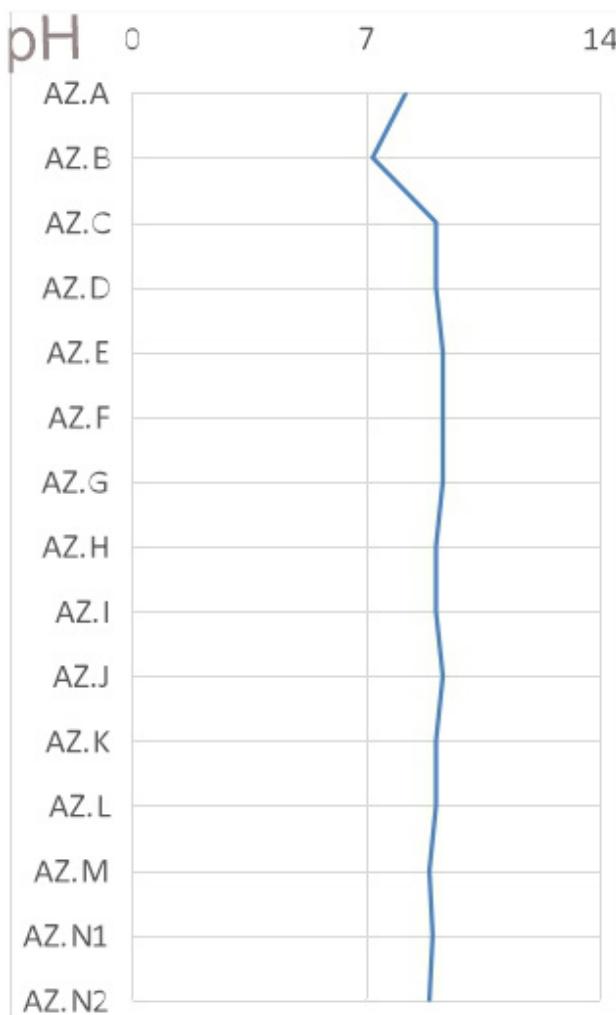


Fig. 13. Valores del pH de los sedimentos.

te AMS (<https://www.radiocarbon.com/iso-certified.htm>), mientras que de MB y CSIC no disponemos de información al respecto. Finalmente, en el orden arqueológico, las fechas de ORAU cumplen el requisito de asociación, dado que no parece existir duda razonable de que los carbonos y huesos datados no sean producto de la actividad antrópica. Respecto a la sincronía, las muestras óseas corresponden a organismos de vida corta cazados (macromamíferos), por lo que podemos considerarlas sincrónicas a la actividad antrópica que las depositó.

Hemos procedido al calibrado de todas fechas ^{14}C mediante la curva de calibración IntCal 20 (Reimer *et al.*, 2020) incluida en el software CalPal 2025.5 (Weninger y Jöris, 2008). En la tabla 7 se muestran los resultados de las catorce fechas radiocarbónicas, indicando las fechas ^{14}C convencionales acompañadas de su incertidumbre expresada como la desviación típica (σ) de su distribución de probabilidad y los resultados de su calibración. Se indican las fechas calibradas correspondientes a los intervalos centrados en las modas de la distribución de probabilidad de la fecha calibrada verdadera, correspondientes a una probabilidad total del 95% (calibración 2σ), expresadas como fechas cal. BP (0 = AD 1950).

La secuencia aziliense arranca *ca.* 14.000-13.750 cal

BP con la capa N cuyos materiales corresponden a un Aziliense antiguo en pleno Tardiglacial. Esta capa descansa sobre depósitos del Magdaleniense superior (no estudiados en este trabajo). La siguiente capa datada, la AZ.H, con materiales del Aziliense clásico, se encuentra en la horquilla 13.510-13.070 cal PB en la segunda mitad del Tardiglacial; esta capa corresponde al subnivel 3e3 de Fernandez-Tresguerres (1980) fechado con BM-1877R 11.320 ± 360 BP (Fernández-Tresguerres, 1989), cuya amplia horquilla calibrada 13.910-12.550 cal BP, debida a su escasa precisión, engloba el lapso calibrado de las fechas ORAU. Hacia el techo, la capa AZ.D con Aziliense clásico, nos ha proporcionado la horquilla calendárica 13.130-12.890 cal BP, en el tramo final del Tardiglacial; esta estrecha horquilla temporal se encuentra englobada en el amplio lapso 13.220-12.460 cal BP de la fecha del nivel ligeramente superior 3d2 de Fernandez-Tresguerres (1980) datado mediante BM-1876R 10.880 ± 210 (Fernández-Tresguerres, 1989). La siguiente capa datada, AZ.C, con materiales del Aziliense fechada en la horquilla 12.830-12.710 cal BP, se emplazó ya en el Dryas reciente, al igual que los niveles 3e2, 3e1 y 3 c de Fernandez-Tresguerres (1980) datados en la amplia horquilla 13.220-11.890 cal BP.

Interpretación geoarqueológica y cronoestratigráfica

Interpretación geoarqueológica

A partir de la descripción litoestratigráfica y la caracterización sedimentológica y edafológica de los sedimentos de la sección longitudinal este de los depósitos de la cueva de Los Azules, parece evidente que su génesis está relacionada con una sedimentación en la que intervienen dos tipos de procesos fundamentales. Por un lado, el funcionamiento de flujos hídricos de baja a moderada a energía, responsables de la sedimentación de las arenas y los limos que constituyen mayoritariamente los depósitos. Estos flujos circularían de forma entrelazada, dando lugar a delgados mantos de arroyada difusa (*sheet flood*), y estarían provocados por precipitaciones en forma de lluvia de moderada intensidad que penetrarían por escorrentía superficial en el interior de la cavidad arrastrando partículas finas como arenas y limos. No se observan procesos de encharcamiento ni de decantación. Por otro lado, de manera ocasional a lo largo de la secuencia se observan tres momentos de aportes clásticos de la roca del sustrato producidos por procesos gravitacionales posiblemente inducidos por la alternancia de flujos de hielo y deshielo (*gelifracción*). Ambos tipos de procesos se observan bien en depósitos de similar cronología de otros yacimientos como son las cuevas de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias) (Jordá Pardo y Carral González, 2017), de El Olivo (Llanera, Asturias) (Jordá Pardo *et al.*, 2023) y de La Güelga (Narciandi, Cangas de Onís) (Jordá Pardo *et al.*, 2013). Es significativo que el yacimiento aziliense de Los Azules constituye un lugar preservado dentro de la cavidad, donde la acumulación producida durante las ocupaciones azilienses de la cueva no han sufrido posterior erosión. Esta sí se manifiesta en la sección estratigráfica oeste, donde la capa detrítica amarilla (denominada

Intervención	Nivel/Capa	Método	Material	Cod. Lab.	Fecha cal BP	σ	Periodo	Publicación
	3a	14C	hueso	CSIC-216	9.430	120	11.210 -10.290	Fernández-Tresguerres 1976
	3c	14C	hueso	BM-1879R	10.510	130	12.850 -11.890	Fernández-Tresguerres 1989
	3d	14C	hueso	CSIC-260	9.540	120	11.280 -10.480	Fernández-Tresguerres 1976
1973-1992	3e1	14C	hueso	BM-1875R	10.480	210	12.920 -11.640	Aziliense
	3e2	14C	hueso	BM-1876R	10.880	210	13.220 -12.460	Fernández-Tresguerres 1989
	3e3	14C	hueso	BM-1877R	11.320	360	13.910 -12.550	
	3f	14C	hueso	BM-1878R	10.910	290	13.410 -12.170	
	AZ.C	14C AMS	carbón	Beta-712398	10.840	30	12.830 -12.710	
	AZ.D (=3d2)	14C AMS	hueso con impactos antrópicos (mamífero talla media)	OxA-41015	11.091	37	13.130 -12.890	
	AZ.H (=3e)	14C AMS	carbón	Beta-712400	11.250	40	13.230 -13.070	Aziliense
2019-actualidad	AZ.H (=3e)	14C AMS	carbón	Beta-712399	11.380	30	13.350 -13.150	índitas
	AZ.H (=3e)	14C AMS	hueso con impactos antrópicos (mamífero talla media)	OxA-41016	11.552	39	13.510 -13.310	
	AZ.N3 (=5)	14C AMS	hueso con impactos antrópicos (mamífero talla media)	OxA-41017	12.014	40	14.070 -13.750	Aziliense
	AZ.N3 (=5)	14C AMS	hueso con impactos antrópicos (mamífero talla media)	OxA-41491	12.033	46	14.080 -13.760	antiguo

Tabla 7. Dataciones radiocarbónicas del yacimiento de Los Azules. La calibración se ha realizado usando la curva IntCal 20 (Reimer *et al.*, 2020) y el software CalPal 2025.5 (Weninger y Jöris, 2008).

AZ.2) situada a techo es fuertemente erosiva y descansa directamente sobre depósitos del Magdaleniense superior (Fig. 6).

La mineralogía de la fracción fina de los sedimentos se caracteriza por una elevada presencia de minerales silicatados, con predominio del cuarzo, lo que indica una procedencia alóctona que es compatible con la mineralogía de las rocas del entorno de la cavidad, como ocurre en otros yacimientos de la zona (Jordá Pardo *et al.*, 2018). La elevada presencia de plagioclasas, feldespatos y filosilicatos, que acompañan al cuarzo, indica una baja madurez textural, indicativa de que los sedimentos han sufrido un transporte corto. Los diferentes minerales carbonatados presentes son propios del interior del karst (De Waale y Gutiérrez, 2022) y la presencia de apatito en toda la secuencia indica una fuerte alteración de los fragmentos de huesos de origen antrópico (Hill y Forti, 1997; De Waale y Gutiérrez, 2022), como se ha constatado en otros yacimientos cantábricos (Jordá Pardo *et al.*, 2008; Baena *et al.*, 2021). La presencia de óxidos de hierro puede estar en relación con procesos de oxidación producidos en el interior del karst (De Waale y Gutiérrez, 2022) o con aportes del exterior mediante un transporte corto.

La presencia de carbonatos es constante en toda la secuencia con un máximo de carbonato inorgánico coincidente con el máximo de calcita, y una elevada presencia de carbono orgánico, que está en relación con la actividad humana. La hidrofobicidad está fundamentalmente relacionada con la cantidad de lípidos y ácidos grasos provenientes de la materia orgánica, lo que también está relacionado con una disminución del pH. La gama de colores de la secuencia también está relacionada con la presencia de materia orgánica de aporte antrópico.

Interpretación cronoestratigráfica

Para establecer la situación cronoestratigráfica en la escala del Pleistoceno superior final se consideran únicamente las curvas de probabilidad acumulada obtenidas a partir de la calibración de las nuevas dataciones que presentamos en este trabajo obtenidas en los laboratorios ORAU y BETA, dada su mayor precisión y la calidad acreditada de ambos centros.

Cronoestratigráficamente, las dataciones radiocarbónicas calibradas sitúan con precisión la secuencia estratigráfica de Los Azules en la horquilla cronológica entre 14.080 y 12.710 cal BP situada a finales del Pleistoceno superior final (OIS 2), que comprende la segunda mitad del interstadio templado Tardiglacial o GI 1 y el primer tercio del estadio de características más frías del Dryas reciente o GS 1 (Fig. 14). Esta horquilla cronológica para el Aziliense de Los Azules concuerda plenamente con la propuesta por Hevia-Carrillo *et al.* (2019) y Álvarez-Alonso *et al.* (2022), que sitúan el inicio del Aziliense cantábrico entre 14.100 y 13.600 cal BP y el final del periodo entre 11.000 y 10.400 cal BP. No obstante, con las nuevas dataciones AMS es muy probable que este límite superior se retrase al introducirse en los modelos cronoestratigráficos nuevas dataciones AMS más precisas.

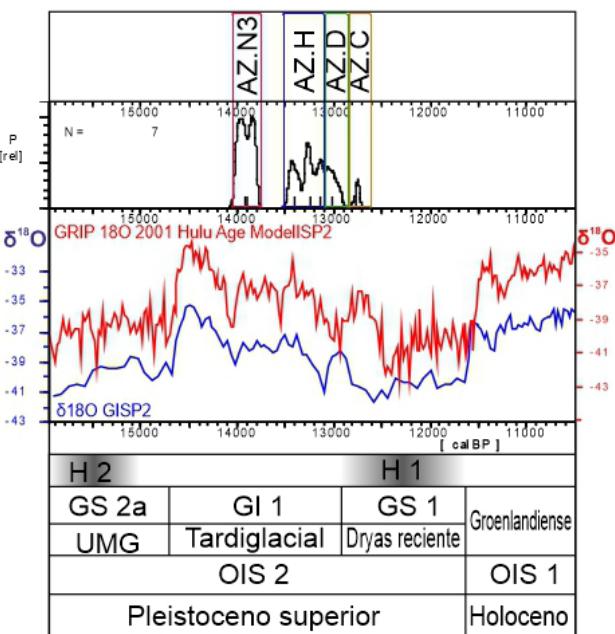


Fig. 14. Cronoestratigrafía de Los Azules a partir de las curvas de probabilidad acumulada de las fechas 14C calibradas con IntCal 20 (Reimer *et al.*, 2020) y el software CalPal 2025.5 (Weninger y Jöris, 2008), comparadas con las proxies $\delta^{18}\text{O}$ GISP2 (Grootes *et al.*, 1993; Meese *et al.*, 1994) y GRIP 18O 2001 Hulu Age Model (Johnsen *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2001).

Las dataciones de Los Azules guardan una buena correlación con las obtenidas para estos momentos en otros yacimientos del valle del Sella, como las de los niveles azilienses (CIERRO C y CIERRO D) de la cueva de El Cierro (Ribadesella, Asturias), que ofrecen una horquilla calibrada entre 13.060 y 12.674 cal BP (Jordá Pardo *et al.*, 2018, 2024), y las de la capa C del Testigo III de La Lloseta cuya horquilla calibrada es 12.870-11.220 cal BP (Martínez-Villa, 2022). También hay coincidencia con la fecha del nivel aziliense de la Cuevona de Avín (Asturias) (Álvarez-Fernández *et al.*, 2022) y con las de los niveles azilienses de El Mirón (Cantabria) (Straus y Gonzalez Morales, 2010).

Por otro lado, es un hecho significativo la presencia de sedimentación continua en estos momentos del Pleistoceno superior final en la cueva de Los Azules, teniendo en cuenta que en otros yacimientos del valle del Sella está ausente, como es el caso de Cova Rosa, donde existe un hiato importante con ausencia completa de registro durante el Tardiglacial (GI 1) y el Dryas reciente (GS 1) (Álvarez-Fernández *et al.*, 2021). Esta ausencia de registro estratigráfico durante el Dryas reciente ha sido testificada en numerosos yacimientos del valle del Ebro y del litoral mediterráneo (Aura *et al.*, 2011). En este sentido, la integridad estratigráfica del registro aziliense constituye un hecho aislado en la cuenca del Sella y otras zonas de Asturias.

Conclusiones

El yacimiento de la cueva de Los Azules constituye uno de los registros más importantes del periodo Aziliense de la cornisa cantábrica gracias a su potente serie estratigráfica que cubre un periodo de tiempo del final del Pleistoceno

superior, ausente en otros yacimientos cantábricos, siendo un yacimiento clave para entender el proceso de transición entre el Magdaleniense y el Aziliense en esta región. Dentro del contexto regional del valle del Sella, en donde se encuentra, la cueva de Los Azules contiene un yacimiento clave para el estudio en la cornisa cantábrica del Aziliense.

El estudio geoarqueológico del yacimiento aziliense de Los Azules permite interpretar su secuencia sedimentaria como una sucesión de cortos y numerosos eventos de sedimentación por arroyada difusa de baja a moderada energía de procedencia no muy lejana, con aportes gravitacionales relacionados con ciclos de hielo-deshielo de baja intensidad. Durante toda esta sedimentación los aportes antrópicos son muy relevantes, con incorporación de abundante materia orgánica, fragmentos óseos y restos de industrias líticas. La baja energía de los procesos geológicos implicados en la formación de la secuencia es una garantía de la escasa alteración y movilización sufrida por los elementos de origen antrópico que forman parte de su registro arqueológico. Estos procesos son frecuentes en los registros arqueosedimentarios de los yacimientos pleistocenos de Asturias oriental.

Las nuevas dataciones radiocarbónicas de Los Azules permiten situar con precisión su secuencia en la escala cronoestratigráfica del Cuaternario, en un lapso cronológico comprendido entre 14.080 y 12.710 cal BP, en el final del Pleistoceno superior, que incluye el interestadio de características climáticas benignas del Tardiglacial (GI 1) y el estadio frío del Dryas reciente (GS 1). Las nuevas dataciones sitúan claramente la secuencia aziliense de Los Azules en la horquilla cronológica calculada para el Aziliense cantábrico, dentro del Pleistoceno superior final, sin llegar a edades holocenas.

Este trabajo es una primera aportación al conocimiento exhaustivo del registro arqueológico de Los Azules. Los resultados de los diferentes estudios interdisciplinares que se están llevando a cabo actualmente sobre los diferentes componentes de su registro geoarqueológico permitirán en los próximos años obtener un mejor conocimiento de este importante yacimiento asturiano.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido financiado por el proyecto CantabricOIS2 (PID2020-115192GB-I00) (IP: JFJP) de la Agencia Estatal de Investigación. La intervención en la cueva de Los Azules ha sido financiada en el marco del proyecto “Análisis cronoestratigráfico de la transición Magdaleniense/Aziliense en la cueva de Los Azules (Contranquil, Cangas de Onís)” (UCM AYUD/2024/2265) subvencionado por el Principau d’Asturias, así como por el programa de ayudas para analíticas de la Fundación Palarq. Agradecemos a la Consejería de Cultura, Política Llingüística y Turismo del Principau d’Asturias los permisos otorgados desde 2019 para la intervención en el yacimiento y al Centro de Asistencia a la Investigación de Técnicas Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid sus comentarios sobre los análisis realizados. Agradecemos a los revisores del manuscrito y a la editora de la RSGE sus aportaciones y comentarios para la mejora del trabajo.

Contribución de autores/as

Elaboración del trabajo, J.F.J.P. y D.A.-A.; metodología, J.F.J.P. y P.C.; obtención de datos, J.F.J.P., P.C., D.A.-A., M.A.-H., A.H.-C. y J.M.V.-R.; figuras, J.F.J.P. y D.A.-A.; investigación/análisis, J.F.J.P., P.C., D.A.-A., M.A.-H., A.H.-C. y J.M.V.-R.; revisión del manuscrito, J.F.J.P., P.C., D.A.-A., M.A.-H., A.H.-C. y J.M.V.-R.; coordinación, J.F.J.P.; supervisión, J.F.J.P.; obtención de financiación, J.F.J.P. y D.A.-A.

Referencias

- Álvarez-Alonso, D., Hevia-Carrillo, A., Andrés-Herrero, M. de, Carboyo Usano, M., 2022. El Aziliense cantábrico y la continuidad cultural en la transición Pleistoceno superior/ Holoceno. *Sagvntvm* (P.L.A.V.), 54: 9-26. <https://doi.org/10.7203/SAGVNTVM.54.23690>
- Álvarez-Alonso, D., Hevia-Carrillo, A., Andrés-Herrero, M. de., Coya Aláez, L., Vázquez-Rodríguez, J. M., Arrizabalaga, A., Iriarte-Chiapusso, M. J., Jordá Pardo, J. F., Martínez-Villa, A., Sainz de los Terreros, J.Y., 2022a. La Cueva de Los Azules (Cangas de Onís, Asturias, España), 50 años después. En: Descendiendo el río Sella. Una (re)visión de la Arqueología Prehistórica del valle del Sella (Asturias, España) (J. Jordá Pardo, S. Martín-Jarque, R. Portero Hernández y E. Álvarez Fernández, eds.). UNED Asturias. Entemu, XIX: 335-360.
- Álvarez-Alonso, D., Hevia-Carrillo, A., Andrés-Herrero, M. de., Vázquez-Rodríguez, J. M., Coya Aláez, L., 2025. Excavaciones en la cueva de Los Azules (Cangas de Onís) 2022-2024. Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2021-2024, 10. Consejería de Cultura, Política Llingüística y Turismo - Gobiernu del Principau d’Asturias, Oviedo.
- Álvarez-Alonso, D., Hevia-Carrillo, A., Andrés-Herrero, M. de., Vázquez Rodríguez, J.M., Coya Alaez, L., Arrizabalaga, A., Iriarte Chiapusso, M.J., Jordá Pardo, J.F., 2022b. Nuevas investigaciones en la cueva de Los Azules (Cangas de Onís): campañas 2019-2020. Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2017-2020, 9. Consejería de Cultura, Política Llingüística y Turismo - Gobiernu del Principau d’Asturias, Oviedo, 115-120.
- Álvarez-Fernández, E., Jordá Pardo, J.F., Arias, P., Bécares, J., Martín-Jarque, S., Portero, R., Teira, L., Douka, K., 2021. Radiocarbon dates for the Late Pleistocene and Early Holocene occupations of Cova Rosa (Ribadesella, Asturias, Spain). *Radiocarbon*, 63 (3), 20-05-2021: 1.05-1.072 <https://doi.org/10.1017/RDC.2021.18>
- Álvarez-Fernández, E., Martín-Jarque, S., Rodrigo Portero, R., Vadillo Conesa, M., Martínez-Villa, A., Aparicio, M.T., Armenteros, I., Cerezo-Fernández, R., Domingo, R., García-Ibañarriaga, N., González, F.J., Llorente, L., Rufa, A., Tarriño, A., Uzquiano, P., Pinto-Llona, A.C., 2022. La Cuevona de Avín (Avín, Asturias, North Spain): A new Late Pleistocene site in the lower valley of the River Güeña. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 45: 10359. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103591>
- Aura, J.E., Jordá, J.F., Montes, L., Utrilla, P., 2011. Human responses to Younger Dryas in the Ebro valley and Mediterranean watershed (Eastern Spain). *Quaternary International*, 242: 348-359. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.023>
- Baena J., Jordá Pardo J. F., Carrión Santafe E., Torres Navas C., Carral Gonzalez P., Yravedra Sainz De Los Terreros, J., 2021. A road to nowhere? The non-transitional sequence at El Esquilleu (Cantabria, Spain). En: *Palaeolithic of Northwest Iberia*

- ria and beyond: multidisciplinary approaches to the analysis of Late Quaternary hunter-gatherer societies, (X.P. Rodríguez Álvarez, M. Otte, M., A. de Lombera-Hermida y R. Fábgas-Valcarce, Eds.). *Comptes Rendus Palevol*, 20 (16): 277-295. <https://doi.org/10.5852/cr-palevol2021v20a16>
- Beta Analytic Receives ISO/IEC 17025:2017 Accreditation. Disponible en <https://www.radiocarbon.com/iso-certified.htm> [consultado 28/07/2025]
- Björck, S., Walker, M.J.C., Cwynar, L.C., Johnsen, S., Knudsen, K.-L., Lowe, J.J., Wohlfarth, B., 1998. An event stratigraphy for the Last Termination in the north Atlantic based on the Greenland Ice Core record: a proposal by the INTIMATE group. *Journal of Quaternary Science*, 13: 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.09.016>
- Blott, S.J., 2010. GRADISTAT Version 8.0. A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd., Crowthorne Enterprise Centre, Old Wokingham Road, Crowthorne.
- Blott, S.J., Pye, K., 2001. GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248. <https://doi.org/10.1002/esp.261>
- Brock, F., Higham, T.F.G., Ditchfield, P., Ramsey, C.B., 2010. Current pre-treatment methods for AMS radiocarbon dating at the Oxford Radiocarbon Accelerator Unit (ORAU). *Radiocarbon*, 52: 103-112. <https://doi.org/10.1017/S0033822200045069>
- Chung, F.H., 1975. Quantitative interpretation of X-Ray diffraction patterns. III. Simultaneous determination of a set of reference intensities. *Journal of Applied Crystallography*, 8 (1): 17-19. <https://doi.org/10.1107/S0021889875009454>
- De Waale, J., Gutiérrez, F., 2022. Karst Hydrogeology, Geomorphology and Caves. Wiley-Blackwell, Croydon, U.K. <https://doi.org/10.1002/9781119605379>
- Díaz y Martínez, F., Martínez Faedo, L., 2012. Juan Antonio Fernández-Tresguerres en Los Azules. En: La construcción de la nueva Prehistoria en la Asturias del último franquismo (1967-1975). Ad Orientem: del final del Paleolítico en el norte de España a las primeras civilizaciones del Oriente Próximo (J. R. Muñiz, ed.). Ménsula Ediciones, Oviedo, 57-90.
- Fernández-Tresguerres, J.A., 1976. Excavaciones en la Cueva de los Azules, Contranquil, Cangas de Onís (Asturias). *Noticiario Arqueológico Hispano*, 5: 77-84.
- Fernández-Tresguerres Velasco J.A., 1980. El Aziliense en las Provincias de Asturias y Santander. Centro de Investigación y Museo de Altamira, Monografías nº 2. Ministerio de Cultura, Santander.
- Fernández-Tresguerres, J.A., 1989. Thoughts on the Transition from the Magdalenian to the Azilian in Cantabria: Evidence from the Cueva de Los Azules, Asturias. En: The Mesolithic in Europe. Proceedings of the Third International Symposium, Edinburgh 1985 (C. Bonsall, ed.). John Donald Publishers Ltd., Edinburgh, 582-588.
- Fernández-Tresguerres, J.A., 2004. El final del Paleolítico en los espacios cantábricos: El Aziliense. En: Las Sociedades del Paleolítico en la Región Cantábrica (M.A. Fano, coord.) (Kobie Serie Anejos, 8). Bizkaiko Foru Aldundia/Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao: 309-336.
- Fernández-Tresguerres, J.A., Junceda, F., 1992. Informe sobre las campañas de excavación realizadas en la cueva de los Azules entre 1986 y 1990. *Excavaciones Arqueológicas en Asturias (1987-90)*, 2. Consejería de Educación, Cultura, Deportes y Juventud, Principado de Asturias, Oviedo, 89-94.
- Fernández-Tresguerres, J.A., Junceda, F., 1995. Cueva de los Azules. 1991-1994. *Excavaciones Arqueológicas en Asturias (1991-1994)*, 3. Consejería de Cultura, Principado de Asturias, Oviedo, 63-64.
- Fernández-Tresguerres, J.A. Rodríguez Fernández, J.A., 1990. La Cueva de Los Azules (Cangas de Onís). *Excavaciones Arqueológicas en Asturias (1983-1986)*, 1. Consejería de Educación, Cultura y Deportes, Principado de Asturias, Oviedo, 129-133.
- García-Ramos, J.C., Gutiérrez Claverol, M., 1995. La cobertura mesozoico-terciaria. En: *Geología de Asturias* (C. Aramburu y F. Bastida, eds.). Ediciones Trea S.L., Gijón, 81-94.
- Grootes, P.M., Stuiver, M., White, J.W.C., Johnsen, S.J. Jouzel, J., 1993. Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores. *Nature*, 366: 552-554. <https://doi.org/10.1038/366552a0>
- Hevia-Carrillo, A., Álvarez-Alonso, D., Andrés Herrero, M. de., Jordá Pardo, J.F., 2019. El contexto cronocultural y paleoecológico de los últimos cazadores-recolectores cantábricos (Aziliense/Mesolítico). En: *Paleoambiente y recursos bióticos del Pleistoceno superior cantábrico* (N. García-Ibañarriaga, X. Murelaga Bereikua, A. Suárez Bilbao, O. Suárez Hernando, coords.). Kobie anejos 18. Diputación Foral de Bizaia, Bilbao, 169-180.
- Hill, C.A., Forti, P., 1997. *Cave Minerals of the World*, 2nd Edition. National Speleological Society, Huntsville.
- IGME (en línea). Mapa Geológico Continuo de España a escala 1/50.000. Disponible en <http://info.igme.es/visorweb/> [consultado 28/07/2025]
- Johnsen, S.J., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Steffensen, J.P., Clausen, H.B., Miller, H., Masson-Delmotte, V., Sveinbjörnsson, A.E., White, J., 2001. Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP. *Journal of Quaternary Science*, 16 (4): 299-307. <https://doi.org/10.1002/JQS.622>
- Jordá Pardo, J.F., Baena Preysler, J., Carral González, P., García-Guinea, J., Correcher Delgado, V., Yravedra Sainz de los Terreros, J., 2008. Procesos sedimentarios y diagenéticos en el registro arqueológico del yacimiento pleistoceno de la cueva de El Esquilleu (Picos de Europa, Norte de España). *Cuaternario y Geomorfología*, 22 (3-4): 31-46.
- Jordá Pardo, J.F., Bécares, J., Portero, R., Martín-Jarque, S., Duarte, C., Iriarte Chiapuoso, M.J., Palencia Ortas, A., Arias Cabal, P., Teira, L.C., Álvarez-Fernández, E., 2024. Retorno a dos viejos yacimientos del Pleistoceno superior y Holoceno inferior del valle del Sella. El Cierro (Fresnu) y Cova Rosa (Sardéu), Ribadesella, Asturias, campañas de 2017 y 2019. En: De las cuevas paleolíticas a los monasterios medievales. Trabajos en homenaje a la arqueóloga Gema E. Adán Álvarez (J.F. Jordá Pardo, R. Alonso Álvarez, A. Martínez-Villa, J. E. Aura Tortosa, E. Álvarez-Fernández, D. Álvarez-Alonso, eds.). UNED Asturias. Entemu XX: 131-167.
- Jordá Pardo, J.F., Carral González, P., 2017. Estudio litoestratigráfico, sedimentológico y edafológico del registro del Pleistoceno superior de la Zona B de la cueva de Coímbre (Asturias, España). En: La cueva de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias), (D. Álvarez-Alonso, J. Yravedra Sainz de los Terreros, eds.), Fundación Masaveu, Oviedo, 170-185.
- Jordá Pardo, J.F., Menéndez Fernández, M., Carral González, P., Quesada López, J.M., Wood, R., 2013. Geoarchaeology and Chronostratigraphy of the Middle-Upper Palaeolithic transition at the cave of La Güelga (Cangas de Onís, Asturias, Spain). En: Pleistocene foragers on the Iberian Peninsula: Their culture and environment. Festschrift in honour of Gerd - Christian Weniger for his sixtieth birthday, (A. Pastoors

- y B. Auffermann, Eds.). *Wissenschaftliche Schriften des Neanderthal Museums*, 7, Mettmann, 85-106.
- Jordá Pardo, J.F., Carral González, P., Álvarez-Alonso, D., Arias, P., Bécares, J., Cubas, M., Martín-Jarque, S., Portero, R., Teira, L., Álvarez-Fernández, E., 2018. Al oeste del Sella. *Geoarqueología y cronoestratigrafía del registro del Pleistoceno superior de la cueva de El Cierro (Fresnu, Ribadesella, Asturias, España)*. *Boletín Geológico y Minero*, 129 (1-2): 207-250. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.129.1.009>
- Jordá Pardo, J.F., Álvarez-Alonso, D., Andrés-Herrero, M. de, Ballesteros, D., Carral, P., Hevia-Carrillo, A., Sanjurjo, J., Giralt, S., Jiménez-Sánchez, M., 2023. Geomorphology, Geoarchaeology, and Geochronology of the Upper Pleistocene Archaeological Site of El Olivo Cave (Llanera, Asturias, Northern Spain). *Geosciences*, 13 (10), 301, <https://doi.org/10.3390/geosciences13100301>
- Letey, J., 1969. Measurement of contact angle, water drop penetration time and critical surface tensions. *Proc. Symp. Water Rep. Soils*. University of California, Riverside.
- Martínez García, E., 1981. La geología y el relieve de Asturias. En: *Enciclopedia Temática de Asturias* (J. Cueto Alas, dir.), 10. Silverio Cañada Editor, Gijón, 57-136.
- Martínez-Villa, A., 2022. Cien años de investigaciones en la cueva de la Lloseta (Ribadesella/Ribeseya, Asturias/Asturias, España). Revisión e identificación de los trabajos arqueológicos. Planteamiento y objetivos del nuevo proyecto. En: *Descendiendo el río Sella. Una (re)visión de la Arqueología Prehistórica del valle del Sella (Asturias, España)* (J. Jordá Pardo, S. Martín-Jarque, R. Portero Hernández y E. Álvarez Fernández, eds.). UNED Asturias. Entemu XIX: 267-301
- Meese, D.A., Alley, R.B., Fiacco, R.J., Germani, M.S., Gow, A.J., Grootes, P.M., Illing, M., Mayewski, P.A., Morrison, M.C., Ram, M., Taylor, K.C., Yang, Q., Zielinski, G.A., 1994. Preliminary depth-agescale of the GISP2 ice core. *Special CRREL Report 94-1*, US.
- Mestres, J.S., 1995. La datació per radiocarboni i el calibratge de les dates radiocarbòniques. Objectius, problemes i aplicacions. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 5: 260-275.
- Mestres, J.S. 2000. La datació per radiocarboni. Una visió actual. *Tribuna d'Arqueologia*, 1997-1998: 195-239.
- Mestres, J.S. 2003. La química i la cronología: la datació per radiocarboni. *Revista de la Societat Catalana de Química* 4: 11-25.
- Mestres, J.S. 2008. El temps a la Prehistòria i el seu establiment a través de la datació per radiocarboni. *Cypsela*, 17: 11-21.
- Munsell, A.H., 1981. *A Color Notation: An Illustrated System Defining All Colors and Their Relations by Measured Scales for Hue, Value and Chroma*, 14th ed. Munsell Color, Baltimore.
- Navarro, D., Leyva, F., Villa, E., Granados, L., 1986. Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 31 (Ribadesella), segunda serie, primera edición. IGME, Madrid.
- Oxford Radiocarbon Accelerator Unit. Disponible en <https://c14.arch.ox.ac.uk/> [consultado 28/07/2025]
- Pérez-Estaún, A. y Bea, F. (eds.) (2004): *Macizo Ibérico.. En: Geología de España* (Vera, J.A., ed.). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 19-230.
- Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G. Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.G., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, T.S.R., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, D.S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P.I., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, S.A., Talamo, S., 2020. The INTCAL20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 Cal kBP). *Radiocarbon*, 62 (4): 725-757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Schiffer, M.B., 1987. *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Straus, L.G., González Morales, M.R., 2010. The radiocarbon chronology of El Mirón Cave (Cantabria, Spain): new dates for the Initial Magdalenian occupations. *Radiocarbon*, 52 (1): 33-39. <https://doi.org/10.1017/S003382220004501X>
- Svensson, A., Andersen, K.K., Bigler, M., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Davies, S.M., Johnsen, S.J., Muscheler, R., Parrenin, F., Rasmussen, S.O., Röhlisberger, R., Seierstad, I., Steffensen, J.P., Vinther, B.M., 2008. A 60 000 year Greenland stratigraphic ice core chronology. *Climate of the Past*, 4 (1): 47-57. <https://doi.org/10.5194/cp-4-47-2008>
- Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. *Methods of Soil Analysis*, Part 3-Chemical Methods. Soil Science Society of America, Madison, 475-490. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c16>
- Udden, J.A., 1914. Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, 25: 655-744. <https://doi.org/10.1130/GSAB-25-655>
- Wang, Y.J., Cheng, H., Edwards, R.L., An, Z.S., Wu, J.Y., Shen, C.C., Dorale, J.A., 2001. A High-Resolution Absolute-Dated Late Pleistocene Monsoon Record from Hulu Cave, China. *Science*, 294 (5550): 2345-2348. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1064618>
- Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392. <https://doi.org/10.1086/622910>
- Wallis, M.G., Horne, D.J., 1992. Soil water repellency. *Advances in Soil Science*, 20: 91-146. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2930-8_2
- Weninger, B., Jöris, O., 2008. A 14C age calibration curve for the last 60 ka: the Greenland-Hulu U/Th timescale and its impact on understanding the Middle to Upper Paleolithic transition in Western Eurasia. *Journal of Human Evolution*, 55: 772-781. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.017>
- Wood, W.R., Johnson, D.L., 1978. A survey of disturbance processes in archaeological site formation. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 1, Academic Press, New York, 315-381. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-003101-6.50015-9>

MANUSCRITO RECIBIDO: 18-08-2025

REVISIÓN RECIBIDA: 01-10-2025

ACEPTACIÓN DEL MANUSCRITO REVISADO: 24-10-2025