

Datación por racemización de aminoácidos de *Sphincterochila* sp. del yacimiento neolítico de Pico Tienda III (Hellín, Albacete): una nueva aproximación para la obtención de cronologías numéricas en contextos arqueológicos complejos

Alberto Mingo (1), Jose Eugenio Ortiz (2), Trinidad de Torres (3), Bárbara Avezuela (4) y María Yolanda Sanchez-Palencia (5)

(1,4) Departamento de Prehistoria y Arqueología. UNED, (2,4,5) Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. Laboratorio de Estratigrafía Molecular. Universidad Politécnica de Madrid.

(1) amingo@geo.uned.es, (2) joseeugenio.ortiz@upm.es, (3) trinidad.torres@upm.es, (4) bavezuel@gmail.com, (5) yolanda.sanchezpalencia@upm.es

Resumen. El albergue Pico Tienda III alberga una de las pocas referencias estratigráficas del Neolítico antiguo en el sureste de la Península Ibérica. La escasa conservación de los restos orgánicos ha impedido la datación de radiocarbono hasta el momento, por lo que el desarrollo y la adaptación de técnicas de datación alternativas es esencial para el conocimiento de su cronología numérica. En este sentido, la racemización de aminoácidos, como herramienta geocronológica, ha demostrado ser un excelente método para poder fechar depósitos cuaternarios tanto continentales como marinos. En este trabajo presentamos la primera datación por este método en muestras de *Sphincterochila* sp. desde un nivel arqueológico. Esta especie malacológica terrestre es común en el área mediterránea de la Península Ibérica. El documento incluye la metodología implementada, el cálculo del algoritmo específico para estas muestras en el área geográfica de estudio y el análisis derivado. Esta contribución puede ser útil para el cálculo de cronometrías en contextos arqueológicos complejos.

Dating by racemization of amino acids of *Sphincterochila* sp. of the Neolithic site Pico Tienda III (Hellín, Albacete): a new approach to obtain numerical chronologies in complex archaeological contexts

Abstract. Pico Tienda III shelter houses one of the few stratigraphic references of the ancient Neolithic in the southeast of the Iberian Peninsula. The poor preservation of organic remains has prevented radiocarbon dating so far, so that the development and adaptation of alternative dating techniques is essential for the knowledge of its numerical chronology. In this sense, the racemization of amino acids, as a geochronological tool, has proved to be an excellent method to be able to date quaternary deposits both continental and marine. In this work we present the first dating by this method on specimens of *Sphincterochila* sp. from an archaeological level. This terrestrial malacological species is common in the Mediterranean area of the Iberian Peninsula. The paper includes the methodology implemented, the calculation of the specific algorithm for these samples in the geographic area of study and the derived analytics. This contribution can be useful for the calculation of chronometries in complex archaeological contexts.



1 Marco geográfico y antecedentes de la investigación

La comarca de los Campos de Hellín y la cuenca baja del río Mundo se sitúa en el interior del sureste de la Península Ibérica. Ocupa el extremo este de los corredores naturales que conectan el Alto Vinalopó con el río Mundo y el inicio de la sierra del Segura, encuadrándose en el sistema del Prebético externo. El relieve de la región se caracteriza por la presencia de sierras aisladas (como la Sierra de Cabeza Llana, Sierra de los Donceles, Sierra de Enmedio, etc.), de alturas máximas bajas (700-900 m.s.n.m.), entre las que se localizan valles abiertos por los que se encauzan cursos fluviales como el río Mundo o la Rambla Tobarra.

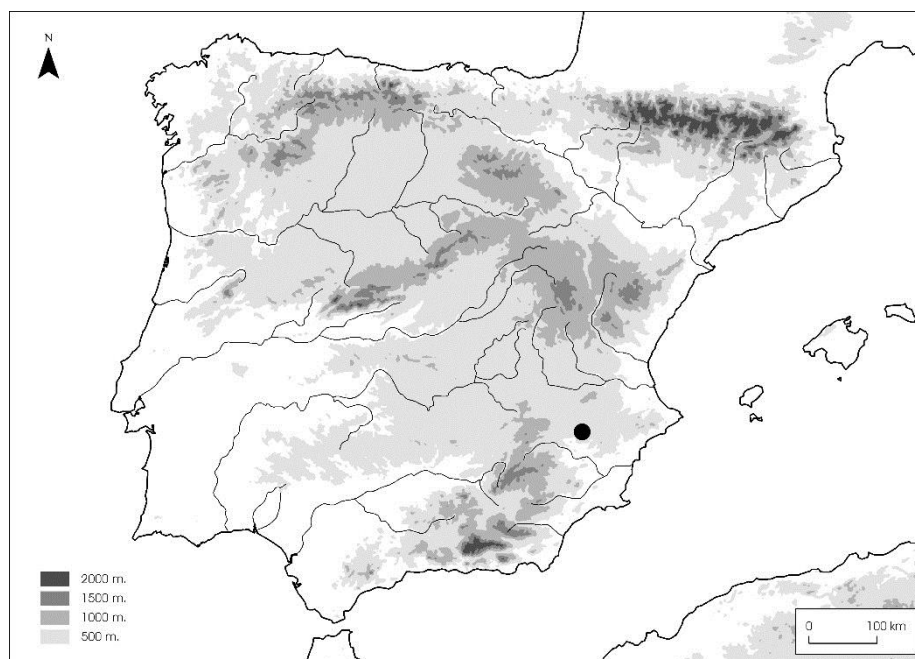


Figura 1 - Situación del abrigo de Pico Tienda III.

El ámbito geológico muestra el afloramiento de materiales del Mesozoico, Terciario y Cuaternario, que son los que forman la unidad morfoestructural de Hellín-Almansa. El soporte rocoso dominante está conformado por las biocalcarenitas del Serravalliense-Tortonense inferior. El paisaje vegetal se compone mayoritariamente de especies típicas de monte bajo, con profusión de esparteras y con presencia de áreas de bosque abierto de pino, especialmente en los valles y laderas septentrionales.

Los Campos de Hellín albergan una de las estaciones rupestres más emblemáticas de todo el arte levantino del Arco Mediterráneo de la Península: el Abrigo Grande de Minateda. Alrededor de éste y en otras zonas de la comarca se hallan igualmente abrigos con evidencias gráficas levantinas y esquemáticas. Sin embargo, este escenario no se había visto acompañado durante el siglo XX por la localización de hábitats prehistóricos que pudieran relacionarse con las ciudades pinturas, creándose una situación anómala. La ausencia de depósitos arqueológicos involucrados en el proceso de neolitización en los Campos de Hellín ha sido explicada por un supuesto vacío poblacional de la misma [Jua02, Jua07-08] o por posibles hiatos estratigráficos vinculados a la aridez climática del evento 8.2 Ka cal. BP [Lóp08]. En este contexto en el año 2008 consideramos la necesidad de iniciar un Proyecto de investigación multidisciplinar para ampliar el conocimiento de la Transición del Mesolítico al Neolítico en los Campos de Hellín y la cuenca baja del río Mundo, especialmente en los ámbitos del poblamiento, cultura material, economía y paleoambiente. Durante este tiempo hemos descubierto y excavado tres yacimientos arqueológicos adscritos al proceso de neolitización: abrigo de Cueva Blanca, abrigo de Pico Tienda III y el abrigo del Acebuchal. El primero contiene un nivel arqueológico perteneciente al Mesolítico final y evidencias de ocupaciones durante el Neolítico y la Edad del Bronce [Min12, Min16a, Uzq16]. El abrigo de Pico Tienda III, por su parte, alberga un potente estrato del Neolítico antiguo [Min16b]. Finalmente, los sondeos llevados a cabo en el Abrigo del Acebuchal parecen indicarnos la existencia de un estrato de ocupación del Neolítico Avanzado [Min17]. Las prospecciones desarrolladas han proporcionado hallazgos significativos en todos los casos. De este modo, nuestra experiencia nos confirma que la discordancia entre estaciones rupestres y los yacimientos arqueológicos era ocasionada en mayor medida por una falta de investigación que por el resto de razones esgrimidas.



2 El yacimiento Pico Tienda III

El yacimiento se sitúa a pocos metros de dos abrigos con arte rupestre prehistórico del mismo nombre. Se ubica en la Sierra de la Tienda, en la parte más alta de una suave ladera y justo al pie de un escarpe rocoso. Presenta unas dimensiones de aproximadamente 9 m. de longitud por 8 de profundidad y una altura de 7 m. Su orientación es hacia el sur (175°). Desde él se tiene una amplia visibilidad del valle de las Dehesillas, situado entre la Sierra de la Tienda y la Sierra del Picacho.



Figura 2 - Vista del abrigo de Pico Tienda III.

La secuencia estratigráfica es incompleta puesto que aún no se ha alcanzado la roca madre en algunas cuadrículas del mismo. Las muestras datadas proceden del nivel 2 que presenta una potencia que supera los 40 cm. en la zona interior del abrigo, mientras que hacia el exterior del mismo se va adelgazando. Se trata de un sedimento poco compacto, arenoso-limoso, de grano fino y muy fino, de tono marrón grisáceo con presencia variable (según las capas) de cantos y lascas amorfos de caliza y cantos de cuarcita de diversos tamaños. Presenta algunas zonas encostradas.

La industria lítica tallada responde en su mayor parte a una producción laminar realizada en sílex. En menor medida, observamos una producción de lascas orientada a obtener productos de mediano y pequeño tamaño. Entre los útiles destacamos la presencia de microlitos geométricos, especialmente segmentos de círculo [Min16b]. El conjunto cerámico muestra un predominio de la cocción en fuego abierto, en atmósferas reductoras y alternantes. Los motivos decorativos son escasos y se llevaron a cabo mediante la impresión, la incisión y la plástica. Las impresiones están realizadas mediante la aplicación de algún tipo de matriz y aparecen en la superficie externa. En todos los casos constituyen un conjunto de impresiones e incisiones de motivos lineales [Cub16].

Entre los hallazgos más destacables podemos citar la presencia de útiles de molienda (una piedra de molino y dos manos de molino), un colgante perforado realizado sobre un canto de reducidas proporciones de caliza gredosa que tiene doble bisel, un resto de material férrico con forma pseudo esférica que fue probablemente utilizado para generar chispas y con ello provocar procesos de combustión [Min16b].

La fauna se compone en su mayoría de fragmentos de pequeño tamaño no identificables tanto desde el plano anatómico como desde del taxonómico. Se han reconocido algunos fragmentos fundamentalmente de ovicápridos. La malacofauna corresponde en su mayor parte a los taxones *Sphincterochila* sp y *Rumina decollata*. Se han detectado carbones de forma dispersa aunque no se han identificado por el momento la existencia de hogares.

Los análisis preliminares de la industria lítica y la decoración cerámica remitían a una atribución cultural neolítica pero sin poder determinar con seguridad una fase más concreta. Hasta el momento no hemos podido obtener dataciones radiocarbónicas ya que los fragmentos óseos no conservan el colágeno suficiente, los carbones no proceden de estructuras de combustión, existiendo cierto riesgo de contaminación, y no se han documentado elementos orgánicos de vida corta con



el peso y condiciones necesarias para plantear dataciones por C14 AMS con garantías. Esta problemática nos condujo a buscar métodos de datación alternativos. Recientemente, hemos obtenido dos dataciones numéricas que nos han arrojado algo de luz al respecto. Un fragmento cerámico fue datado por Termoluminiscencia en 6720 ± 527 años BP (MADN-6379BIN) [Min16b]. La posibilidad de aplicar la racemización de aminoácidos surgió a partir de la abundante constatación de malacofauna terrestre plenamente contextualizada en el nivel 2, especialmente del género *Sphincterochila*. El Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular (LEB) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid asumió el reto, dada su experiencia en la aplicación de esta técnica para obtener dataciones de malacofauna marina, género *Patella*, en yacimientos del área cantábrica en edades comprendidas entre 30 Ka. BP y ca. de 5 Ka. BP [Ort09].

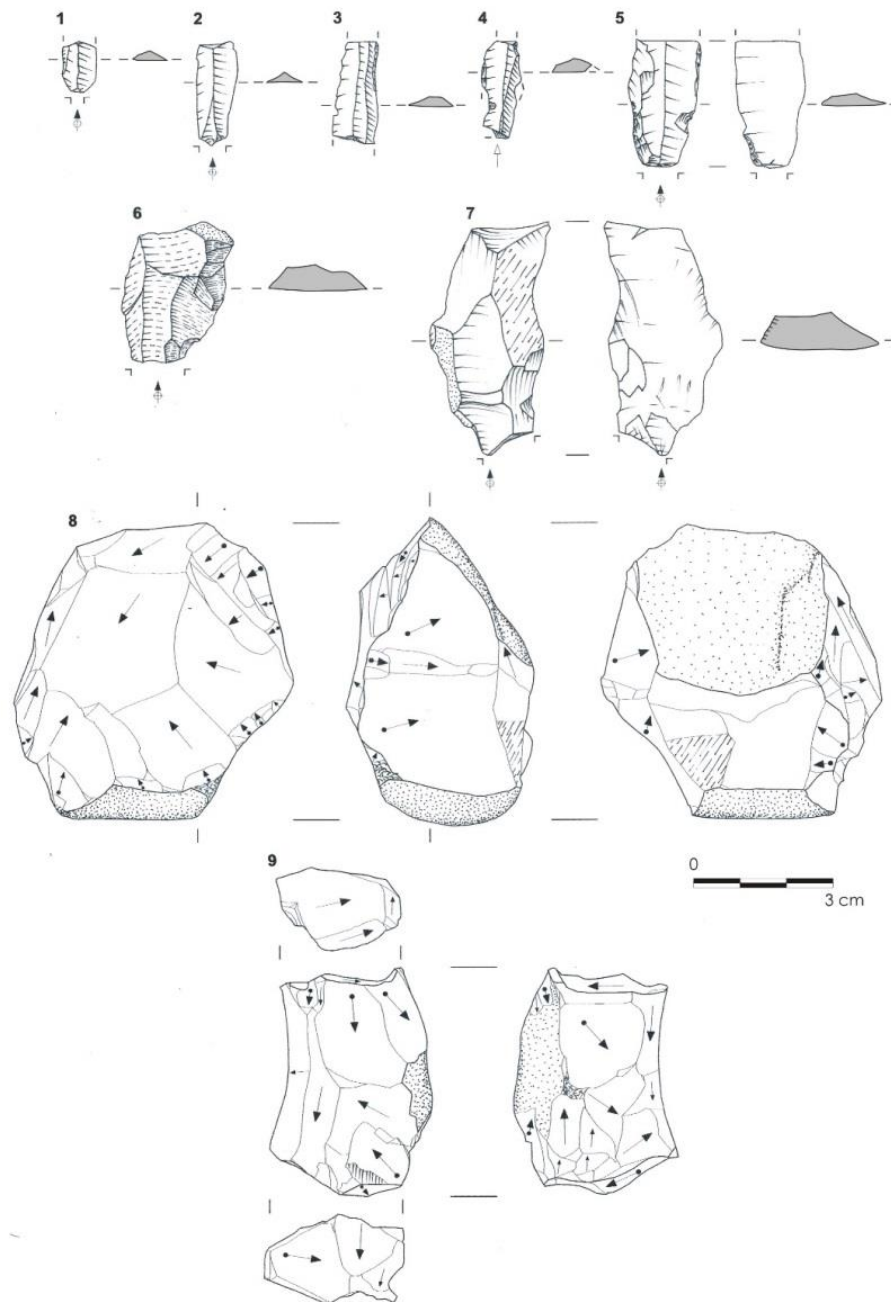


Figura 3 - Diversos productos laminares y núcleos procedentes del nivel 2 de Pico Tienda III.



Figura 4 - Fragmento impreso del nivel 2 de Pico Tienda III.



Figura 5 - Diversos ángulos del colgante de caliza del nivel 2 de Pico Tienda III.



Figura 6 - Ejemplares de *Sphincterochila* sp. del nivel 2 de Pico Tienda III.

3 Materiales y métodos

La base del método se fundamenta en que en los seres vivos- a excepción de algunas bacterias- los aminoácidos, constituyentes básicos de las proteínas, son levógiros (el grupo amino está situado a la izquierda de la molécula). Tras la muerte del individuo, sea cual sea su complejidad biológica, se produce el fenómeno conocido como racemización: el grupo amino de los L-aminoácidos va cambiando de posición, transformándose en D-aminoácidos. Este fenómeno es una reacción química reversible de primer orden que alcanza el equilibrio cuando la relación D/L alcanza la unidad. Se trata de una reacción dependiente del tiempo y habitualmente se recurre a un calibrado con otros métodos de datación, especialmente el radiocarbono [Ort09].

La temperatura - La racemización/epimerización es un proceso sensible a los parámetros ambientales, particularmente la historia térmica, de tal manera que el límite de aplicación del método varía en función de la localidad geográfica. Por ejemplo, para regiones árticas, donde el rango de temperatura varía entre -7 y -12° C, el estado racémico se obtiene aproximadamente a los 10 Ma [Weh82], mientras que en zonas tropicales como Nueva Guinea, el alcance del método no supera los 125 ka [Hea88]. En la Península Ibérica el límite del método se sitúa en torno a 1.3 Ma [Tor97, Ort04].

Los materiales - Cualquier material biológico es susceptible de ser datado por análisis de la racemización de aminoácidos, pero algunos son mucho más adecuados que otros, entre ellos los ostrácodos, moluscos, foraminíferos, dientes y huesos, cáscaras de huevo, etc [Bad73, Goo87, McC88, Mil91, Hea04]. Sin embargo, la racemización es un proceso que depende del género: la velocidad de racemización varía según el mismo, de tal manera que solamente son comparables las relaciones de racemización del mismo taxón y sometidas a la misma historia térmica. Igualmente, cada aminoácido (alanina, valina, prolina, isoleucina, leucina, ácido aspártico, ácido glutámico y fenilalanina, entre otros) tiene una velocidad de racemización distinta, por lo que los valores D/L de cada aminoácido obtenidos en una muestra determinada no coinciden, de manera que en cada análisis se tienen varios estimadores independientes de edad.

Las muestras fueron preparadas de acuerdo al protocolo del LEB y analizadas en un cromatógrafo de líquidos de altas prestaciones HPLC-1100 con detector de fluorescencia. Con el objetivo de datar el nivel 2 del yacimiento de Pico Tienda III, se emplearon las dataciones de carbono-14 obtenidas en el nivel 1 de Acebuchal (Neolítico avanzado) [Min17] y nivel 1b de Cueva Blanca (Mesolítico final) [Uzq16]. Se analizaron helícidos del género *Sphincterochila* procedentes de tres niveles en los que se seleccionaron 10 ejemplares en cada uno de ellos. Las muestras analíticas estaban constituidas por un fragmento de la abertura.



Se siguió el protocolo de Kaufman y Manley [Kau98] para la preparación y análisis de las muestras:

a) *Preparación*

Primeramente, se procedió a una limpieza con HCl 2N para eliminar aproximadamente el 30% de la superficie interna y externa. La hidrólisis se realizó en ácido clorhídrico 7 N (20 µl/mg) en viales de 4 ml con tapones de rosca recubiertos de teflón, cerrados bajo atmósfera de nitrógeno, en una estufa a 100°C durante 20 horas. Posteriormente se evaporó bajo vacío. Previamente al análisis, la muestra se rehidrató con ácido clorhídrico 0.01 N (20 µl/mg).

b) *Análisis en HPLC.*

Se inyectaron 2 µl de la muestra en un cromatógrafo de líquidos Agilent 1100. La derivatización tuvo lugar en el inyector automático mediante la adición de 4 µl del reactivo OPA/IBLC (45,6 mg de O-phtaldialdehido-OPA- y 99,4 mg de N-isobutil-L-cisteina-IBLC- disueltos en 2 ml de borato potásico a un pH de 10.4). Se utilizaron tres fases móviles: a) agua ultrapura con 3,13 g de sodio acetato trihidratado, 275 mg de EDTA y 100 mg de azida sódica. Se ajustó el pH a 6, añadiendo gotas de hidróxido de sodio 10M; b) metanol grado gradiente HPLC; y c) acetonitrilo grado gradiente HPLC. La columna fue de tipo Hypersil DBS C18 (250 x 4 mm)

4 Resultados

Las características que distinguen al género son inequívocas. Sus especies presentan un tamaño medio-grande, solidez y color blanco de la concha, ausencia de ombligo (presente en individuos juveniles) y forma general globosa cupuliforme. Son especímenes calcícolas y de ambientes xéricos, expuestos al sol y de suelos pobres, con escasa vegetación. Pueden sobrevivir varios años en inactividad. Esta gran adaptación a condiciones adversas de humedad y alimento le han posibilitado la colonización de terrenos que otras especies más exigentes han debido abandonar paulatinamente. La presencia significativa de este gasterópodo terrestre en los yacimientos de Pico Tienda III, Cueva Blanca y Acebuchal pudo ser fruto de una recogida sistemática para su consumo, si bien no podemos concluir por el momento que fuera un recurso alimenticio principal en ninguno de ellos.

Los valores D/L del ácido aspártico y ácido glutámico analizados en el gasterópodo *Sphincterochila* de los 3 niveles estudiados aparecen en la Tabla 1, que son los aminoácidos que racemizan a una velocidad más alta. Del nivel 2 de Pico Tienda III, se eliminaron los resultados de 3 ejemplares, del nivel 1 de Acebuchal se eliminaron 2, y del nivel 1b de Cueva Blanca se eliminó 1 ya que presentaban unos valores D/L Asp, D/L Glu y del resto de aminoácidos anómalamente altos y una cantidad de aminoácidos baja, que pudieran estar ligado a procesos tafonómicos o incluso calentamiento [Hea04, Kos08]. Se observa que las relaciones de racemización del nivel 2 de Pico Tienda III son ligeramente más altas que en el nivel 1 de Acebuchal, por lo que su edad es algo más antigua, sin llegar a la del nivel 1b de Cueva Blanca.

Dado que de los dos últimos yacimientos se disponía de dataciones de carbono-14, se construyeron algoritmos de cálculo de edad para poder transformar los valores D/L Asp y D/L Glu del nivel 2 de Pico Tienda en valores numéricos. Para ello se consideró la edad 4830 ± 30 BP (5643-5476 cal BP) (Beta 394881, bellota) para el nivel 1 de Acebuchal. Dado que en Cueva Blanca se analizaron gasterópodos de todo el nivel 1b, se consideró la media de las edades del techo del estrato: 6730 ± 40 BP (7660-7520 cal BP) (Beta-288288, carbón de rama de *Pinus halepensis*); y de la base 7610 ± 40 BP (8450-8370 cal BP) (Beta-288287, carbón de rama de *Pinus halepensis*). Las fechas radiocarbónicas calibradas tienen una probabilidad del 95% y para su cálculo se ha utilizado la curva de calibración INTCAL13 [Rei13]. Los algoritmos resultantes son:

Para el ácido aspártico: Edad (cal. años) = $(20247 \times \text{D/L Asp}) - 3976$

Para el ácido glutámico: Edad (cal. años) = $(11187 \times \text{D/L Glu}) + 2953$

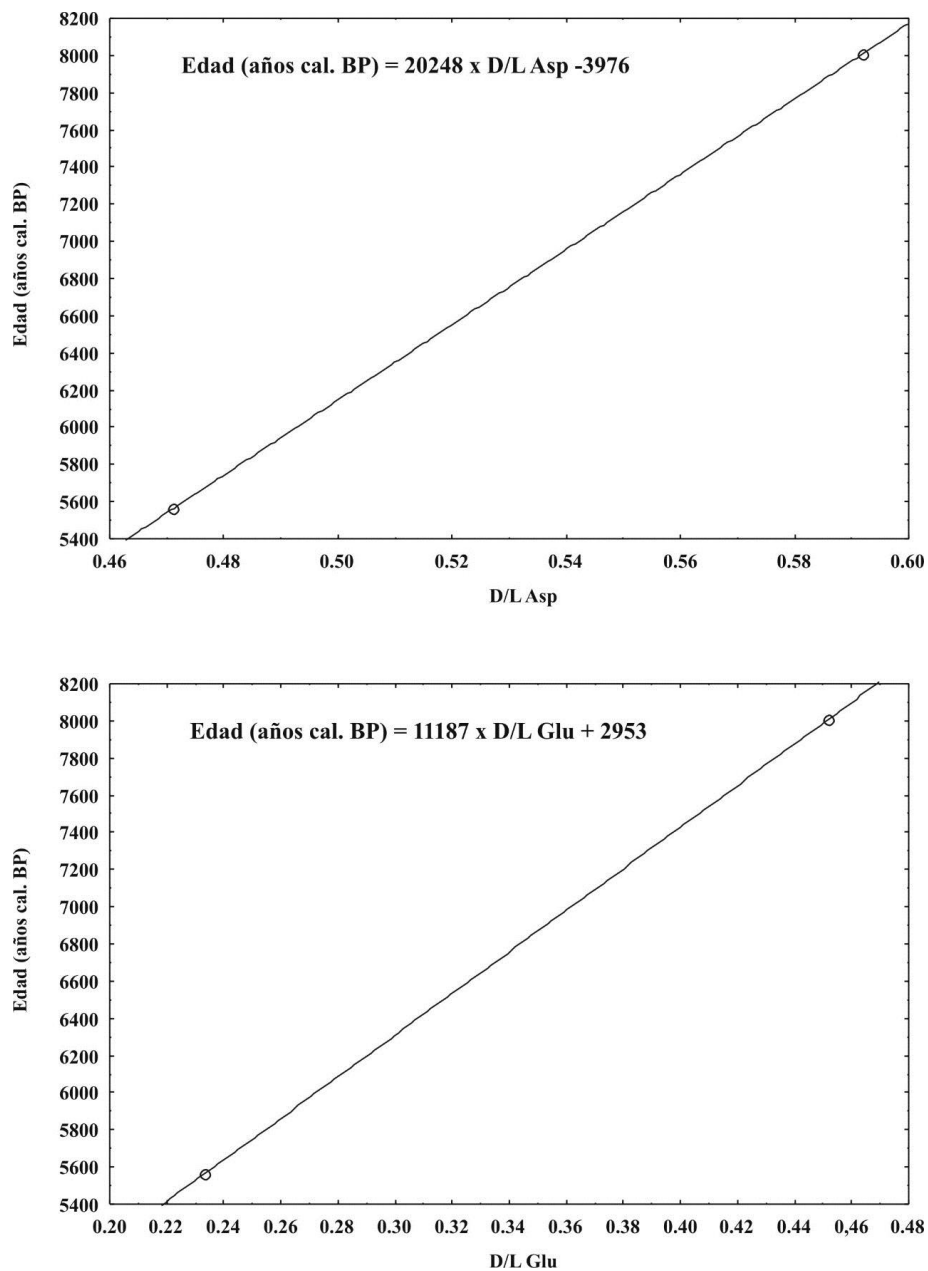


Figura 7 - Algoritmos de cálculo de edad del ácido aspártico y ácido glutámico de gasterópodos del género *Sphincterochila*.

La edad obtenida para el nivel 2 de Pico Tienda III sería 6175 ± 850 BP, resultado de calcular la media de las dataciones de cada gasterópodo analizado considerando los valores de racemización del ácido aspártico y ácido glutámico.



Tabla 1: Relaciones de racemización medias para el ácido aspártico y ácido glutámico de gasterópodos del género *Sphincterochila* y edad de los niveles. En el caso del nivel 1 de Acebuchal y nivel 1b de Cueva Blanca las edades se obtuvieron mediante ^{14}C . En Pico Tienda III la edad se obtuvo introduciendo los valores D/L Asp y D/L Glu en los algoritmos de cálculo de edad.

Nivel	N	D/L Asp	D/L Glu	Edad (cal. años BP)
Acebuchal, nivel 1	10	0.471 ± 0.052	0.233 ± 0.079	5643-5476
Cueva Blanca, nivel 1b	10	0.592 ± 0.079	0.452 ± 0.053	Techo: 7660-7520 Base: 8450-8370
Pico Tienda III, nivel 2	10	0.518 ± 0.049	0.257 ± 0.071	6175 \pm 850

5 Conclusiones

La datación por racemización de aminoácidos presentada en este trabajo es la primera que se lleva a cabo sobre especies de gasterópodos terrestres, género *Sphincterochila*, procedentes de un nivel arqueológico. La racemización de aminoácidos es una herramienta geocronológica importante que se ha revelado como un buen método de datación alternativo. Dada la escasa cantidad de material necesaria y el bajo coste analítico, presenta una serie de ventajas sobre otros métodos como el carbono-14 ya que para datar un nivel se emplean varias muestras lo que, entre otras cuestiones, permite identificar resultados anómalos así como aproximarse al time-average de un yacimiento. Una notable limitación es la desviación estándar alta de los resultados (10-20% por encima de la existente en el ^{14}C). Esto se debe a que en la racemización de aminoácidos influyen procesos ligados a la taxonomía (a nivel de género), intra-concha, y tafonómicos. Por eso, es importante conocer todos los procesos diagenéticos que afectan al material objeto de estudio para poder tener dataciones fiables. En este sentido, creemos que la aplicación de este método en gasterópodos terrestres puede ser interesante especialmente en contextos arqueológicos complejos en los que, como es el caso de Pico Tienda III, otras muestras orgánicas no se hallen o éstas no tengan las condiciones necesarias para su datación por radiocarbono, ya sea por falta de colágeno, por falta de representatividad arqueológica o por riesgo de contaminación.

En el caso del nivel 2 de Pico Tienda III la datación obtenida por este método (6175 ± 850 , LEB-14407-14416) junto con la proporcionada por la aplicación de la termoluminiscencia sobre el citado fragmento cerámico (6720 ± 527 años BP, MADN- 6379BIN) nos ha permitido observar un solapamiento de ambas fechas en el VII milenio BP, a pesar de las amplias desviaciones asociadas. Este horizonte cronológico es coherente con la cultura material documentada. Somos conscientes de que la cronometría de este estrato es dilatada pero, no obstante, la consideramos orientativa a falta de más información, especialmente de dataciones por radiocarbono que afinen más la antigüedad del mismo. Los datos de que disponemos apuntan a que la ocupación del nivel 2 de Pico Tienda III podría adscribirse al Neolítico antiguo aunque no en una fase temprana.

Agradecimientos

El desarrollo de esta investigación ha sido posible gracias a la financiación recibida de los siguientes proyectos de investigación: “*La transición del Mesolítico al Neolítico en el Campo de Hellín (Albacete): estudio de la cultura material y modelos de poblamiento*” (Cod. 14.0521), concedido por la Dirección General de Patrimonio Cultural - Consejería de Educación, Cultura y Deportes de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha; y “*El yacimiento prehistórico de Pico Tienda III y su importancia para el conocimiento del Neolítico en Albacete: análisis de sus restos materiales*”, concedido por el Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” – Diputación Provincial de Albacete.

Bibliografía

- [Bad73] Bada J. L. y Protsch R. (1973) Racemization reaction of aspartic acid and its use in dating fossil bones, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 74, pp. 1331-1334.
- [Cub16] Cubas M., García Moreno A., Mingo, A., Barba J. y Canales J. (2016) Contribución al estudio de la cerámica neolítica en la cuenca del río Mundo (Albacete). En: B. Gamo y R. Sanz (coords.) *Actas de la I Reunión Científica de Arqueología de Albacete*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” – Diputación Provincial de Albacete, Serie III (Congresos, seminarios, exposiciones y homenajes), Vol. 16. Pp. 297-312.



- [Gar10] García Atiénzar G. (2010) *El yacimiento de Fuente de Isso (Hellín) y el poblamiento neolítico en la Provincia de Albacete*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” – Diputación Provincial de Albacete.
- [Gar14] García-Mayordomo J., Ortiz J. E., Torres T., Insua-Arévalo J. M., Martínez-Díaz J. J., Altolaguirre Y., Canales-Fernández M. L. y Martín-Banda R. (2014) Resultados preliminares sobre la aplicación de la técnica de racemización de aminoácidos en la Región de Murcia (SE de la Península Ibérica) y su interés en estudios de paleosismología. *Geogaceta*, Vol. 56, pp. 15-18.
- [Goo87] Goodfriend G. (1987) Evaluation of amino-acid racemization/epimerization dating using radiocarbon-dated fossil land snail. *Radiocarbon*, Vol. 29, Nr 2, pp. 159-167.
- [Hea88] Hearty P.J. y Aharon P. (1988) Amino acid chronostratigraphy of late Quaternary coral reefs: Huon Peninsula, New Guinea, and the Great Barrier Reef, Australia, *Geology*, Vol. 16, pp. 579-583.
- [Hea04] Hearty P.J., O’Leary M. J., Kaufman D. S., Page M. y Bright J. (2004) Amino acid geochronology of individual foraminifer (*Pulleniatina obliquiloculata*) tests, north Queensland margin, Australia: a new approach to correlating and dating Quaternary tropical marine sediment cores. *Paleoceanography*, Vol. 19, pp. 4022-4036.
- [Jua02] Juan-Cabanilles J. y Martí B. (2002) Poblamiento y procesos culturales en la Península Ibérica del VII Milenio A.C. En: E. Badal, J. Bernabeu y B. Martí (eds.) *El Paisaje en el Neolítico mediterráneo*. Valencia: Saguntum-PLAV Extra-5 - Universitat de Valencia. Pp. 45-87.
- [Jua07-08] Juan-Cabanilles J. y Martí B. (2007-2008) La fase C del Epipaleolítico reciente: lugar de encuentro o línea divisoria. Reflexiones en torno a la neolitización en la fachada atlántica peninsular, *Veleia*, Vol. 24-25, pp. 611-628.
- [Kau98] Kaufman D. S. y Manley W. F. (1998) A new procedure for determining DL amino acid ratios in fossils using reverse phase liquid chromatography, *Quaternary Geochronology*, Vol. 17, pp. 987-1000.
- [Kos08] Kosnik M.A. y Kaufman D.S. (2008) Identifying outliers and assessing the accuracy of amino acid racemization measurements for geochronology: II. Data screening. *Quaternary Geochronology*, Vol. 3, pp. 328-341.
- [Lóp08] López J. A., López L. y Pérez S. (2008) Crisis climática en la Prehistoria de la Península Ibérica: el evento 8200 cal BP como modelo. En: S. Rovira, M. García Heras, M. Gener e I. Montero (eds.) *VII Congreso Ibérico de Arqueometría*. Madrid: CSIC. Pp. 77-86.
- [McC88] McCoy W. D. (1988) Amino acid racemization in fossil non-marine ostracod shells: a potential tool for the study of Quaternary stratigraphy, chronology and palaeotemperature. En: P. De Deckker; J. P. Colin y J. P. Peypouquet (eds.) *Ostracoda in the Earth Sciences*. Amsterdam & New York: Elsevier. Pp. 201-218.
- [Mil91] Miller G. H., Wendorf F., Ernst R., Schild R., Close A. E., Friedman I. y Schwarcz H. P. (1991) Dating lacustrine episodes in the eastern Sahara by the epimerization of isoleucine in ostrich eggshells. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 84, pp. 175-189.
- [Min12] Mingo A., Barba J., Mas M., López J., Benito A., Uzquiano P., Yravedra J., Cubas M., Avezuela B., Martín I. y Bellardi M., (2012) Caracterización del yacimiento de Cueva Blanca (Hellín, Albacete). Nuevas aportaciones para el debate en torno a la transición del Mesolítico al Neolítico antiguo en el sureste peninsular, *Complutum*, Vol. 23, Nr 1, pp. 63-75.
- [Min16a] Mingo A., Barba J., Uzquiano P., Casas M., Benito A., Yravedra J., Cubas M., Canales J., Galante J. A., Avezuela B., Martín I., López F. J., Hernández J. y Palacios E. (2016) El yacimiento mesolítico de Cueva Blanca (Hellín, Albacete): 6 años de investigación multidisciplinar. En: B. Gamo y R. Sanz (coords.) *Actas de la I Reunión Científica de Arqueología de Albacete*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” – Diputación Provincial de Albacete, Serie III (Congresos, seminarios, exposiciones y homenajes), Vol. 16. Pp. 271-286.
- [Min16b] Mingo A., Barba J., Cubas M., Yravedra J., Uzquiano P., Benito A., Canales J., Galante J. A., Avezuela B., López F. J., Bellardi M., Hernández J. y Palacios E. (2016) Resultados preliminares de los trabajos efectuados en el yacimiento del Neolítico antiguo de Pico Tienda III (Hellín, Albacete). En: B. Gamo y R. Sanz (coords.) *Actas de la I Reunión Científica de Arqueología de Albacete*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” – Diputación Provincial de Albacete, Serie III (Congresos, seminarios, exposiciones y homenajes), Vol. 16. Pp. 287-296.
- [Min17] Mingo A., Barba J., Cubas M., Francés V. e Izquierdo L. (en prensa) Cronometría del proceso de neolitización en los Campos de Hellín y la cuenca baja del río Mundo (Albacete). En: J. A. Barceló y I. Bogdanovic (eds.) *Actas de Iber-Crono, I Congreso de Cronometrías para la Historia de la Península Ibérica*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. Pp.
- [Ort04] Ortiz J. E., Torres T., Delgado A., Julià R. Llamas F. J., Soler V. y Delgado J. (2004) Numerical dating algorithms of amino acid racemization ratios analyzed in continental ostracodes of the Iberian Peninsula (Spain). Application to Guadix-Baza Basin (southern Spain), *Quaternary Science Reviews*, Vol. 23, pp. 717-730.
- [Ort09] Ortiz J.E., Torres T., González-Morales M., Abad J., Arribas I., Fortea F. J., García-Belenguer F. y Gutiérrez-Zugasti F. I. (2009) Aminochronology of man-mediated shell middens in caves from northern Spain, *Archaeometry*, Vol. 51, Nr 1, pp. 123-139.
- [Rei13] Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haflidason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott



- E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. (2013) Intcal13 And Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years Cal BP, *Radiocarbon*, Vol. 55, pp. 1869-1887.
- [Tor97] Torres T., Llamas J., Canoira L., García-Alonso P., García-Cortés A. y Mansilla H. (1997) Amino acid chronology of the Lower Pleistocene deposits of Venta Micena (Orce, Granada, Andalusia, Spain). *Organic Geochemistry*, Vol. 26, pp. 85-97.
- [Uzq16] Uzquiano P., Casas M., Mingo A., Barba J., Yravedra J. (2016) Vegetation, climate and human settlement interactions at the late Mesolithic site of Cueva Blanca (Hellín, Albacete, SE Spain). *The Holocene*, Vol. 26, Nr 1, pp. 102-112.
- [Weh82] Wehmiller J. F. (1982) A review of amino acid racemization studies in Quaternary mollusks: stratigraphic and chronologic applications in coastal and interglacial sites, Pacific and Atlantic coasts, United States, United Kingdom, Baffin Island and Tropical Islands. *Quaternary Science Reviews*, Vol 1, pp. 83-120.