

Análisis Isotópicos en Arqueología y Prehistoria. Estudio en curso de Cabezo Redondo y Cueva de las Lechuzas (Villena, Alicante)

Domingo Carlos Salazar García
Max-Planck Institute for Evolutionary Anthropology

Antonio Vizcaíno Estevan
Universitat de València

INTRODUCCIÓN

Al abrigo de las VII Ayudas a la Investigación concedidas por la Fundación José María Soler se está desarrollando el proyecto "Dieta, movilidad y jerarquía en Cabezo Redondo y Cueva de las Lechuzas: Estudio mediante análisis isotópicos de carbono, nitrógeno, azufre y estroncio". El objetivo de esta investigación no es otro que el de poner en valor dos de los yacimientos prehistóricos recientes más interesantes que existen no sólo en la provincia de Alicante, si no en toda la Comunidad Valenciana y el Mediterráneo Occidental. Dentro de ese territorio y de esas cronologías es indudable el importante papel que la zona del Alto Vinalopó, concretamente el actual término municipal de Villena y sus alrededores, desempeñó, pues su situación geoestratégica y la diversidad de recursos de que disponía la convirtieron en un área privilegiada para el desarrollo de las comunidades humanas allí asentadas. Y de ahí nuestro interés por su estudio.

Dadas las condiciones geográficas de la zona, que la convierten en el nexo de unión natural entre la Meseta y la vertiente mediterránea levantina, el territorio villenense representó desde tiempos prehistóricos una zona de paso obligado que ha favorecido el tránsito y el contacto entre diferentes comunidades humanas y pueblos, fenómeno que sin duda repercutiría en un importante florecimiento cultural a lo largo de toda su historia. Si a esto añadimos la presencia de humedales con una gran riqueza ecológica y, consecuentemente, con una elevada potencialidad de recursos económicos, se hace comprensible la importante densidad ocupacional del territorio de que disfrutó este sector del valle del Vinalopó, especialmente evidente durante el Calcolítico y la Edad del Bronce, momento para el que contamos con importantes yacimientos.

La selección de los yacimientos para el estudio, que abarca Cueva de las Lechuzas (Villena) y Cabezo Redondo (Villena), se ha efectuado conjugando la presencia de restos óseos humanos, materia básica para la realización de los análisis isotópicos, y la existencia de estudios que permitan poner en relación esos restos con su contexto, pues para que los resultados de la investigación sean productivos se hace necesario contrastarlos con determinados datos como la fauna, la cronología, etc. No nos extenderemos aquí sobre la importancia de los yacimientos seleccionados,

especialmente en el caso del Cabezo Redondo, ni sobre los debates generados alrededor de la adscripción cultural de los asentamientos de esta zona al Bronce Argárico o al Bronce Valenciano, o a la presencia de una facies local.

Tradicionalmente la investigación arqueológica que ha pretendido reconstruir los regímenes dietéticos y las pautas de movilidad de las poblaciones prehistóricas ha estado centrada en métodos de estudio indirectos al no disponer de posibilidades analíticas directas, interpretando de forma incompleta el registro arqueológico. Estos métodos tradicionales de reconstrucción de los antiguos regímenes alimentarios y de las pautas de movilidad de los individuos a partir del estudio de restos óseos, de fragmentos de plantas, de los artefactos y otras pruebas culturales hallados en yacimientos arqueológicos quedan limitados a reconstituciones cualitativas y comportan sesgos de importancia en la información que estos datos son capaces de proporcionar. Esto es así especialmente para todo lo relacionado con la importancia relativa de los distintos alimentos en la dieta, debido fundamentalmente a condiciones de preservación variables, y debiendo tener en cuenta además todas las opciones posibles (ritual, estratificación social...). Tampoco hay que olvidar la problemática de la escala temporal en arqueología, especialmente en los yacimientos prehistóricos, pues las acumulaciones que para las interpretaciones se integran en un mismo "momento" y por lo tanto son utilizadas para reconstruir las vidas cotidianas de nuestros ancestros, muchas veces han tardado múltiples generaciones en depositarse y por ende pueden comportar problemas a la hora de utilizarse para definir de forma indirecta la dieta o pautas de movilidad de los individuos como tales, generando constructos imaginarios difíciles de vencer.

Por todo esto es interesante poder contar con métodos analíticos directos sobre el propio esqueleto (biogeoquímica, osteoarqueología) que aproximen en mayor medida las interpretaciones sobre paleodieta y pautas de movilidad a la realidad individual de cada sujeto y permitan así abordar su estudio de una manera más objetiva, analizando directamente las evidencias de la alimentación mediante la caracterización de los alimentos que ingería una población, así como la procedencia o "indigenismo" de los individuos. Este tipo de análisis permite individualizar o aislar fenómenos con escalas temporales y espaciales muy precisas, y a partir de ahí evidenciar situaciones y dinámicas difíciles de conocer a través de otros medios. No obstante, no hay que caer en el error de considerar a los métodos biogeoquímicos como válidos por sí solos, pues éstos tienen también sus restricciones. Es por tanto necesaria la combinación de los métodos bioquímicos con los métodos tradicionales y con las diversas ramas de la antropología física para poder tener una idea más clara y global sobre las prácticas de subsistencia de los grupos humanos del pasado.

ISÓTOPOS Y PALEODIETA

Conocer cuál es la dieta de la que disfrutaron nuestros antepasados tiene una importancia fundamental en el campo de la prehistoria, ya que la alimentación desempeñó un papel clave en el funcionamiento de las sociedades humanas del pasado. La alimentación se debe entender como un concepto amplio que incluye la dieta (los distintos alimentos que se ingieren en conjunto), la nutrición (proceso biológico mediante el cual se asimilan los nutrientes obtenidos de la digestión necesarios para el crecimiento, funcionamiento y mantenimiento de las funciones

vitales), la subsistencia (patrones de comportamiento adoptados para obtener los alimentos del entorno) y los hábitos dietéticos (actos voluntarios de elección, preparación e ingesta de los alimentos). La alimentación condiciona la vida de los organismos, y es por tanto un aspecto central en la ecología y en el comportamiento de los humanos. Es evidente que en la búsqueda de alimentos se empleaba en el pasado gran parte del día, o que la calidad y cantidad de lo que se ingería afectaba al estado de salud individual y de la población. También es indiscutible el papel de la alimentación tanto en la emergencia de la economía de producción neolítica (frente a la estrategia cazadora-recolectora) y el cambio de salud general que ello implicó, como en la dimensión poblacional y la estratificación social posterior de las sociedades urbanas urbanitas. Las preferencias y la transformación de los alimentos constituyentes del repertorio dietético dependen de las tradiciones culturales además de estar determinadas en cada caso por los gustos individuales, por lo que hay que tener en cuenta que la alimentación es una realidad compleja en la que intervienen de forma prácticamente inseparable y entrelazada cuestiones fisiológicas, ecológicas y culturales.

Hoy, los estudios de la paleodieta intentan reconstruir la dieta de poblaciones del pasado usando métodos científicos directos para su análisis, y una de las herramientas más útiles de las que se dispone para obtener información directa sobre paleodietas no es otra que el análisis de isótopos estables sobre restos óseos. Estos análisis se llevan aplicando en la investigación de la prehistoria europea desde la década de los ochenta, aunque hasta el siglo XXI no han visto potencialmente incrementado su uso.

Los isótopos estables más usados en el estudio de paleodietas son los del carbono ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$). El principio básico sobre el que se fundamentan estos estudios es el de "*somos lo que comemos*", es decir, que las unidades básicas que conforman todos los tejidos corporales de cualquier animal, incluyendo los huesos, provienen de los alimentos que éstos han ingerido a lo largo de su vida. Y, como el carbono y nitrógeno que se incorporan a nuestros huesos son los mismos átomos que forman parte de los alimentos que ingerimos, al compararlos con los valores típicos de alimentos disponibles a través del análisis de por ejemplo los restos óseos animales, reflejarán aquellos alimentos de los que derivan y será posible reconstruir los componentes principales de la dieta de un individuo. Durante este proceso de incorporación de los átomos de la dieta al hueso, la proporción entre los isótopos del carbono y del nitrógeno cambia de una manera específica y conocida, denominada fraccionamiento isotópico.

De manera muy general, se puede decir que los valores $\delta^{13}\text{C}$ (proporción isotópica entre ^{13}C y ^{12}C de la muestra en relación a la proporción de éstos en el carbono fósil marino) y $\delta^{15}\text{N}$ (proporción isotópica entre ^{15}N y ^{14}N de la muestra en relación a la proporción de éstos en el nitrógeno atmosférico) permiten establecer el origen terrestre, lacustre-fluvial o marino de los principales recursos alimentarios. Además, los isótopos estables del carbono son capaces de forma aislada de discriminar entre la presencia en la dieta de plantas con rutas fotosintéticas diferentes: plantas C_3 y plantas C_4 . Las plantas C_3 son aquellas adaptadas a regiones templadas y frías, como el trigo, que poseen valores $\delta^{13}\text{C}$ más negativos. Las plantas C_4 son las de regiones tropicales, áridas o semiáridas, como el mijo, que tienen valores $\delta^{13}\text{C}$ menos negativos. Por su parte los isótopos estables del nitrógeno, al experimentar $\delta^{15}\text{N}$ un

incremento de entre 3 y 5 ‰ por cada nivel trófico, son capaces de situar a los humanos en el puesto de la cadena trófica que por su tipo de dieta les corresponda (las plantas tendrán los valores más bajos, seguidas de los herbívoros y omnívoros hasta llegar a los carnívoros, que tienen los valores más altos). En la Figura 1 se ilustran los cambios de valores teóricos para carbono entre un ecosistema terrestre y otro marino, así como el incremento de nitrógeno entre sus distintos habitantes.

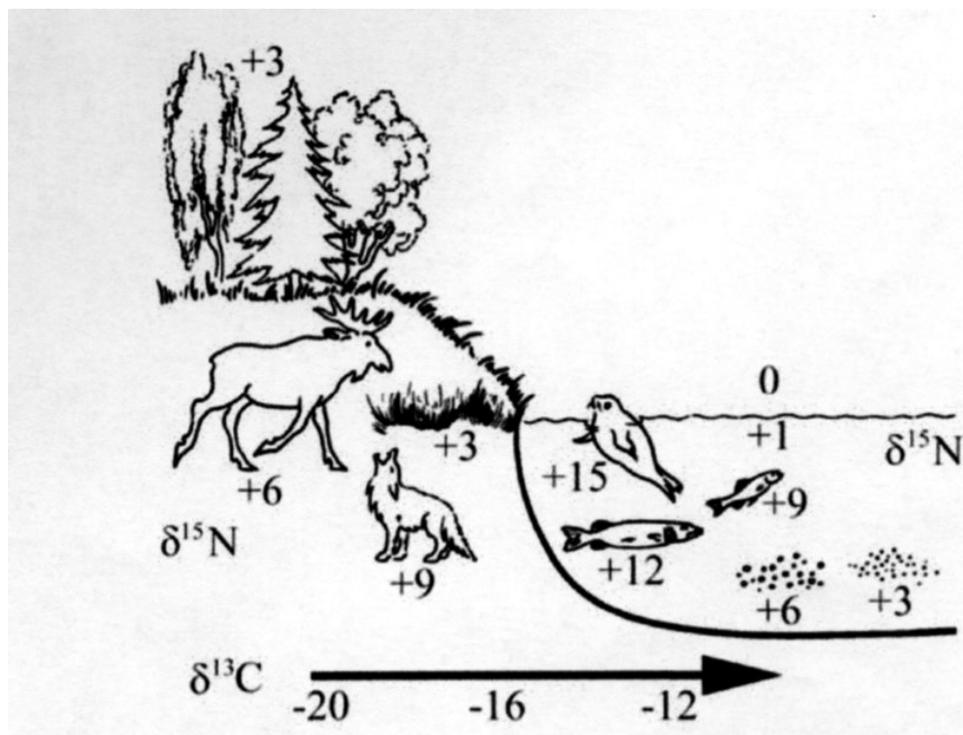


Figura 1:
Cambio en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) entre niveles tróficos
y de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) entre ecosistemas terrestres y marinos.

Aunque todo esto suena como la panacea, la realidad es que las técnicas isotópicas tienen también sus restricciones. Para una correcta interpretación de los datos hay que tener en cuenta que las medidas sobre colágeno óseo reflejan sobretudo la ingesta de proteínas. Las comidas más ricas en proteínas como la carne o el pescado, al contribuir más a la composición isotópica del colágeno, son reflejadas en mayor medida en los análisis, mientras que en éstos se produce un enmascaramiento de la parte de la dieta procedente de los vegetales que poseen poca cantidad de proteínas. Por otra parte, los valores obtenidos proporcionan información sobre la media del tipo de dieta que el individuo ha consumido durante sus últimos años de vida, de 2 a 15 años según el tipo de hueso del que se extraiga el colágeno en bruto. Esto último presenta la ventaja de que se aporta una imagen realista de la alimentación de los individuos a medio y largo plazo, pero presenta también el inconveniente de que su resolución no permite discernir variaciones estacionales o puntuales de la dieta que pueden ser relevantes para reconstruir la subsistencia de los grupos prehistóricos.

Son ya varias las publicaciones existentes de estudios de isótopos estables del carbono y del nitrógeno realizados en restos arqueológicos de yacimientos del Mediterráneo Occidental Europeo, aunque aún en menor número que las realizadas en otras partes de Europa. En la fachada mediterránea de la península ibérica, muchas de éstas versan sobre poblaciones prehistóricas tanto paleolíticas (Balma Guilanyà) como mesolíticas (El Collado) y neolíticas (Costamar, La Vital, Cova de la Pastora), aunque también hay otras sobre poblaciones protohistóricas (Castellet del Bernabé) o incluso históricas (La Ontavia). Como se puede apreciar, existe una laguna en la provincia de Alicante, y tan sólo un yacimiento del Calcolítico/Edad del Bronce ha sido publicado hasta la fecha. Es por ello por lo que el estudio que se está realizando en los yacimientos de Villena cobra una gran relevancia.

ISÓTOPOS, LACTANCIA Y DESTETE

Una práctica que se da en todas las sociedades del mundo y en todas las épocas es el amamantamiento y posterior destete de los individuos infantiles. El tiempo de amamantamiento y la edad de destete son factores culturales que suelen variar entre poblaciones pero no intra-poblaciones. Ambos procesos, al implicar un cambio de dieta, pueden ser detectados a través del análisis de los isótopos estables del carbono y del nitrógeno. El destete, que consiste en la introducción de comidas suplementarias en la dieta de los niños mientras el amamantamiento es eliminado de manera progresiva, es un proceso gradual. Teniendo en cuenta que los valores $\delta^{15}\text{N}$ son indicativos del nivel trófico que ocupa un individuo en la cadena alimentaria, e imaginando a los niños amamantados como “carnívoros” que se alimentan de sus madres, se puede entender que éstos estarán un nivel trófico por encima de sus madres. En cualquier caso, cabe decir que estos valores de $\delta^{15}\text{N}$ de los niños varían con la edad: en el nacimiento son equiparables a los de la madre (reciben a través de la placenta los alimentos que ella ingiere), con el amamantamiento los valores $\delta^{15}\text{N}$ del niño incrementan (llegan a situarse un 3-5 ‰ por encima de los de la madre), y al empezar el destete los valores descienden hasta ocupar el nivel que les corresponde en la cadena trófica según la alimentación que reciban. En cuanto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del niño, éstos indicarán el origen de las proteínas suplementarias que empiezan a introducirse con el destete. Así, analizando los isótopos estables de los individuos infantiles de una población y comparándolos con la mediana de los valores de las mujeres de la población, podremos saber a qué edad se produjo el destete.

El estudio del amamantamiento y destete es un método indirecto para investigar la fertilidad de poblaciones pasadas y las causas de mortalidad infantil. Esto es posible, porque debido a los efectos contraceptivos del amamantamiento, la edad de destete puede utilizarse como un indicador del espaciamiento entre partos y ser así un indicador de la fertilidad femenina. Y es capaz de dar información sobre las causas de mortalidad infantil ya que el periodo inmediato post-destete, momento en el que el individuo infantil deja de recibir los factores inmunológicos de la madre a través de la leche materna, es responsable de una alta tasa de mortalidad. A pesar de todos los aspectos que este tipo de estudios aportan a la investigación arqueológica, hasta la fecha los valores isotópicos de nitrógeno y carbono han sido utilizados por pocos autores para investigar la edad de destete y el tipo de dieta infantil en diferentes sociedades prehistóricas e históricas, y nunca en yacimientos prehistóricos peninsulares. Por ello, el estudio que se está llevando a cabo en Villena para los

yacimientos de Cabezo Redondo y Cueva de las Lechuzas adquiere una relevancia especial en el campo de la prehistoria peninsular.

ISÓTOPOS Y MOVILIDAD

No menos importante es poder conocer el rango de desplazamiento que las poblaciones humanas del pasado poseyeron, pues, como ha sido indicado por muchos investigadores, *"las culturas no migran; la gente lo hace"*. El conocer cómo los individuos de cada grupo humano se desplazaron por el territorio es, por tanto, clave para poder entender mejor actividades de la vida cotidiana como la caza, los cambios de lugares de ocupación, el intercambio de objetos, la migración estacional, la procedencia... esto es, para acercarse mejor a comprender no sólo las relaciones de estas poblaciones del pasado con los entornos geográfico, geológico y medioambiental, sino también las relaciones entre grupos de población e incluso intrapoblacionales. En este sentido, los estudios paleodietéticos encuentran en los estudios sobre la movilidad un aliado de tremenda importancia para averiguar aspectos tanto sociales como paleodemográficos de las sociedades pasadas.

Aunque tradicionalmente la reconstrucción de movimientos migratorios y patrones de residencia en el campo de la investigación arqueológica se basaba en las comparaciones de los rasgos morfológicos y estilísticos distintivos de los bienes muebles e inmuebles, hoy en día los estudios biogeoquímicos son capaces de complementar a dichos estudios. Y es que a pesar de la utilidad de la anterior metodología basada en el estudio de la cultura material, hay que tener siempre en cuenta que los atributos morfológicos y decorativos pueden comparecer independientemente o mediante influencias directas e indirectas que no suponen necesariamente desplazamiento de poblaciones. Con el estudio de los isótopos de estroncio y azufre, en cambio, sí se pueden obtener datos concretos sobre los individuos de los cuales se estudien sus restos óseos, sean éstos humanos o animales, obteniendo así información fiable sobre sus pautas de movilidad. Y, aunque muchas veces es difícil poder reconstruir una ruta de movimiento o la procedencia de un individuo, sí es factible averiguar si éste murió en la misma zona donde pasó la infancia o si, por el contrario, terminó sus días en otro lugar.

Los análisis de estroncio aplicados a la arqueología se basan en que sus proporciones isotópicas, que dependen exclusivamente de la geología de cada zona, se fijan en el esmalte dentario cuando éste se forma durante la infancia. Cada zona geológica tendrá unos valores propios, ya que el isótopo radiogénico del estroncio (^{87}Sr) deriva de la descomposición del rubidio (^{87}Rb) y, por ende, de la antigüedad de las rocas, variando según su edad la proporción $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0.700 y 0.750. Las unidades geológicas más antiguas son las que presentan valores más altos, mientras que las más recientes son las que presentan valores más bajos (por ejemplo los materiales volcánicos). A la cadena trófica se incorpora el estroncio de la litosfera a través del agua, quedando tras esto integrado en los tejidos de las plantas y de los animales (ver Figura 2). Y al consumir el ser humano plantas y animales la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en sus tejidos corporales pasa a ser idéntica a la de la zona de la que provienen dichos alimentos y, por tanto, el ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ puede ser usado para averiguar el sustrato geológico donde los individuos han vivido. De especial relevancia es el hecho de que se pueda obtener estroncio del esmalte dental, porque la

proporción de estroncio que queda en éste de por vida es el correspondiente a los años de la infancia, lo que permitirá averiguar información sobre el lugar en el que pasó ésta. Así pues, dentro de una misma población, y conociendo la proporción isotópica de estroncio en la geología de la zona del yacimiento, se puede saber si los distintos individuos pasaron la infancia en el yacimiento o no, es decir, si son locales o no. Y, teniendo información sobre la dieta, los sexos, y si son inmigrantes o no, se puede obtener valiosa información sobre la jerarquía y el acceso a los alimentos, sobre el denominado “mercado de mujeres” si existiese, etc.

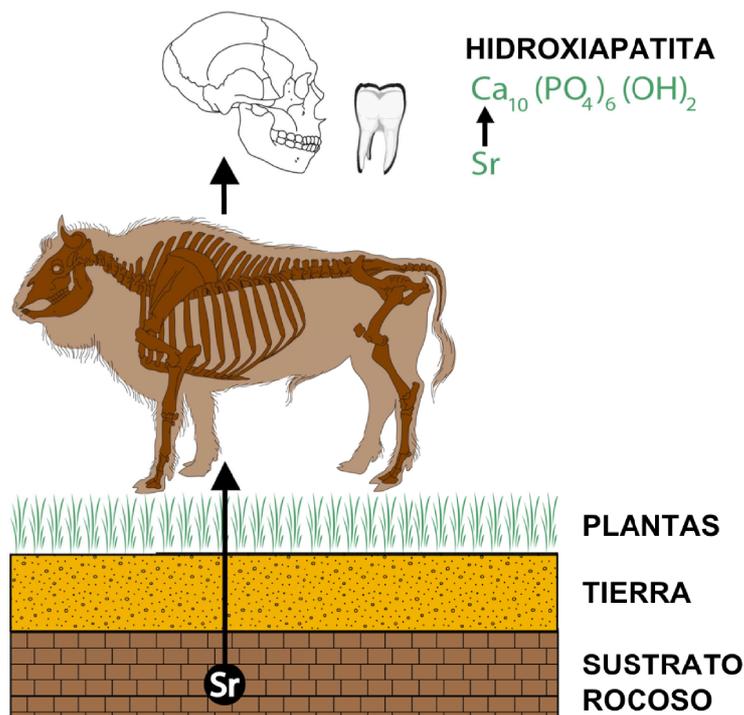


Figura 2:
Esquema del movimiento de estroncio desde el estrato geológico del suelo a los humanos.

Además, añadiendo los análisis de isótopos de azufre sobre colágeno óseo se puede complementar la información sobre las pautas de movilidad de los individuos que ofrecen los análisis isotópicos de estroncio sobre esmalte dentario. Ello es debido a que los valores $\delta^{34}\text{S}$ (proporción isotópica entre ^{34}S y ^{32}S) varían según la distancia entre el individuo y la costa marina, pues se enriquece a mayor tiempo se esté más cerca del litoral (ver Figura 3). Por ello, combinándolo con los resultados basados en la geología, se puede obtener valiosa información sobre si hubo o no estacionalidad en dicha población. Y, debido al importante número de inhumaciones en Cabezo Redondo y Cueva de las Lechuzas, los resultados prometen poder desvelar importante información en estos sentidos sobre el Calcolítico y la Edad del Bronce en nuestra tierra.

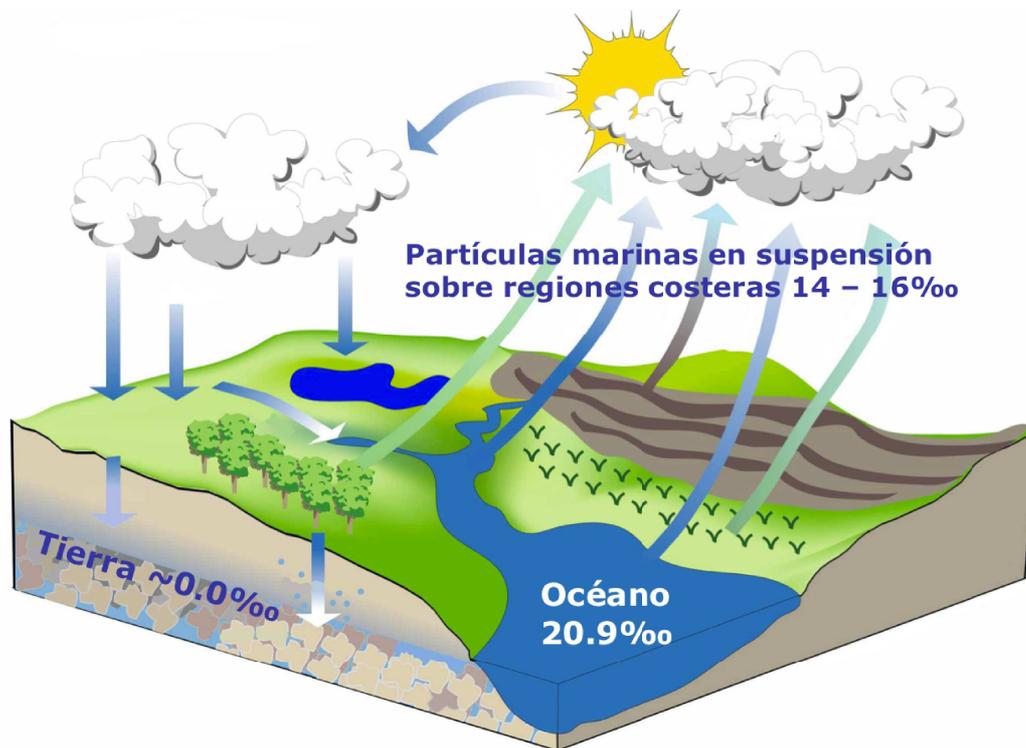


Figura 3:
Valores $\delta^{34}\text{S}$ en distintas localizaciones geográficas.

MATERIAL EN ESTUDIO

El material que se está estudiando pertenece, como ya sabemos, a los yacimientos de Cabezo Redondo y Cueva de las Lechuzas. Las muestras ya han sido tomadas, y en estos momentos se están preparando en los laboratorios del Max-Planck Institute for Evolutionary Anthropology (Leipzig, Alemania). El muestreo se realizó previamente tanto en las dependencias del Museo Arqueológico de Villena como en las instalaciones del área de Prehistoria de la Universidad de Alicante.

Para los análisis de carbono, nitrógeno y azufre, el material que se necesita es el hueso. Debido a que el proceso de crecimiento y maduración afecta diferencialmente los diversos tejidos óseos, es fundamental determinar qué tipo de muestra se ha de elegir. Generalmente se suelen tomar muestras de huesos largos identificables, de costilla, o de cráneo. En cualquier caso siempre hay que tener en cuenta que siempre que se pueda se debería de tomar muestras del mismo hueso entre los individuos de un mismo yacimiento (por ejemplo, de un yacimiento, tomar muestras siempre de fémur derecho) para evitar tomar varias muestras de huesos que puedan pertenecer a un mismo individuo. Se suele tomar muestras de entre 200-300 mg de hueso si se va a analizar sólo carbono y nitrógeno, y muestras de entre 500-900 mg si también se va a realizar análisis de azufre. De Cueva de las Lechuzas se ha tomado muestras de cráneo de 17 individuos humanos diferentes, y de Cabezo Redondo se han tomado hasta ahora muestras de cráneo o mandíbula de 11 humanos diferentes.

Para los análisis de estroncio el material que se necesita es el diente. Se toman muestras del esmalte dentario para obtener el ratio isotópico correspondiente a la geología en la cuál el individuo pasó la infancia. Como cada diente se desarrolla a una edad diferente, los dientes humanos que interesa muestrear son aquellos que se mineralizaron durante la primera infancia del individuo y que además por su morfología son más fáciles de muestrear (en orden de preferencia: segundo molar, segundo premolar, primer molar, primer premolar). Se toma muestras pequeñas, de tan sólo 10-20 mg de esmalte. De Cueva de las Lechuzas se ha tomado muestras de 6 segundos molares, 4 primeros molares y 1 segundo premolar, cada uno de ellos pertenecientes a 11 individuos diferentes. De Cabezo Redondo se ha tomado muestras hasta la fecha de 8 segundos molares, 2 segundos premolares y 1 primer molar de 11 individuos distintos en total.

Además de las muestras de humanos, se ha tomado también muestras de animales y plantas para establecer el trasfondo sobre el que compararlos. En el caso de los análisis de carbono, nitrógeno y azufre, es fundamental poder tener datos de fauna de lo mismos yacimientos que los humanos y de la misma cronología que éstos (en el caso de que no hubiese restos de animales en los yacimientos, se podrá utilizar animales de otros yacimientos cercanos de la misma cronología). En el caso de los análisis de estroncio se analiza plantas y conchas de caracoles que se encuentran en el terreno geológico del entorno inmediato del yacimiento para obtener los valores de estroncio biodisponibles que definirán el rango de lo que se considerará local.

METODOLOGÍA

Las muestras de Cabezo Redondo y Cueva de las Lechuzas están ya tomadas, y en estos momentos se están procesando en los laboratorios de isótopos del Departamento de Evolución Humana del Max-Planck Institute for Evolutionary Anthropology (Leipzig, Alemania). En concreto, los procesos que se está llevando a cabo en estos momentos son la extracción del colágeno óseo (para los análisis de carbono, nitrógeno y azufre), y la preparación del esmalte dentario en solución (para los análisis de estroncio).

El proceso de extracción del colágeno tiene como objetivo no sólo aislar y purificar el colágeno, sino obtener su máximo rendimiento a la vez que deshacerse de todos los contaminantes exógenos, siendo fundamental que la composición isotópica del propio colágeno no se vea alterada durante el proceso. Lo primero que se hace es limpiar la muestra mediante abrasión de partículas de óxido de aluminio, tras lo cuál se introduce en ácido hidroclicórico a 0.5M hasta que se desmineralice (puede tardar hasta varios meses). Tras ello se procede con la gelatinización de la parte orgánica del hueso a 70 °C durante dos días, siguiendo entonces con el filtrado y el ultrafiltrado de la muestra. Durante el ultrafiltrado se conserva la solución acuosa con las moléculas de colágeno grandes (>30 kDa), que entonces se congelan. Tras esto se procede con el secado en frío de las muestras a -52 °C durante dos días, siendo el resultado final una sustancia esponjosa que es el colágeno que se va a analizar.

El proceso de preparación del esmalte dentario en solución para poder aislar las partículas de estroncio es más rápido pero más complejo y costoso. Las muestras se han de disolver en varios ácidos fuertemente concentrados, y se han de colar por

una resina especial que retiene los átomos de estroncio y no los de otros elementos y moléculas con similar masa atómica. Todo esto se ha de realizar en un laboratorio especial en el que no haya nada de metal, y al que se ha de entrar utilizando trajes de seguridad que cubran todo el cuerpo, pies, cara y cabeza; todo ello para evitar la contaminación con partículas de estroncio del entorno. A su vez, debe de existir una serie de corrientes de aire dirigidas concienzudamente dentro del laboratorio y de las diferentes campanas de extracción para evitar la contaminación durante el proceso.

Una vez hayan concluido ambos procesos se llevarán a cabo los análisis propiamente dichos. La cantidad de isótopos estables de un elemento concreto se cuantifica a partir de espectrómetros de masas, aparatos que miden la proporción existente en una determinada muestra respecto a la proporción de un material de referencia estándar. La medición de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por espectrometría de masas de ratio isotópicos por flujo continuo se llevará a cabo en un analizador de elementos Flash EA 2112 acoplado a un espectrómetro de masas Delta XP, ambos de la compañía Thermo-Finnigan. Las muestras de colágeno analizadas para isótopos estables de azufre se incinerarán en el analizador elemental Heka EuroVector y se analizarán utilizando un espectrómetro de masas Delta V plus de la compañía Thermo-Finnigan. Por su parte, el tipo de espectrómetro que se utilizará para analizar directamente las muestras de estroncio es el espectrómetro de masas MC-ICP-MS Thermo Fisher Neptune de la compañía Thermo Fisher Scientific.

BIBLIOGRAFÍA

Para más información sobre análisis de isótopos y paleodieta, consultar :

- Ambrose, S.H., Katzenberg, M.A. (2002). *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*. Nueva York, Kluwer Academic Publishers.
- Buikstra, J.E., Rihuete Herrada, C. (2006). "Isòtops i arqueologia: investigació del consum alimentari i dels historials de residència". *Cota Zero*, 21, pp. 96-107.
- García-Guixé, E. (2006). "Cam, marisc o cereals? Evolució de l'alimentació a Europa entre el 10,000 i el 5,000 AP". *Cota Zero*, 21, pp. 108-112.

Para más información sobre análisis de isótopos, lactancia y destete, consultar :

- Fuller, B.T., Fuller, J.L., Harris, D.A., Hedges, R.E.M. (2006a). "Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios". *American Journal of Physical Anthropology*, 129, pp. 279-293.
- Mays, S.A., Richards, M.P., Fuller, B.T. (2002). "Bone stable isotope evidence for infant feeding in Mediaeval England". *Antiquity*, 76 (293), pp. 654-656.

Para más información sobre análisis isotópicos y pautas de movilidad, consultar:

- Bentley, R.A. (2006). "Strontium Isotopes from the Earth to the Archaeological Skeleton: A Review". *Journal of Archaeological Method and Theory*, 13, pp. 135-187.
- Nehlich, O. y Richards, M.P. (2009). "Establishing collagen quality criteria for sulphur isotope analysis of archaeological bone collagen". *Journal of Archaeological Anthropological Science*.

Para más información sobre los yacimientos de Cabezo Redondo y Cueva de las Lechuzas, así como de su territorio, consultar:

- Hernández Alcaraz, L. (coord.) (2006). *Historia de Villena desde la Prehistoria hasta el siglo XVIII*, Ayuntamiento de Villena.
- Hernández Pérez, M. S. (2001-2002). "La Edad del Bronce en Alicante". ...Y acumularon tesoros. *Mil años de historia en nuestras tierras*. Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, pp. 201-217.
- Jover Maestre, Fco. J., López Mira, J. A. y López Padilla, J. A. (1995). *El poblamiento durante el II milenio a. C. en Villena (Alicante)*. Fundación Municipal "José María Soler", Villena.

Para más información sobre análisis isotópicos en yacimientos de la fachada mediterránea peninsular, consultar:

- García-Guixé, E., Subira, M.E., Richards, M.P. (2006). "Paleodiets of humans and fauna from the Spanish Mesolithic site of El Collado". *Current Anthropology*, 47, pp. 549-556.
- McClure, S., García-Puchol, O., Roca, C., Culleton, B., Kennett, D. (2011). "Osteological and paleodietary investigation of burials from Cova la Pastora, Alicante, Spain". *Journal of Archaeological Science*, 38, pp. 420-428.
- Salazar-García, D.C., Vives-Ferrándiz, J., Fuller, B.T., Richards, M.P. (2010). "Alimentación de la población del Castellet de Bernabé (ss. V-III a.C.) mediante el uso de ratios de isótopos estables de C y N". *Saguntum*, Extra-9, pp. 313-322.