

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Universitat Autònoma de Barcelona



ESCUELA DE DOCTORADO DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
DOCTORADO EN ARQUEOLOGÍA PREHISTÓRICA

TESIS DOCTORAL

Análisis isotópico de carbono y nitrógeno en secuencias de dentina y de estroncio en esmalte procedente de restos humanos prehistóricos de la cueva de Los Canes (Cabrales, Asturias)

- - - - -

PhD THESIS

Isotopical analysis of carbon and nitrogen ratios in dentine sequences, and of strontium values in enamel from prehistoric human remains from Los Canes Cave (Cabrales, Asturias)

Presentada por: **Antonio Higuero Pliego**

Dirigida por: **Prof. Pablo Arias Cabal**

Prof. Domingo Carlos Salazar-García

Santander, Febrero de 2020

Agradecimientos

Por muy poco ortodoxo que sea en la Academia, las primeras personas que deben aparecer en este apartado son mi madre y mi padre, que durante toda mi vida me han apoyado, y sin ellos no me encontraría donde estoy ahora. Esta tesis va dedicada a ellos.

Ahora sí que puedo agradecer a mis dos directores, Pablo y Domingo, por todo su apoyo durante este periodo, y por su confianza depositada en mí para sacar adelante este proyecto. Ambos me han ayudado a crecer como investigador y han sido cruciales en estos años. Además, de Pablo, con quien el trato ha sido casi a diario y más cercano, al tenerle unos pisos por debajo de mi lugar de trabajo, he aprendido una ética y una humanidad en el trabajo que espero que me acompañen siempre.

Gracias también a mis compañeros de departamento y, en especial, a los del grupo de investigación SCOPE, con quienes he convivido durante este tiempo. Gracias a Patri y a Jorge, no solo en lo profesional y en tomar muestras, también en lo personal y en todos los cafés que hemos tomado; a Edgard y a Marian por su apoyo y sus ideas; a María y a Elena por abrirme nuevos horizontes; y a Sara, cuyo humor me ha alegrado muchas veces el día. También agradecer a Luis por su asesoramiento con los mapas.

Debo agradecer también a dos importantes investigadores que me han permitido realizar estancias predoctorales con ellos, lo cual me ha permitido no solo realizar los análisis pertinentes a esta tesis, sino conocer el mundo. Gracias a Petrus LeRoux por acogerme en Sudáfrica y a su equipo, Kerry Gray y Fayrooza Rawoot. Especialmente a Fayrooza que me guió por todos los laboratorios y todos los procesos y pasos necesarios para obtener los datos. El segundo investigador es Rick Schulting, a quién agradecer no solo acogerme y la calidad investigadora de la estancia realizada con él, también por su valor humano. Gracias a Andrea Czermark y a Teresa Fernández-Crespo por guiarme por el laboratorio de Oxford y mostrarme la metodología que con tanto trabajo han desarrollado.

Siguiendo por lo académico, no puede faltar Pilar Montero, a quien considero mi mentora en el mundo de la antropología física y que, permitiéndome participar en sus estudios y llevándome a mi primer congreso (SEAF 2013, Bilbao), consiguió que me lanzase en esta dirección. Dentro de este párrafo no pueden faltar los Sejafitos, aunque ya no seamos tan jóvenes: Fran, Ana, Dani y las Noemís. Especialmente al primero por

ser tan pesado, y por preocuparse tanto por mí, más que yo de mí mismo. Solamente faltaba yo por ser doctor, y por fin me uno al grupo.

Del mundo de la Arqueología me llevo también a muchas personas a las que he conocido a lo largo de estos años, pero si me tengo que quedar con alguien, indudablemente serían estas cuatro: Tzibi, Enrique, Mikel y Jared. Aunque en lo profesional nos solapemos poco, su amistad ha supuesto en algunos momentos una tabla de salvación.

Estas últimas personas, también forman parte del grupito de *rupauleras*, nacido para comentar los capítulos, y cuya función ahora ha cambiado radicalmente. Gracias a David y Jaime. Y aunque forme parte del grupo pero nunca participe, también mencionar a Rebeca, con quien el destino me llevó de manera un poco rara pero que durante años ha estado ahí, incluso en la lejanía.

Otro de mis grupos a quienes agradecer todo durante estos años son mis chicas de Biología, mi Élite: Alma, Álvaro, Elena, Fany y Sofi, y sus respectivos maridos que se han ido añadiendo a lo largo de los doce años que nos conocemos, y que han dado para mucho. Gracias también a mi otro biólogo, Álex, aunque sea un poco petardo de tío, pero siempre está ahí, y además me presentó a Nere, mi *Selesté*, una de las personas más importantes de mi vida.

Y aquí supongo que es donde comienza el párrafo de popurrí, donde entran todas aquellas personas que por un motivo u otro han sido importantes durante todos estos años. Sin un orden particular, tengo que mencionar a Imanol, sobre todo agradecerle estos últimos meses; a Alberto, por todo lo que hemos vivido juntos; a Jesús, mi fuente de sabiduría y mentor para tantos temas no académicos; a Marina, con quien descubrí Ciudad del Cabo, una ciudad que me encantó; a mi Debo, quien sigue ahí aún después de nuestra etapa *mercadonil*, y que supuso una sorpresa estupenda en mi vida; a Javi y a Pedro, cuyos salseos siempre me arrancan una sonrisa; a Manu, que cuando consigo verle siempre pasamos momentos geniales; a Gleys y a Elo, que aunque han llegado hace poco quiero que se queden; a Sergio, por darme la razón en lo mierda que es a veces la realidad; a Laura, que lleva más de 27 años conmigo, y que más que amiga es hermana; a Nuria, mi *pokenuri*, con quien echar la vista atrás siempre nos enseña lo que para bien hemos crecido y cambiado; a Hodei, con quien nunca encuentro hueco para quedar y debería hacerlo más a menudo.

Y finalmente, a mi familia. A mis dos hermanos Guillermo y Daniel, y toda mi familia extendida que me han criado y son los responsables, o culpables, de quién soy ahora mismo. Gracias por cuidarme y protegerme.

No quiero acabar sin dejar claro el carácter de legado que tiene este trabajo. Durante años, incluso antes de comenzar la tesis, he batallado con la ansiedad y con signos de depresión que en algunos momentos han hecho muy cuesta arriba no solo el camino de la tesis, sino el camino vital. Aunque los agradecimientos no se los vaya a leer nadie, quiero dejar constancia para todas las personas batallando con esos síntomas, que vais a ser capaces de completar vuestra tesis.

Este trabajo no habría sido posible sin el contrato predoctoral FPI del Ministerio de Economía y Competitividad primero, y del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidad después. Dicho contrato se sitúa dentro de la ayuda BES-2015-075176 en referencia al proyecto HAR201451830-P. Estos contratos suponen la vida para los jóvenes investigadores, entre los que me encuentro.

Índice

Resumen	5
Abstract	9
1.- Introducción y objetivos del presente trabajo	13
2.-La región cantábrica durante el Holoceno: el proceso (pre)histórico desde el Mesolítico hasta la Edad del Bronce	17
3.- La cueva de los Canes	45
4.- El análisis de isótopos estables y su uso en Arqueología	63
4.1 Principios de isótopos estables.	63
4.2 Los isótopos estables de carbono y nitrógeno.....	64
4.3 El análisis de isótopos de estroncio y su aplicación en Arqueología.	70
5.- La alimentación y la movilidad geográfica durante la prehistoria en la Península Ibérica a través de la evidencia isotópica	75
5.1 Los isótopos de C y N.....	75
5.1.1 La región cantábrica.....	76
5.1.2 El interior de la Península Ibérica y zonas cercanas a la región cantábrica.....	77
5.1.3 La región mediterránea.....	79
5.1.4 El sur de la Península Ibérica.....	81
5.1.5 La región atlántica.	82
5.1.6 La transición a la agricultura en otras regiones de la Europa atlántica.	83
5.1.7 La evidencia del consumo de recursos C ₄ durante la Edad del Bronce.....	85
5.2 El estudio de la lactancia materna y el proceso de destete a través de los isótopos estables de carbono y nitrógeno.	87
5.3 Los isótopos de estroncio.	93
6.- Composición de tejidos: el hueso y el diente	95
6.1.- El hueso.....	95
6.2.- El diente	97
6.3.- La combinación de tejidos.	100
7.- Material y Métodos	101
7.1 La muestra.....	101
7.1.1 Problemáticas de elección de la muestra.	101
7.1.2 Lista de materiales utilizados.....	102
7.2 Metodologías empleadas en la tesis.....	107
7.2.1 Isótopos de estroncio.....	107
7.2.2 Análisis secuencial de isótopos estables de carbono y nitrógeno en dentina.	112

7.2.3 Datación radiocarbónica.	119
8.- Resultados	121
8.1.- Criterios de calidad de la muestra.....	121
8.2 Resultados de la datación por ^{14}C	122
8.3.- Valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de fauna.	126
8.4.- Representación de los resultados de las secuencias de dentina.	128
8.5.- Valores de dentina de la cueva de Los Canes.....	129
8.5.1 El diente magdalenense y los dientes mesolíticos.	132
8.5.2 Dientes de la Edad del Bronce.	157
8.6 Resultados de los valores de $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$	183
8.6.1 Estroncio biodisponible.....	183
8.6.2 Valores de estroncio en esmalte humano.	191
9.- Discusión	195
9.1. La dieta de las sociedades cazadoras-recolectoras.	195
9.1.1 Análisis de los patrones de lactancia y destete.	205
9.1.2 Supervivientes vs muertos.	209
9.1.3 El individuo 3.	214
9.2. La dieta durante la Edad del Bronce.	222
9.2.1 Evidencias de lactancia y destete.	238
9.2.2 Supervivientes vs no supervivientes.	240
9.2.3.- Resumen: la dieta de las sociedades de la Edad del Bronce.	246
9.3 Asignación de los dientes aislados a posibles individuos.	248
9.3.1.- ¿Uno o dos individuos del Bronce Medio?.....	248
9.3.2.- Can14.M1 y Can16.P2.....	250
9.3.3.- Parecidos entre otras secuencias.....	254
9.4.- Comparación entre mismos dientes.	255
9.5.- Comparación entre metodologías para estimar la edad: el ejemplo de Can9 y de Can16.	267
9.6.- Colágeno óseo vs colágeno de dentina: ¿misma información?.....	271
9.7.- Los isótopos de estroncio.	275
10.- Conclusiones	277
11.- Conclusions	285
Bibliografía	291
Índice de tablas	341

Resumen

En el contexto de la Península Ibérica, la región cantábrica supone una interesante área geográfica de estudio debido a la especificidad de los procesos prehistóricos que tuvieron lugar en la misma. Se trata de una de las zonas donde más tiempo perviven los grupos mesolíticos, manifestándose esto en la gran cantidad de fechas procedentes de yacimientos de este periodo, y donde más tarde se produce la neolitización de los mismos. Este proceso de cambio fue llevado por grupos locales que primeramente adoptaron aquello que más les convenía, rompiendo incluso el denominado “pack neolítico”, algo que ocurriría de nuevo más adelante con el “pack campaniforme”. Una vez que el Neolítico estuvo asentado, se produjeron sendos procesos interrelacionados entre sí: la intensificación productora de la agricultura y ganadería por un lado, y el aumento de la jerarquización social por otro. Ambos alcanzan nuevas cotas durante la Edad del Bronce, cuando se establecieron nuevas redes comerciales que permitieron la entrada de nuevos tipos de cultivo en la región de estudio.

El análisis de los valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ suponen una valiosa herramienta que permite estudiar cómo estos cambios culturales potencialmente cambiaron la dieta de las poblaciones que habitaron esta región en el pasado. Los estudios previos fueron realizados sobre colágeno óseo y muestran cómo las poblaciones mesolíticas aprovechaban los recursos de su entorno, así los grupos más cercanos o en la costa consumían una mayor proporción de recursos marinos, mientras que aquellos que habitaban las zonas de interior consumían más plantas C_3 terrestres, siendo posible incluso la existencia de una territorialización del espacio entre diferentes grupos. Esto cambia con la llegada del Neolítico, en el que es posible observar un cambio en los patrones de subsistencia hacia una dieta basada en las plantas C_3 producidos, tanto de la agricultura como de la ganadería. Esta situación se mantiene durante el Calcolítico, llegando incluso a aumentar la dependencia de este tipo de recursos durante este periodo y la Edad del Bronce, hasta alcanzar la Edad del Bronce Final cuando se introdujeron nuevos cultivos C_4 que permitieron un nuevo aumento en la intensificación productora agrícola al crecer durante los ciclos de verano.

Durante los últimos años el análisis de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en secuencias de dentina ha permitido explorar la alimentación de los grupos del pasado en diferentes momentos del ciclo vital de los individuos que los formaban. Sin embargo, y al igual

que ocurre con los análisis de los isótopos de estroncio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, usados para estimar la movilidad geográfica de estos grupos, no se han aplicado de manera intensiva en la región cantábrica, donde los estudios anteriores se centraron en el análisis isotópico de colágeno óseo, muy útil también pero proporcionando información más limitada en algunos contextos específicos.

Estos análisis de la secuencia de dentina y de estroncio se han aplicado sobre dieciocho piezas dentales encontrados en la cueva de Los Canes (Cabrales, Asturias), los cuales también han sido datados por radiocarbono con el fin de establecer su antigüedad. Así, la muestra resultó estar dividida en dos periodos: una parte datada del Mesolítico y la otra de la Edad del Bronce, tanto del periodo Medio como Final, además de un solo diente aislado adscrito al Magdaleniense. Mientras que los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mostraron que todos los individuos analizados podrían ser locales, las secuencias de dentina mostraron un cambio diacrónico en los patrones de subsistencia de estos grupos, teniendo en cuenta, eso sí, el espacio temporal en blanco de casi 4000 años entre ambos mundos, el de los cazadores-recolectores y el de los productores.

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de la secuencia de dentina del único individuo magdaleniense muestran un consumo de recursos marinos prolongado en el tiempo durante varios años, aumentando su consumo al comienzo de la secuencia, en torno a los tres años, y disminuyendo hacia el final, sobre los diez, siendo además el individuo magdaleniense el único de toda la muestra que consumió este tipo de dieta. Al tratarse de un individuo local, lo más seguro es que la captación de este tipo de recursos se realizara o bien con su captura en ríos cercanos donde diferentes especies de peces realizan migraciones para su reproducción, o bien con viajes a la costa, trayecto de ida y vuelta que se puede realizar en el mismo día.

Las secuencias de dentina procedentes de individuos mesolíticos por otro lado muestran todas ellas una dieta terrestre basada en los recursos C_3 con una ingesta moderada de proteínas de origen animal. Durante este periodo la alimentación entre los individuos de la muestra es similar y algo heterogénea debido, probablemente, a la disponibilidad de los diferentes recursos que componían su dieta, especialmente los alimentos de origen animal. De hecho, una de las secuencias parece indicar que ese individuo consumió durante un tiempo una especie animal distinta a la del resto de la secuencia. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ también parecen indicar que se trataba de una

sociedad sin una fuerte jerarquización social, a pesar de los signos de estrés evidenciados por dos individuos, cuya causa estaría por determinar.

Finalmente, en las secuencias de dentina relativas a la Edad del Bronce hay que distinguir entre dos periodos: El Bronce Medio y el Bronce Final, ya que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ son diferentes entre ambos, especialmente los relativos al segundo isótopo. Los dos individuos pertenecientes al primer periodo muestran una dieta terrestre basada en plantas C_3 , incluso mostrando valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$ que los individuos mesolíticos, evidenciando así una probable mayor dependencia de los productos agrícolas. Por otro lado, los individuos del Bronce Final, tan solo unos siglos más posteriores, muestran unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ compatibles con la introducción en la dieta de recursos C_4 , como diferentes tipos de cultivos. Todos los individuos de dicho periodo exhiben este tipo de valores, evidenciando un consumo generalizado y normalizado por parte del grupo. Estas nuevas especies C_4 , procedentes de climas más áridos, aumentaron y diversificaron aún más la producción agrícola, ya que permitieron cultivos durante todo el año, complementando estos nuevos durante el verano con los cultivos tradicionales y ya existentes, de desarrollo invernal.

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ procedentes de las secuencias de dentina de ambos periodos de la Edad del Bronce muestran una gran variabilidad dentro de cada secuencia, más que entre secuencias de individuos. Esto probablemente se deba a un consumo diferencial de este tipo de recursos de origen animal durante diferentes años o, incluso, a procesos de jerarquización social en los cuales algunos individuos pertenecientes a una elite habrían acaparado estos recursos.

Todos estos datos han aportado un mayor conocimiento sobre la dieta de subsistencia y los patrones de movilidad geográfica de los grupos que vivieron en el entorno de la cueva de Los Canes, tanto del periodo Mesolítico como durante la Edad del Bronce, sin olvidar el único individuo magdalenense. La información obtenida también plantea grandes preguntas y retos a futuro, sobre todo la aplicación del análisis de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en secuencias de dentina y su complementación con otros métodos más clásicos como el análisis de estos mismos isótopos sobre colágeno óseo.

Abstract

In the context of the Iberian Peninsula, the Cantabrian region is an interesting geographical area of study due to the specificity of the prehistoric processes that took place there. It is one of the areas where Mesolithic groups lived the longest, as can be seen by the large amount of dates derived from sites from this period, and also one of the last places where transitions to the Neolithic happened. These processes were performed by local groups who firstly adopted the most convenient things, even breaking into pieces the so called “neolithic pack”, as also happened later with the “copper age pack”. Once the Neolithic was settled, two inter-related processes took place: an intensification in the production of agriculture and stockbreeding, and an increase in the social hierarchical organization. Both reaching levels not seen before the Bronze Age, when new commercial networks were established, allowing the arrival of new types of crops in the Cantabrian region.

The isotopical analysis of the $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values is a valuable tool that allows to study how those cultural changes could potentially change the diet of the human groups that lived in this region. Previous research used bone collagen and showed how the Mesolithic populations took advantage of the environment's resources, so the groups who were close to the coast consumed a higher proportion of marine resources while those living further to the coast ate more C_3 plants, being also possible the territorialisation of the space among those groups. This change with the arrival of the Neolithic, when a change in the subsistence patterns can be identified towards a diet based solely on C_3 resources, both plants and animals. This situation continues through the Copper Age and Middle Bronze Age, when the dependence on these resources increased, and until the Late Bronze Age, when new C_4 crops were introduced, allowing a new increase in the agricultural intensification due to the summer growth of these plants.

In the last years, the isotopical analysis of the $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values from dentine sequences has allowed to explore the diet of groups from the past through different moments of the life cycle of the individuals. However, and as happens with the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ strontium analysis, used to estimate the geographical mobility of these groups, they have not been intensively applied in the Cantabrian region, where previous research focused in the isotopical analysis on bone collagen, also very useful but providing a more limited information in some specific contexts.

These analysis on the dentine sequence and on bioavailable strontium has been applied on eighteen dental pieces found in Los Canes Cave (Cabrales, Asturias), and were radiocarbon dated in order to know the antiquity of each tooth. The sample was divided mainly into two periods: one part from the Mesolithic, and the other one from the Middle and Late Bronze Age, also there was one tooth dating from the Magdalenian. While the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values showed that all the individuals could be interpreted as locals, the dentine sequences showed a diachronic change in the subsistence patterns of those groups, taking into account the 4000 years gap between both worlds: the hunter-gatherers, and the farmers.

The $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values from the dentine sequence of the only Magdalenian individual showed a consumption of marine resources during several years, increasing that consumption at the beginning of the sequence, around three years old, and decreasing at the end, around ten years old, being this Magdalenian individual the only one of all the sample consuming this resources. Being a local individual, there are two main reason about it gained those resources: the first one, in near rivers where different fish species migrated due to their reproduction, or travelling to the coast, a round journey that could be made within the same day.

All the dentine sequences from Mesolithic individuals showed a terrestrial diet based on C_3 resources with a moderate consumption of animal origin proteins. During this period, the diet among the individuals is quite similar and a bit heterogeneous due to, probably, the availability of the different resources of their diet, especially the animal component. In fact, one of the sequences may point to the consumption of a different animal during several years. The $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values also point to a non-hierarchical society, despite of the stress signs found in two individuals, and which causes were not specific.

Finally, among the Bronze Age sequences, two periods must be distinguished: the Middle one and the Late one, because the $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values are different, especially the regarding to the later isotope. The two individuals from the Middle Bronze Age show a terrestrial diet based on C_3 plants, with values more negative than the Mesolithic individuals, suggesting a higher dependence on agricultural resources. On the other hand, the Late Bronze Age individuals, from a several centuries later, exhibited $\delta^{13}\text{C}$ values compatible with the introduction in the diet of C_4 resources, as new crops. In fact, all the

individuals from this period show these values, suggesting a widespread and systemised consumption by the group. These new species C_4 coming from more arid environments increased and developed the diversification of the agricultural production, allowing crops during all the year around, supplementing this new during the summer with the older crops of Winter development.

The $\delta^{15}\text{N}$ values from the dentine sequences from both periods of the Bronze Age showed great variability within each sequence, more than among the different individuals. This could be due to a differential consumption of animal protein resources during the years or, even, to processes of social hierarchical organization in which some individuals belonging to an elite would have accumulated these resources.

All these data have provides a greater understanding about the subsistence diet and the geographical mobility patterns of the groups that lived in the surroundings of Los Canes cave during the Mesolithic and the Bronze Age, apart from the only Magdalenian individual. The obtained information also brings up new questions and future challenges, especially about the application of the analysis of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values in dentine sequences and its complementation with other more classical methodologies as the analysis of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values on bone collagen.

1.- Introducción y objetivos del presente trabajo

El análisis de isótopos, tanto estables en el caso del carbono y nitrógeno, como radiactivos, por ejemplo, el estroncio, son metodologías usadas desde hace ya varias décadas en la disciplina arqueológica para estudiar aspectos de la vida de los grupos humanos del pasado tales como la dieta y la movilidad geográfica respectivamente. Desde los 80 la aplicación de este tipo de técnicas se ha incrementado potencialmente y su valía ha sido ampliamente reconocida. Es más, en los últimos 10 años, y gracias a los avances a los avances tecnológicos, que permiten el análisis de muestras de cada vez menor peso, y metodológicos, como es la combinación de diferentes tejidos, han permitido alcanzar una mayor profundidad en el estudios de estos aspectos.

Uno de estos grandes avances ha sido el análisis de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de las secuencias de dentina. La dentina es un tejido que se encuentra en los dientes, recubierto por el esmalte en la parte que se sitúa dentro de la cavidad oral, y que posee la peculiaridad de que no recicla sus componentes a lo largo de toda la vida del individuo, al contrario que ocurre en otros tejidos humanos como el hueso. Así, analizando diferentes tejidos se puede obtener información sobre la dieta de un individuo a lo largo de diferentes momentos de su ciclo vital, algunos de especial importancia, como por ejemplo es el proceso de destete, por su impacto no solo en la salud del individuo sino también por su imbricación dentro del contexto social de cada población.

Debido al gran potencial de estos nuevos análisis, estos se aplicaron a una serie de restos humanos procedentes de la cueva de los Canes (Asturias). Esta cueva, de gran importancia en el contexto prehistórico de la región cantábrica, posee una secuencia estratigráfica que abarca varios periodos, desde el Solutrense al Bronce Final, lo cual la hacía una candidata ideal a la hora de estudiar los posibles cambios en la dieta de los grupos humanos asociados a cambios en el proceso histórico, como la llegada de la agricultura y ganadería, la metalurgia e incluso los primeros procesos de estratificación social.

Por otro lado, el estudio de los valores de ^{86}Sr permite determinar qué individuos eran locales y cuales eran o no-locales o habían llegado al área más tarde, al comparar los valores del esmalte humano con los valores de estroncio biodisponible procedente de diferentes muestras del medio tales como plantas, caracoles, micromamíferos, y otros animales de poca movilidad geográfica o con territorios muy pequeños en comparación

con los humanos. Su aplicación en los dientes encontrados a lo largo de la secuencia estratigráfica de la cueva de los Canes permitiría conocer quiénes fueron los agentes del cambio histórico asociado a los procesos mencionados en el anterior párrafo, si locales o no, permitiendo decantarse por una explicación endémica o expansionista como origen de los mismos.

Desafortunadamente, al realizar la datación por ^{14}C , los resultados obtenidos agruparon la muestra en dos grandes grupos, uno con dientes procedentes de individuos mesolíticos, y otro con dientes procedentes de la Edad del Bronce Medio y Final, además de otro diente perteneciente al periodo Magdalenense. Se observa así una fragmentación de la muestra que no permite un análisis diacrónico y en el que se debe forzar cierta comparación entre dos mundos muy diferentes: el de los cazadores-recolectores, y el de los productores plenos, que además experimentan una intensificación en la producción de los recursos.

De este modo, los principales objetivos de la tesis fueron los siguientes:

1. Caracterizar la dieta de los individuos procedentes de la cueva de los Canes. La alimentación de una población proporciona información no solo sobre los alimentos disponibles para la misma, también puede reflejar otros aspectos sociales del grupo como quién tiene acceso a dichos alimentos, o la introducción de los diferentes recursos dietéticos a lo largo del crecimiento y desarrollo del individuo.
2. Estudiar los patrones de movilidad geográfica de los individuos procedentes de dicho yacimiento. Al igual que ocurre con el punto anterior, estudiar la movilidad geográfica de un grupo puede aportar información acerca de quién migra y cuándo podría producirse ese desplazamiento, o sobre cómo se gestiona el espacio y la posible territorialización del mismo.

Para ello se utilizaron las siguientes metodologías, que se explicaran detalladamente en su capítulo correspondiente:

1. El análisis de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en las secuencias de dentina de los dientes encontrados en este yacimiento.

2. El análisis de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sobre muestras de esmalte humano, y también sobre muestras de vegetales y moluscos. Estas últimas para poder estimar el estroncio biodisponible de las diferentes áreas geológicas cercanas a la cueva de Los Canes.

Así, a través de los objetivos principales y con las metodologías usadas, aparecen unos objetivos secundarios a realizar durante el presente trabajo con el fin de aumentar el conocimiento acerca de los grupos prehistóricos de la región cantábrica:

1. Comparar las secuencias de dentina entre individuos del mismo periodo para así encontrar patrones en la alimentación de los individuos de cada grupo.
2. Prestar especial atención a la comparación, dentro de cada periodo, a los individuos con edades similares, ya que algunos procesos alimenticios como la lactancia y el destete influyen de manera decisiva en la salud de cada individuo. Esto también ocurre entre los individuos que completaron el desarrollo del diente, los llamados más adelante “supervivientes”, y aquellos que murieron antes de completar dicho desarrollo.
3. Comprobar a través de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de las secuencias de dentina si uno o más dientes podían pertenecer al mismo individuo. En caso de identificación positiva, habría además que realizar un ajuste de las edades representadas por cada muestra de las secuencias para conseguir la máxima similitud entre ambas.
4. Comparar las secuencias de dentina de los mismos dientes, independientemente del periodo histórico al que se adscriban, para así poder estimar qué factores fisiológicos y qué factores culturales están teniendo un impacto en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$.
5. Estimar, a través de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sobre estroncio biodisponible y esmalte humano, los potenciales individuos locales y no-locales encontrados en la cueva de Los Canes.

Así la presente tesis sigue la siguiente estructura: primero se explica el desarrollo (pre)histórico en la región cantábrica para, a continuación, adentrarse en la cueva de los Canes y su secuencia estratigráfica. Posteriormente, se analiza la información disponible (estado de la cuestión) acerca de la dieta de los grupos humanos, no solo de los dos

periodos en los que se concentran los individuos, sino también de los periodos entre ambos, así como los estudios de movilidad geográfica publicados hasta el momento, de los cuales existe menos información. Tras estos apartados, se presentan los resultados de las secuencias de dentina, consistentes en los criterios de calidad de la muestra, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, y una gráfica, gracias a la cual se pueden analizar y observar mejor estos resultados. También se presentan los resultados relativos a los valores de estroncio biodisponibles y los procedentes de las muestras de esmalte humano. A continuación, se procede a la discusión de estos resultados, dentro del contexto de cada periodo y de la información disponible para cada uno de ellos, ya que esta es muy desigual, existiendo más para el Mesolítico que para la edad del Bronce. En este apartado se realizan además las comparaciones entre secuencias de dentina de individuos del mismo periodo que se contaban entre los objetivos del presente trabajo de tesis. Finalmente, este se cierra con una síntesis de todas las conclusiones extraídas de la investigación.

2.-La región cantábrica durante el Holoceno: el proceso (pre)histórico desde el Mesolítico hasta la Edad del Bronce

La región cantábrica de la Península Ibérica es una de las áreas clásicas de estudio sobre el Mesolítico debido al gran número de yacimientos adscritos a este periodo, situado al comienzo del Holoceno, un periodo interglacial, entre el 9500-6000 cal BC (Fano 2004). Dicha región tiene forma de una banda estrecha, en torno a los 35-60km de ancho, que se extiende a lo largo de 400km de costa, pasando por los territorios administrativos de Asturias, Cantabria, Vizcaya y Guipúzcoa, incluyendo algunos valles atlánticos de las provincias colindantes de León, Burgos, Álava y Navarra (Arias 2012). Se trata de una región bien definida debido a sus claros límites naturales y al fuerte contraste entre los ecosistemas de esta con aquellos de las regiones circundantes. La región cantábrica está separada de la submeseta norte por la cordillera Cantábrica, una cadena de montañas que corre en paralelo a la costa, alcanzando en algunos puntos hasta 2500m de altitud. Esta barrera física permite la retención de nubes al norte de la cordillera lo cual, unido a la presencia del mar y su efecto regulador de la temperatura, produce un clima templado con veranos cortos e inviernos no muy duros, con una gran abundancia de precipitaciones durante todo el año. Estas condiciones han permitido, desde el comienzo del Holoceno, la existencia de una densa vegetación que contrasta con las condiciones más secas y menos forestales de las regiones al otro lado de la cordillera (Muñoz *et al* 2004). De hecho, el medio ambiente en el que vivieron los grupos mesolíticos no sería muy diferente del que existe hoy en día (Fano 2004).

La distribución de los yacimientos, situados especialmente en el este de Asturias y muchos de ellos cercanos a la costa, en torno a 1-2km de la actual (figura 1), así como la información paleoeconómica de los restos encontrados en estos, sugieren que los grupos humanos que habitaron esta área tuvieron una economía de amplio espectro (Arias 2007). De este modo explotaban no solo los recursos marinos como marisco y pescado, sino también cazaban y recolectaban en la plataforma costera adyacente e incluso en las regiones montañosas cercanas, aprovechando los recursos que cada paisaje proporcionaba. Esta explotación tan diversa pudo haber proporcionado a los habitantes de la región suficientes recursos como para alcanzar densidades poblacionales bastante altas, a juzgar por el elevado número de yacimientos que se han podido encontrar (Fano 1998, Arias 1999).

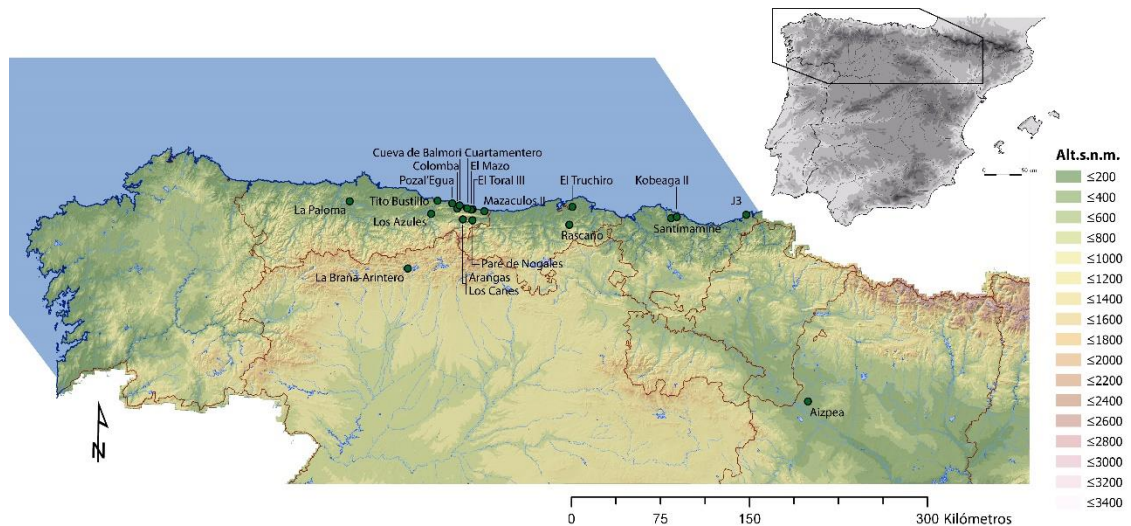


Figura 1: localización de los yacimientos mesolíticos mencionados en este apartado.

Durante el periodo Mesolítico, abundan los yacimientos con concheros, sobre todo en el este de Asturias y oeste de Cantabria, aunque también están presentes en la costa vasca, como en el caso del yacimiento J3 (Fano *et al* 2013; García-Escárcaga 2014; Fano *et al* 2016). Los análisis realizados sobre isótopos de oxígeno muestran una recolección preferencial durante otoño e invierno bastante intensa (Bailey y Craighead 2003), ya que se ha podido observar una reducción en la edad y tamaño de los moluscos recogidos, si bien algunos autores relacionan estos cambios en la talla con cambios medioambientales (Gutiérrez-Zugasti 2009; 2011a; 2011b; Álvarez-Fernández *et al* 2011; 2014). Es más, los caracoles terrestres fueron probablemente otra fuente de alimento en este periodo (Aparicio 2001, Gutiérrez-Zugasti 2009) Pero de los ecosistemas marinos no se obtienen solamente moluscos, ya que en este periodo también se da un aumento de la actividad pesquera, apareciendo por primera vez en el registro arqueológico tanto especies pelágicas como el procesamiento de estas (Fano *et al* 2013; Álvarez-Fernández 2015).

La caza y consumo de ungulados fue también importante durante el Mesolítico, especialmente el ciervo (*Cervus elaphus*), aunque no siempre, ya que otros grupos animales como los bóvidos, el corzo y el jabalí son bastante frecuentes en el registro arqueológico (Marín y González-Morales 2009; Altuna y Mariezkurrena 2012; Álvarez-Fernández y Altuna 2013).

Finalmente, en lo relativo a la alimentación de los grupos humanos de este periodo, hay que tener en cuenta la mejora climática de comienzos del Holoceno, lo que

aumentó los diferentes recursos vegetales disponibles para estas poblaciones y que debieron desempeñar un papel bastante importante en su alimentación, ya que se trata de unos recursos abundantes, que se pueden almacenar y además predecibles de una época a otra (Zapata 2000). Sin embargo, y a pesar de toda la información paleoeconómica disponible, la cual ha aumentado en los últimos años, es difícil calcular la contribución de cada tipo de alimento a la dieta. De hecho, hay que prestar atención a los procesos tafonómicos sufridos por los restos orgánicos dispuestos en un yacimiento, ya que por este tipo de sesgos y dependiendo de la composición de cada material, algunos alimentos como los moluscos, debido a su concha, pueden aparecer sobrerrepresentados, mientras que otros como los restos vegetales aparecen infrarepresentados en el registro arqueológico (Fano *et al* 2016). Sobre los datos aportados por el análisis de isótopos estables se hablará más adelante, cuando se realice un estado de la cuestión.

Sin embargo, a pesar de esta supuesta bonanza, estos grupos humanos no desarrollaron una organización social compleja, ya que no aparecen signos de asentamientos permanentes con cierto tamaño, ni signos de almacenamientos de alimentos, ni indicadores de un comportamiento ceremonial significativo, de hecho, para este periodo no existen cementerios, sino concentraciones de inhumaciones (Arias 1999). Este es el caso de la cueva de Los Canes, yacimiento sobre el cual se centra esta tesis.

El registro funerario durante el Mesolítico en la cornisa cantábrica aporta gran información sobre las prácticas funerarias de la época, ya que junto con el centro y sur de Portugal, y algunos restos encontrados a lo largo de la región mediterránea, son las áreas con el mayor número de enterramientos (Arias 2007, 2012). La diferencia entre la zona portuguesa y la cantábrica es que, mientras en la primera abundan los enterramientos colectivos, en la última estos contienen un solo individuo, aunque existan con dos excepciones (Arias 2007, 2012; Gibaja *et al* 2015).

En la región cantábrica, todos los restos humanos se han encontrado o bien en cuevas, o bien en abrigos rocosos, ya que en este periodo se conocen pocos yacimientos al aire libre. De hecho, habría que diferenciar entre los enterramientos, en los que existe una intencionalidad en el tratamiento hacia la persona fallecida, del hecho de depositar un cuerpo sobre la superficie de un lugar específico, como puede ser una cueva. Diez yacimientos aportan información sobre el primer caso, el enterramiento: Los Canes (varios individuos, se detallará posteriormente) (Arias 2002, 2009), Tito Bustillo (Arias 2009), Paré de Nogales (Arias 2012), El Truchiro (Armendáriz *et al* 2010), Los Azules

(Fernández-Tresguerres y Garralda 1986), La Paloma, interpretado como un enterramiento infantil debido al ajuar y ofrenda encontrados (Hernández-Pacheco 1923; Arias y Álvarez-Fernández 2004), Molino de Gasparín (Carballo 1926), J3 (Iriarte *et al* 2010), Linatzeta (Tapia *et al* 2008), Aizpea (Barandiarán y Cava 2001) y La Braña-Arintero (dos individuos) (Vidal y Prada 2010). Si bien estos dos últimos yacimientos están en los límites geográficos de la región cantábrica.

Existen otros yacimientos con restos humanos, aunque estos se encuentran en un estado más incompleto y en ocasiones se trata de restos aislados, habiendo sido encontrados tanto en cuevas, siendo el caso de El Toral III (Noval 2013) y Colomba (Arias *et al* 2007b), como en concheros. Estos últimos son los sitios de Arangas (muy cercana a los Canes) donde se encontró una vértebra (Arias *et al* 2013), en el Rascaño se encontró un diente aislado procedente de niveles magdalenenses (Guerrero y Lorenzo 1981), Poza l'Egua (Arias *et al* 2007a), el canino deciduo de Kobeaga II (Castaños 1998/2000; Albisu y Etxebarría 2005), El Mazo (Gutiérrez-Zugasti y González-Morales 2013), así como las mandíbulas de Balmori y Mazaculos II y el cráneo de Cuartamentero (Garralda 1981, 1982). La disposición diferente de los restos en estos yacimientos, todos pertenecientes a la zona más occidental de la región (Asturias) podría deberse tanto a prácticas funerarias distintas a la de aquellos grupos mencionados en el párrafo anterior, o bien a alteraciones post-deposicionales de los supuestos enterramientos (Arias 2012). En la mayoría de los yacimientos estos restos humanos se han encontrado en niveles ocupados durante el Mesolítico, con la excepción de tres casos: Los Canes, que en ese periodo solamente se usó con motivo funerario; Tito Bustillo, donde a pesar de la evidencia funeraria no existe en la cueva otra presencia mesolítica; y la Braña-Arintero, donde el cuerpo de los individuos fue depositado en una parte de la cueva que no se estaba usando en ese momento.

El perfil demográfico de todos los individuos muertos, ya fuesen enterrados o simplemente depositados, no evidencia ninguna distinción entre sexos ni edades, ya que se hallan representadas todas las diferentes etapas del ciclo vital. Algunos con un ajuar bastante complejo, como el individuo 2A de Los Canes, como se verá en el apartado que trata de la cueva. La mayoría de los cuerpos se encontraba dispuesto en decúbito lateral, aunque la posición de decúbito supino no es extraña de encontrar. Las piernas flexionadas son muy comunes también, en algunos casos de una manera tan forzada que se ha

propuesto el uso de vendajes o ataduras para explicar tal flexión, como en el caso de J3, Aizpea o la Braña-Arintero.

En la región se han documentado el uso de diferentes estructuras funerarias durante este periodo: los enterramientos en tumbas bien delimitadas como el caso de los Canes, J3 o el Truchiro, en este último donde el muerto además se situó sobre una tabla de madera; los lugares con función sepulcral pero donde no aparece una estructura como tal, siendo el caso de Colomba o el Toral III; y finalmente, individuos depositados directamente sobre el suelo de la cueva. Si bien en este último modo habría que diferenciar aquellos que fueron cubiertos (Aizpea) de aquellos que fueron dejados directamente (Tito Bustillo y la Braña-Arintero). Por esta razón son también tan interesantes los restos humanos encontrados en los concheros, ya que aún se debate el cómo llegaron ahí, si fueron depositados y luego cubiertos con conchas en el momento o con el tiempo, según se fueron consumiendo y eran descartadas allí, o si por el contrario se retiraba material para hacer espacio para el difunto.

El yacimiento de Los Canes también ha proporcionado información sobre la situación nutricional así como la territorialización del espacio de las poblaciones del Mesolítico de esta región. En los individuos encontrados en Los Canes aparecen signos de malnutrición por defecto como es la *criba orbitalia*, a pesar de estar muy discutida su etiología (Wapler *et al* 2004) y la hipoplasia del esmalte (Drak 2015), presente también en el diente encontrado en el Mazo (Drak 2015), aunque el hecho de ser un resto aislado impide un análisis más completo. Se debe tener en cuenta además que el desgaste dental observado en varios individuos de Los Canes podría estar ocultando estas marcas de hipoplasia dental. Las marcas de estrés nutricional no son algo característico de esta región, ya que se han encontrado también en proporciones considerables en las poblaciones mesolíticas del valle del Sado (Cardoso 2001). La existencia de diferentes territorios en la región cantábrica puede observarse no solo por la coexistencia en el tiempo de varios complejos de industria lítica (Arias 1999), también los isótopos ligeros de carbono y nitrógeno de los individuos inhumados en esta cueva han mostrado una dieta básicamente terrestre a pesar de su cercanía no solo al mar, sino a yacimientos con concheros de la misma época con valores distintos de $\delta^{13}\text{C}$, lo cual sugiere que mientras unos grupos explotaban más los recursos marinos, otros tenían que centrarse en explotar las zonas montañosas (Arias 2005/2006). Este asunto se tratará más adelante en el apartado dedicado al estado de la cuestión.

Posteriormente, el Neolítico se introdujo en la Península Ibérica por el levante de esta, en la región mediterránea, con evidencias de cerámica cardial (Martins *et al* 2015) e impresa (Balsera *et al* 2015) ya en la primera mitad del sexto milenio AC (Guilaine 1994; Arias 1999). Esta nueva cultura penetró rápidamente en el interior de la península a través de la cuenca del Ebro, con las mismas evidencias cerámicas en tierras del interior a lo largo del segundo tercio del sexto milenio BC (Bernabeu 2002; Juan-Cabanilles y Martí 2002). Las primeras evidencias de agricultura se sitúan a mediados del 6º milenio cal AC a lo largo de las costas mediterránea y atlántica, así como en el interior de la Península y llegando hasta la Meseta Norte (Zapata *et al* 2004, 2005; Peña-Chocarro 2007; Antolín y Buxó 2012; López-Dóriga y Simoes 2015). La neolitización de la cornisa cantábrica se desarrolló así siguiendo una cronología y una dinámica propias, similar a las de otras regiones atlánticas de Europa (Marchand 2014; Fano *et al* 2015; Fano *et al* 2016). Si bien durante la mayor parte de tiempo la investigación arqueológica en esta región se centró simplemente en registrar la existencia o no de la cultura neolítica, a partir de los años 80 y 90 del siglo XX se produce un cambio en el estudio de este periodo, gracias a las publicaciones de diferentes revisiones sobre el tema, de manera que el Neolítico pasó de ser algo anecdótico a ser uno de los temas más estudiados dentro del contexto ibérico y del atlántico sur (Fano *et al* 2016).

Las dataciones disponibles hasta el momento revelan un solapamiento temporal durante el V milenio cal BC, donde los últimos yacimientos mesolíticos, situados en su mayoría en la zona más occidental de la región cantábrica, coinciden con las primeras evidencias de neolitización, especialmente de agricultura, en la región oriental y central de esta región donde los otros yacimientos son más escasos (Fano 2016). Análisis estadísticos recientes que usan una batería de dataciones relacionadas con la neolitización de esta región sitúan el origen del Neolítico en la cornisa cantábrica en una horquilla bastante amplia entre el 5752 - 4854 cal BC (Fano *et al* 2015), que otras evidencias permiten delimitar más precisamente. Más tarde, con la aparición de los monumentos megalíticos a finales del IV milenio cal BC, esta situación se homogeneizará a lo largo de todo el territorio (Mujika 2007), aunque algunos modelos teorizan su aparición entre el 4607 y el 4266 cal BC (Fano *et al* 2015). En la figura 2 puede encontrarse la localización de los yacimientos neolíticos mencionados en este apartado.

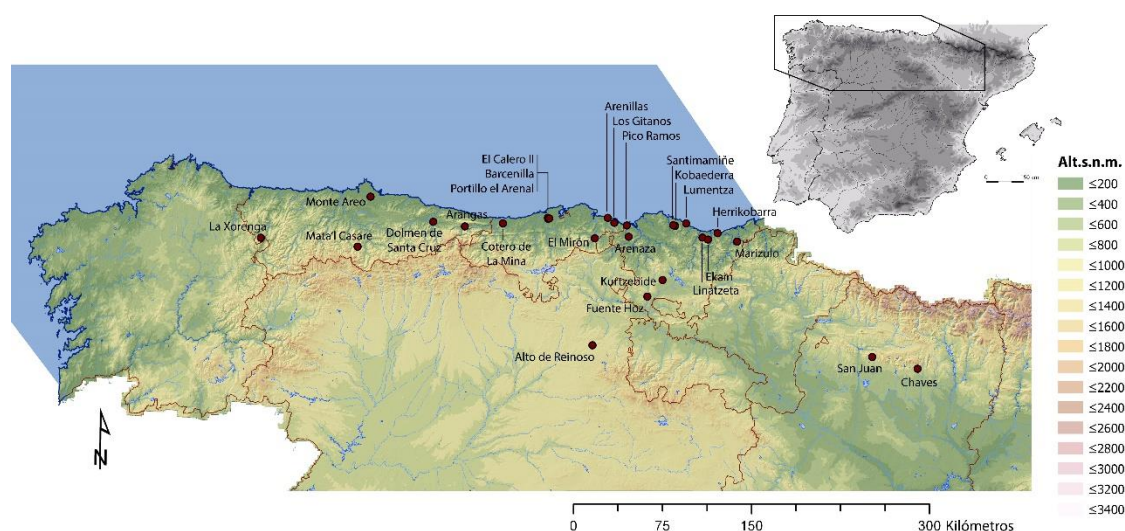


Figura 2: localización de los yacimientos neolíticos de la cornisa cantábrica mencionados en este apartado.

En la cornisa cantábrica, las evidencias más antiguas de agricultura son de la segunda mitad del VI milenio cal BC y proceden de la identificación de pólenes de cereales, razón por la cual se deben tomar con cautela debido a la dificultad de diferenciar este tipo de polen de cereales de aquellos de plantas salvajes (Behre 2007). Algunas de estas evidencias proceden de turberas en Galicia y Asturias (López-Merino *et al* 2010; López-Sáez *et al* 2010) mientras otras proceden de yacimientos arqueológicos como Herriko Barra en el País Vasco (Iriarte *et al* 2005) o la cueva de los Gitanos en Cantabria (Ontañón-Peredo *et al* 2013). Las primeras evidencias de cultivos a través de restos vegetales, datan de mediados del V milenio cal BC, y proceden de cuatro yacimientos, tres de ellos en País Vasco (Pico Ramos, Lumentxa y Kobaderra) (Zapata 2002; Zapata *et al* 2004, 2007) y uno en Cantabria, El Mirón, con una datación en torno al 4400 cal BC (Peña-Chocarro *et al* 2005 a,b). Más tarde, ya en el IV milenio cal BC se suma la evidencia en el yacimiento de Arangas, muy cerca de la cueva de los Canes (Arias *et al* 2013). Las especies primeramente cultivadas en la región cantábrica, importadas por los primeros grupos neolíticos ya que no son especies autóctonas de la región, son la cebada (*Hordeum vulgare*) y diferentes especies de trigo (*Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum*, y *Triticum nudum*) (Zapata 2002, Zapata *et al* 2004; Peña-Chocarro 2005 a, b; Zapata *et al* 2007). Sin embargo, otras especies típicas en otros procesos de neolitización no aparecen en la cornisa cantábrica, como ocurre en el caso de la amapola (*Papaver Somniferum*), el lino (*Linum usitatissimum*) o las legumbres (Fano *et al* 2016). De hecho,

la única evidencia de estas últimas es una semilla procedente de Kobaederra (Zapata 2002). Hay que tener en cuenta además dos factores que pueden estar sesgando la información sobre la introducción de la agricultura en este área. El primero es la poca cantidad de yacimientos neolíticos durante el VI y V milenio cal BC en esta región, como ya se mencionó anteriormente, con lo cual la toma de muestras se complica. El segundo es la conservación diferencial de los diferentes restos vegetales, razón que podría estar detrás de que no se observen esas otras especies, como las legumbres, en el registro arqueológico, ya que los cereales tienen una mayor probabilidad de conservación.

La ganadería también tardó más en llegar a la región cantábrica, existiendo aún poblaciones de cazadores-recolectores cuando en áreas cercanas esta actividad estaba ya consolidada. De especial interés es la presencia de perros domésticos en yacimientos de sociedades cazadores-recolectoras (Altuna 1994; Vigne 2005). Las primeras evidencias de ganadería en la cornisa cantábrica son de la cueva de Arenaza, el Mirón, los Gitanos y Kobaederra. En el primer yacimiento, existen evidencias datadas en torno a 4900 cal BC (Altuna 1980; Arias y Altuna 1999). En la cueva de El Mirón, el análisis arqueozoológico mostró que ya a mediados del V milenio cal BC, el nivel 10 se encuentra dominado por especies domésticas, suponiendo un 66,8% de la muestra, porcentaje que aumenta hasta el 95% en niveles superiores (Altuna y Mariezkurrena 2012). Si bien al principio los ovicápridos suponen la mayoría de las especies domesticadas (90,1%), este porcentaje disminuye a favor de los bóvidos, aunque los ovicápridos siguieron siendo la mayoría (Altuna y Mariezkurrena 2012). Al comienzo de la secuencia de la cueva de los Gitanos, se observa un consumo mayoritario de especies salvajes que es complementado con animales domésticos, situación que va cambiando a lo largo de la secuencia hasta que, en niveles Calcolíticos, los restos de especies domésticas sobrepasan finalmente al de animales salvajes (Altuna y Mariezkurrena 2009; Ontañón-Peredo *et al* 2013). En la última cueva, Kobaederra, aparece una mayoría de especies domésticas (70,3%), mayoritariamente ovicápridos (82,4%) en los niveles III y IV (Altuna y Mariezkurrena 2009). El único yacimiento al aire libre fechado en el V milenio cal BC, Herriko Barra, no muestra especies domésticas, lo que se ha atribuido a que era un campamento de caza, mostrando cómo las poblaciones neolíticas aún explotaban otros recursos (Mariezkurrena y Altuna 1995; Iriarte *et al* 2005).

La información proporcionada por las evidencias arqueológicas a lo largo del IV milenio cal BC en la región no es fiable debido a diferentes problemas en varios

yacimientos de la zona: desde depósitos secundarios, pocos restos arqueozoológicos, hasta problemas definiendo las secuencias estratigráficas. Sin embargo, existen dos yacimientos que pueden proporcionar información, como Mazaculos II, en cuyo nivel A2 se encuentran restos de animales domésticos todos ellos infantiles, y en minoría frente a los recursos cinegéticos (Marín y González-Morales 2009). El otro yacimiento es la cueva de Marizulo, donde los animales domésticos, una oveja y un perro, fueron encontrados en un contexto sepulcral, el resto de los animales encontrados eran especies salvajes (Álvarez-Fernández y Altuna 2013). Lo que queda claro, es que no se observa una introducción tan masiva de especies domésticas en la región cantábrica como en el caso de la cueva del Mirón.

Como se ha podido observar en los párrafos anteriores, existen evidencias de que el ejercicio cinegético siguió existiendo en la región y, en algunos casos, de gran importancia para las poblaciones de la zona. Los yacimientos ya mencionados del V milenio cal BC presentan además poca variedad en las especies salvajes consumidas, siendo *Cervus elaphus* la especie más consumida en Arenaza (el 91,5% de los restos de especies salvajes) (Altuna 1980; Arias y Altuna 1999), El Mirón (87%) (Altuna y Mariezkurrena 2012), los Gitanos (86,8%) (Altuna y Mariezkurrena 2009; Ontañón-Peredo *et al* 2013) y Kobaederra (74,7%) (Altuna y Mariezkurrena 2009). En el caso de Herriko Barra, sin especies domésticas, esta especie de cérvido supone el 93% de los restos encontrados (Mariezkurrena y Altuna 1995). Esta tendencia continúa en los yacimientos del IV milenio cal BC, Mazaculos II y Marizulo (Marín y González-Morales 2009; Álvarez-Fernández y Altuna 2013).

Si la alimentación en los orígenes de Neolítico en la región cantábrica era complementada con la caza, no hay razón para pensar que la recolección fuese abandonada, aunque como se mencionó anteriormente, existen los sesgos tafonómicos en la conservación de los diferentes elementos vegetales, sobrerrepresentando unos e infrarrepresentando otros. Entre los restos más numerosos encontrados en la región se encuentran las cáscaras de la avellana (*Corylus avellana*), de bellotas (Género *Quercus*), y frutas de la familia de las Rosáceas (Zapata 2000; Arias *et al* 2013). Estos productos vegetales son de particular interés ya que pueden consumirse en el momento, sirviendo así de indicadores estacional de la dieta, y pudiendo evidenciar también los momentos de ocupación de un yacimiento, pero también pueden almacenarse para su consumo en épocas diferentes a las de su recolección (Riddervold y Ropeid 1988, Cunningham 2005).

De hecho, la avellana se encuentra representada en una gran cantidad de sitios de toda Europa desde comienzos del Holoceno (Holst 2010). No se puede olvidar el uso de diferentes especies vegetales, desde herbáceas hasta arbóreas, para otros usos no alimentarios, como combustible, usos medicinales o en la confección de herramientas (Tapia *et al* 2008; Ruíz-Alonso *et al* 2010; Cuenca *et al* 2011).

Lo mismo ocurre con los recursos marinos, que no se abandonan con la llegada del Neolítico, es más, en algunos casos hasta se intensifica su explotación. Durante el V y IV milenio cal BC se siguen encontrando moluscos en grandes cantidades en diferentes yacimientos costeros, como en Los Gitanos (Álvarez-Fernández *et al* 2014b), Picos Ramos (Zapata *et al* 2007) y Kobaederra (Gutiérrez-Zugasti 2009b). A estos yacimientos se unen otros como Santimamiñe (Gutiérrez-Zugasti 2011c), Mazaculos II (González-Morales 1995), y Arenillas (Gutiérrez-Zugasti 2009a). Los estudios arqueomalacológicos revelan que en casi todos estos yacimientos, la mayoría de las especies recogidas viven en costas rocosas, en vez de ser especies cuyo hábitat son sustratos más arenosos. La excepción son los yacimientos de Kobaederra y Santimamiñe, que se encuentran en el estuario del Urdaibai (País Vasco), donde las especies de costas arenosas son más frecuentes (Gutiérrez-Zugasti 2009b; Gutiérrez-Zugasti 2011c). Sin embargo, las conchas de moluscos, como en épocas anteriores, también continuaron siendo usadas como herramientas (Cuenca 2013) y como objetos de adorno, algo observado en la cueva de los Canes (Álvarez-Fernández 2006, 2015).

Durante esta etapa, se siguieron explotando otros recursos marinos como peces, aves y mamíferos marinos, crustáceos y equinodermos, aunque sus restos son más escasos en el registro arqueológico. Las especies de peces encontradas pertenecen en su mayoría o bien a estuarios o a fondos rocosos, indicando que las tareas pesqueras se realizaban en la costa, si bien la aparición de especies pelágicas puede indicar algún tipo de navegación o su captura en momentos específicos de acercamiento a la costa, como en el periodo de reproducción (Roselló y Morales 2011; Álvarez-Fernández 2015). Las únicas evidencias de consumo de aves y mamíferos marinos procede del yacimiento de Herriko Barra. Algunos restos de aves aparecen con marcas de corte y signos de quemado (Elorza 1993), mientras que los únicos restos de mamífero marino son tres huesos de una especie de ballena, probablemente consumida después de varar en la playa (Álvarez-Fernández 2015). Respecto a crustáceos y equinodermos, en el caso de los primeros, su baja frecuencia parece indicar un consumo oportunista de los mismos, probablemente

aprovechados durante la recolección de moluscos (Álvarez-Fernández 2015). Respecto a los segundos, que estos no se encuentren en grupo en su estado natural, pero en los yacimientos haya un gran número de restos, como en los Gitanos o Arenillas, apunta a una explotación intencional de este recurso (Gutiérrez-Zugasti 2009a; Álvarez-Fernández *et al* 2014b).

Tradicionalmente, dentro del “pack Neolítico”, junto con la producción de alimentos (agricultura y ganadería), se han incluido la cerámica y las innovaciones tecnológicas relacionadas con la industria lítica. La mayor parte de la cerámica perteneciente a yacimientos del V y IV milenio cal BC proviene de contextos no funerarios, como en el caso de El Mirón, Kobaederra, los Gitanos o Arenaza (Fano *et al* 2016). Sin embargo, sí que se encuentra asociada a este tipo de contextos en la cueva de los Canes (central para este trabajo), Arenaza, Santimamiñe, Marizulo, Barcenilla y Arenaza (Fano *et al* 2016). Si bien en los últimos años se han producido avances en el estudio de la cerámica neolítica en la cornisa cantábrica relativos a las materias primas que la forman, su manufacturación y su decoración, la función e incluso la forma de la misma aún es desconocida.

Según estos estudios, los materiales usados en la fabricación de la cerámica, básicamente arcilla a la que se podía añadir otros elementos minerales o rocosos, proceden de las inmediaciones de los yacimientos (Cubas *et al* 2012; Vega 2012; Cubas *et al* 2014 a, b). Respecto a la manufactura, el tratamiento de las paredes de los vasos así como la creación de las piezas mediante losas de arcilla, pueden observarse ya en los casos más antiguos documentados en el área (Cubas 2013). Finalmente, la decoración de la cerámica varía entre yacimientos y entre niveles dentro de cada sitio, aún pueden clasificarse tres tipos diferentes de decoración: plástica, impresa e incisa (Fano *et al* 2016). Con la información disponible, se observa como la cerámica en la región cantábrica durante el V y IV milenio cal BC es bastante heterogénea y se precisan aún más estudios. Sin embargo, su relación con contextos no funerarios parece indicar un uso doméstico de las mismas, sin ningún otro significado simbólico, mantenido durante estos dos milenios. Esto podría cambiar a final del IV milenio cal BC, con los restos cerámicos encontrados en el monumento megalítico de La Xorenga (Asturias), el único yacimiento de este tipo con presencia de cerámica (Cubas 2013).

Por otro lado, la industria lítica encontrada en niveles atribuidos al Neolítico en la región cantábrica es muy variable desde el punto de vista tipológico y tecnológico,

además de poco representativa (Fano *et al* 2016), lo cual dificulta su comparación con otras colecciones del Mesolítico, mucho más estudiadas, con quienes comparten muchas características (Fano *et al* 2016). En los yacimientos de los Gitanos, el Mirón y Arenillas, la baja frecuencia de núcleos sugiere que las primeras fases de la secuencia tecnológica no tenían lugar en esos sitios, si no fuera de los mismos, o bien en áreas aún no excavadas (Straus y González Morales 2012; Ontañón-Peredo *et al* 2013). Sin embargo, el caso contrario se da en Herriko Barra y Kobaederra, donde se da una producción total de la creación de útiles líticos en el mismo yacimiento (Zapata *et al* 1997; Iriarte *et al* 2005).

No se observa además ningún cambio significativo en las técnicas usadas ni en los objetos obtenidos al compararlos con los procedentes de yacimientos mesolíticos (Iriarte *et al* 2005), ni tampoco en las materias primas que se usaron, todas ellas procedentes de las cercanías de los yacimientos, aunque siguen existiendo redes de intercambio (Straus y González Morales 2012). Esta existencia de redes de intercambio está bien demostrada desde tiempos anteriores y jugó un papel crucial en la introducción de las novedades neolíticas en la región.

Llama la atención la gran cantidad de microlitos encontrados en este periodo, ya que estudios funcionales como el de los restos líticos de Kobaederra, muestran que eran usados solamente como proyectiles, sin que se hayan encontrado útiles específicos para la recogida de la cosecha (Ibáñez 2001). De hecho, las hachas de piedra pulimentadas que se han encontrado solamente pueden atribuirse con seguridad a partir del final del V mil cal BC (Jordá *et al* 2008; Mujika y Edeso 2011). Ya durante el IV milenio cal BC, se puede observar, especialmente asociado a ofrendas situadas en complejos funerarios, una mezcla de estos objetos nuevos como las hachas, junto con otros más antiguos como los picos asturienses o los microlitos (Marqués 2011; Pétrequin *et al* 2012).

Pero el Neolítico, así como su definición, no se explica solamente con los cambios socioeconómicos y materiales que tuvieron lugar y se han explicado anteriormente. La neolitización también supone un cambio de ideología de las poblaciones que aceptaron este nuevo modo de vida, del cual el registro funerario da buena cuenta. Este planteamiento, surgido de las interpretaciones postprocesualistas del registro arqueológico de los años 80, es crucial para entender el cómo y el por qué se produjo este proceso, especialmente a la hora de estudiar la adquisición de este “pack Neolítico” por parte de las poblaciones locales. Para entender estos cambios es importante recurrir al

registro funerario de este periodo, el cual muestra diferencias pero también similitudes con el Mesolítico.

La primera diferencia y muy notable es, en comparación con el periodo anterior, la poca evidencia arqueológica que existe, ya que solamente se conocen tres casos durante esta transición, difíciles de asegurar a un periodo u otro debido a los cambios que estaban ocurriendo. Esto ocurre en el caso de los Canes, como se analizará en detalle más adelante. Otros yacimientos con casos similares son: Portillo del Arenal, con una secuencia que ocupa desde la Prehistoria hasta la Edad Media con una gran cantidad de objetos, y dos dataciones sobre hueso humanos: una dudosa de principios o mediados del V milenio cal BC, y otra del IV milenio cal BC (Muñoz y Morlote 2010; Gutiérrez Cuenca y Hierro 2010); y Lumentxa, donde un individuo que se pensó sería neolítico arrojó fechas de finales del VI milenio cal BC (Arias 2005).

Para finales del V milenio cal BC, existe más evidencia, aunque esta sigue siendo bastante escasa aún. El enterramiento de la cueva de Marizulo, de un hombre adulto en torno a los 25 años de edad, enterrado con un perro y un cordero. (Laborde *et al* 1967). Las fechas se obtuvieron analizando el esqueleto humano y el cordero, dando fechas de finales del V milenio cal BC y despejando la duda acerca de la adscripción temporal del enterramiento (Altuna 1972; Alday y Mijuka 1999), ya que este individuo se encontró en un nivel con un enterramiento colectivo posterior, posiblemente Calcolítico o del Bronce (Laborde *et al* 1965, 1966, 1967). En Linatzeta, donde ya se encontró un enterramiento mesolítico (mencionado anteriormente), se ha conseguido datar otro resto humano a finales del V milenio cal BC (Tapia *et al* 2008); en el yacimiento de Ekain, la mandíbula de un individuo infantil enterrado, el cual atravesaba varios niveles culturalmente anteriores, fue datada a comienzos del IV milenio cal BC (Altuna 2009); y finalmente, en Cueva del Calero II, un fragmento de cerámica posiblemente asociado a los restos humanos encontrados en la cueva, proporcionó una datación de mediados del IV milenio cal BC (Muñoz y Morlote 2000).

Como puede observarse, y a pesar de la escasa evidencia, se continúa la tradición mesolítica de los enterramientos individuales en cuevas. Sin embargo, no se puede hablar de la evidencia funeraria durante el Neolítico sin recurrir al megalitismo, aunque este sea hoy en día considera el último paso del proceso de Neolitización y existan evidencias de contacto entre grupos mesolíticos y neolíticos (Arias 2007). Este hecho supone además una expansión hacia tierras más interiores y elevadas, llegando a situarse algunas

estructuras por encima de los 1800 metros de altitud, aunque las zonas situadas en la actual administración de Cantabria es donde se encuentran en menor número, comparado con Asturias y País Vasco (Arias *et al* 2006, Arias 2007). La llegada y consolidación del megalitismo en la región cantábrica se produce al mismo tiempo que en el resto de la Península Ibérica, teniendo un efecto homogeneizador por todo el neolítico peninsular, con una gran concentración de fechas alrededor del 4100 - 3900 cal BC y alargándose su uso hasta la Edad del Bronce (Arias *et al* 2006; Mujika 2007; Fano *et al* 2015).

El megalitismo presenta además dos características regionales en la zona que nos ocupa. La primera es la ausencia de corredores que conecten el exterior y el interior de la estructura (Arias *et al* 2006, Arias 2007). Esto es llamativo ya que este tipo de corredores sí están presentes en las edificaciones encontradas en regiones próximas a la región cantábrica, como es Galicia y la región del Ebro (Teira 1994, 1995). Por regla general, las cámaras internas son pequeñas y sin divisiones, en torno a los dos metros cuadrados y formadas por ortostatos, si bien el diámetro del túmulo puede variar desde los 6 hasta los 30 metros (Fano *et al* 2016). Existen sin embargo excepciones a esta regla, como el caso de la necrópolis de Monte Areo (Asturias) donde se ha encontrado un dolmen con entrada, sin ser esta un corredor de los anteriormente mencionados, o los monumentos de Santa Cruz (Asturias) y Cotero de la Mina (Cantabria), famosos por sus grandes dimensiones. En el caso de Santa Cruz, la longitud de la estructura es de 37 metros de diámetro, mientras que en Cotero de la Mina se encuentra una cámara interna de 5 metros de diámetro (del Sella y Vega del Sella 1919; de Blas 1999; Armendáriz y Teira 2008). La segunda característica se trata de la llamativa presencia de microlitos y otros útiles líticos realizados con materias primas de gran calidad en los ajuares (Arias 2012), observándose una tendencia con el tiempo a ajuares más ricos, como el caso de Mata'l Casare, donde se encontró un anillo de oro (de Blas 1994). Se demuestra entonces una dualidad en la evidencia funeraria durante el proceso de neolitización, mientras que los enterramientos individuales en cuevas continúan, aparecen los enterramientos colectivos en monumentos megalíticos, y ambas tradiciones se mantienen, especialmente a lo largo del IV milenio cal BC de una manera que aún no entendemos.

Como se ha podido observar a lo largo de este apartado, la neolitización de la región cantábrica sigue un proceso propio, el cual merece seguir estudiándose para llegar a una mejor comprensión del mismo. Mientras que los yacimientos mesolíticos, especialmente los concheros, abundan en la zona más occidental de la región, es por la

zona del este por donde se introdujeron las innovaciones neolíticas. Sin embargo, la neolitización en toda la cornisa cantábrica no tuvo lugar rápida ni uniformemente, sino que los datos muestran cómo se produjo una situación de mosaico en el que se puede observar en el mismo periodo una gradación entre los yacimientos neolíticos y los yacimientos mesolíticos, con situaciones intermedias. Así, por ejemplo, mientras la existencia de trigo en la cueva del Mirón hacia el 4400 cal BC (Peña-Chocarro *et al* 2005a, Peña *et al* 2005b), junto a un elevado porcentaje de restos óseos de animales domésticos (70-80%) muestra una adaptación muy rápida a la neolitización, al igual que en los yacimientos de Arenaza y los Gitanos, en la cueva de Kobaderra ambos tipos de subsistencia coexistieron, otros yacimientos muestran una continuidad total con el Mesolítico, con gran porcentaje de especies salvajes en el registro arqueozoológico, y llegando incluso a intensificar la recolección de marisco (Arias 2007, Fano *et al* 2013), si bien es cierto que existe la posibilidad, aunque mínima, ya que no se han localizado asentamientos al aire libre, de que fuesen grupos ya neolíticos que continuaron cazando y recolectando como complementación a los otros productos, una situación ya propuesta en otras áreas geográficas con anterioridad (Binder 1991). En esta gradación cabe mencionar la presencia de cerámica en yacimientos en los que, sin embargo, no se observa evidencia de especies domésticas, ni animales ni vegetales (Cubas 2013). Tal es el caso de los Canes, como se verá en el apartado dedicado a este sitio (Arias 2002). Lo cual lleva a preguntarnos para qué usaron esos recipientes, qué ventajas les supuso acceder a esa tecnología, y por qué aceptaron esa innovación y no otras.

Sobre el debate acerca de la introducción de las novedades en la región, la zona alta del Ebro- Meseta Norte y el sur de Francia son las áreas más probables (Zapata *et al* 2007), con lo cual la hipótesis de una introducción a través de una ruta marina a lo largo de la costa portuguesa, en la que se irían creando enclaves de neolitización está ya bastante rechazada (Zilhao 2003). La evidencia cerámica no soluciona mucho en este debate, debido no solo a su escasez, sino a las diferencias tipológicas y estilísticas con regiones cercanas (Cubas 2013). La evidencia genética también respalda el importante rol que tuvieron las poblaciones locales en el proceso de neolitización. Así según estudios recientes (Olalde *et al* 2019; Villalba-Mouco *et al* 2019), se observa flujo génico de cazadores-recolectores centroeuropeos que afectó al noroeste peninsular pero no a las regiones situadas más al sur, estableciéndose así en el norte peninsular dos linajes para estos grupos. Es en el Neolítico cuando se observa la entrada de flujo génico de haplotipos

relacionados con el Neolítico de Anatolia, si bien con el paso del tiempo, hasta la Edad del Cobre, también se produce un incremento de la ascendencia relativa a los grupos de cazadores-recolectores locales (Olalde *et al* 2019, Villalba-Mouco *et al* 2019). Similares resultados se obtuvieron en otros estudios, en los que la contribución genética por parte de mujeres no locales, o de regiones donde se desarrolló el Neolítico era mínima (Hervella *et al* 2012), contradiciendo así el modelo de sustitución poblacional anteriormente propuesto, y dando valor a la resistencia de las poblaciones locales frente al cambio y su participación directa en los mismos. La continuidad que aparece en el registro funerario, tanto los picos asturienses como los métodos de enterramiento y deposición de los difuntos, es otra prueba en contra del reemplazo de estas poblaciones y a favor de la pervivencia de los grupos locales.

La diferencia temporal entre el inicio del Neolítico en la zona alta del Ebro y en la región cantábrica sigue siendo llamativa, sobre todo teniendo en cuenta la cercanía y fácil comunicación entre ambas regiones a través de esa zona (Fano *et al* 2015), hecho reflejado en el registro arqueológico: materias primas para industria lítica del valle del Ebro en yacimientos del actual País Vasco (Fernández Eraso *et al* 2005), similitudes técnicas y estilísticas como el retoque Helwan en yacimientos de ambas regiones (incluido la cueva de los Canes) (Arias 2007), o la presencia de conchas marinas en sitios del valle alto del Ebro (Álvarez Fernández 2006). Estas redes de intercambio permitieron la transmisión de la cultura neolítica a las poblaciones que habitaban la región cantábrica, produciéndose un proceso de aculturación por parte de los locales como se observa por la gran similitud técnica y simbólica entre ambos periodos (Arias y Fano 2003). Esta situación se mantuvo hasta la aparición del megalitismo en la región, hacia el 4100 - 3900 cal Ac, y el efecto homogeneizador que tuvo en toda la región cantábrica. Ahora bien, la aceptación por parte de las población indígena de estos cambios culturales tiene dos posibles explicaciones: la primera relaciona los cambios acontecidos con el desarrollo de una sociedad compleja de recolectores-cazadores, razón por la cual se observa cómo estos grupos aceptan ciertas innovaciones neolíticas, representadas por restos cerámicos en contextos de poblaciones no productoras, mientras otras innovaciones tardan en ser incorporadas. La segunda explicación relaciona dicho cambio con posibles problemas de subsistencia entre dichos grupos (Arias 2007). La presencia, ya mencionada anteriormente, del crecimiento poblacional, de signos de estrés, de una muy probable territorialización del espacio disponible, así como una intensificación en la recolección

de marisco, parecen indicar que el sistema de sustento de estas poblaciones pudo estar al borde del colapso, siendo la agricultura una solución a este problema. Solución probablemente aceptada socialmente entre dichos grupos.

Con posterioridad al Neolítico, se inician las Edades de los Metales: Cobre (Calcolítico), Bronce y Hierro. Sin embargo, estas etapas se encuentran poco estudiadas en la región cantábrica, al contrario que las anteriores, donde se han concentrado más los esfuerzos investigadores. Además, hay que tener en cuenta no solo los factores tafonómicos que afectan a la conservación de los yacimientos, sino también la densa vegetación que cubre el territorio, afectando tanto a la propia conservación como al tratar de localizar este tipo de yacimientos al aire libre que supuestamente se incrementan en número tras este periodo (Ontañón 2012). De hecho, los primeros yacimientos de cierto tamaño y que no están localizados en cuevas están datados en el I milenio cal BC, perteneciente a la cultura castreña de la Edad del Hierro (Arias *et al* 2004), al contrario que ocurre en otras zonas, como en el sur de la Península Ibérica. Incluso en muchos casos, los hallazgos de materiales pertenecientes, sobre todo, al Bronce medio y final, fueron encontrados totalmente descontextualizados de una secuencia estratigráfica aunque por sus características morfológicas pudieron adscribirse a estos momentos (Blas y Fernández Manzano 1992; Arias y Armendáriz 1998; Fernández Manzano y Arias 1999; Ontañón 2012).

De entre los pocos estudios sobre el Calcolítico en la cornisa cantábrica hay que resaltar la tesis de Roberto Ontañón (2001) y su posterior publicación (2003). En el apartado que sigue a continuación, se va a explicar cómo se produjeron los cambios asociados a las dos primeras etapas (Calcolítico y Bronce) en la región que nos ocupa, que al igual que periodos anteriores, sigue un desarrollo propio distinto del resto de la Península Ibérica, motivo por el cual se va a usar el modelo propuesto por este autor para comprender un proceso que dura milenios y cuya conclusión es un nuevo sistema económico y jerarquizado. La Edad del Hierro quedaría fuera del presente trabajo ya que ninguno de los restos humanos datados y estudiados se adscriben a dicho periodo.

El Calcolítico se caracteriza por el avance tecnológico que supuso la primera metalurgia, con base en el uso de los minerales del mismo elemento; la intensificación en la producción tanto de recursos agrícolas como ganaderos, especialmente de los productos secundarios, lo cual condujo a un aumento poblacional; en la organización de dicha producción (especialización en las tareas) y su posterior distribución e intercambio con

otros grupos humanos; y en la aparición de una mayor estratificación social, observable en el registro funerario, y dando así lugar a las “sociedades complejas” (Ontañón 2003). Las dataciones para este periodo en la región cantábrica, procedentes en su mayoría de enterramientos en cuevas, se sitúan a lo largo del III milenio cal BC, siendo más frecuentes durante la primera mitad del mismo (Ontañón 2012). Así las dataciones relativas al Bronce se sitúan desde el último tercio del III mil cal BC hasta los comienzos del primero, en torno al siglo IX cal BC (Ontañón 2012).

Sin embargo, a la hora de aplicar el modelo desarrollado por Ontañón, hay que tener en cuenta que este proceso de complejización de las sociedades se produce dentro de un continuo temporal que la Arqueología ha compartimentalizado en base a la evidencia material, dando así en este caso una preferencia a los metales usados que delimitan entre una etapa (o edad) y otra. En este modelo, el autor ya avisa, que las fases que lo forman no son equivalentes a la periodización clásica, sin embargo, se realiza el esfuerzo de intentar acoplar ambos modelos, como puede observarse en la tabla 1 (Ontañón 2012).

Fase del modelo	Periodo	Cronología
Etapa de Formación	Neolítico Final-Calcolítico	Finales V mil cal BC /comienzos del IV hasta III mil cal BC
Culminación y crisis del modelo	Final del Calcolítico- Bronce Inicial	Finales del III mil cal BC hasta comienzos del II mil cal BC
Introducción y consolidación del nuevo sistema socioeconómico	Bronce medio- Bronce final	II mil cal BC hasta comienzos del I mil cal AC

Tabla 1: comparación entre las fases del modelo de Ontañón, los diferentes periodos y su cronología (modificado del autor).

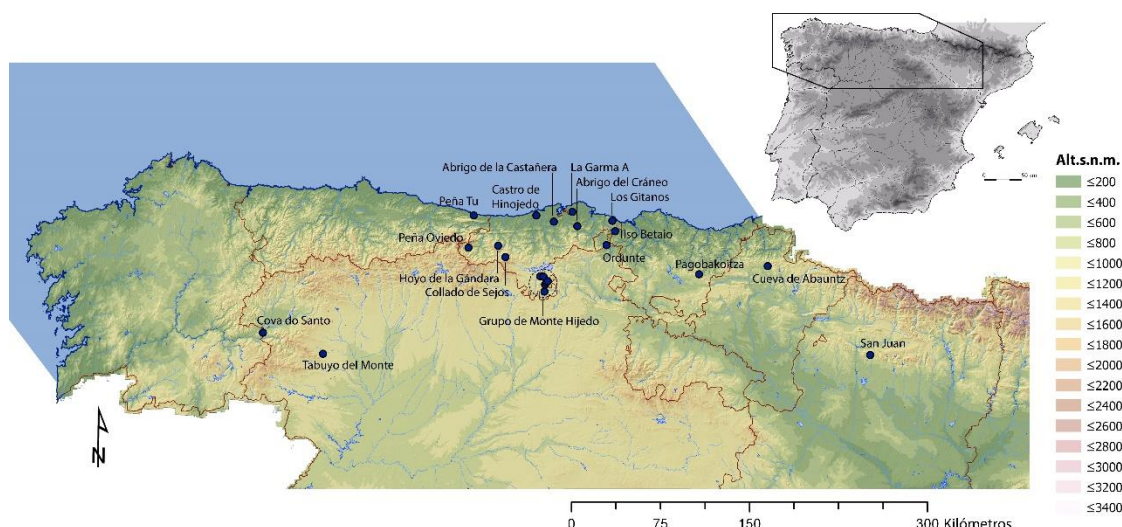


Figura 3: yacimientos de datación calcolítica y de la Edad del Bronce mencionados en este apartado.

En estos momentos tuvo lugar un clima más seco y fresco que durante el Neolítico, y aun así más caluroso que el clima actual (Fabián *et al* 2006), con un evento de aridez extrema hace 4200 años al comienzo del Megalayense, el cual supone además el límite entre el Holoceno Medio y el Holoceno Final. Este evento ha identificado en toda Europa (Fábregas *et al* 2003; Fabián *et al* 2006), que posiblemente afectaría a las poblaciones en la transición Calcolítico-Bronce, sin que sea posible conocer la magnitud de tal impacto. En la figura 3 pueden encontrarse las localizaciones de los yacimientos de ambos periodos tratados en el presente apartado.

Desde el Neolítico se produce ya una tendencia hacia una intensificación en la producción de alimentos y hacia una mayor especialización en los medios de producción. Estas tendencias conducirán a una economía autosuficiente basada en la agricultura y ganadería, con cierto aporte de caza y recolección en sus inicios, como se explicó con anterioridad. De hecho, se produce un aumento en el consumo de productos secundarios procedentes de la explotación ganadera, considerado por algunos autores como una “revolución” (Sherrat 1981, 1983), aunque en los últimos años cada vez se está discutiendo más esta consideración debido a las nuevas evidencias. De todos modos, esta intensificación productora sería observable a través de la edad y sexo de los animales sacrificados (Castaños 1983, 1984, 1995; Mariezkurrena 1990; Altuna y Mariezkurrena 2009, 2010, Álvarez- Fernández *et al* 2014). Desde el punto de vista agrícola, se cultivan más especies de cereales aparte del trigo y la cebada, como diferentes especies de mijo y legumbres (Zapata 1996, 1997, 2006; Camino 1999). Estos últimos son productos cuya

recogida se realiza en verano, indicando así la existencia de ciclos complementarios y rotación de cultivos, lo cual implica un uso intensivo de la tierra cultivable a lo largo de todo el ciclo anual. Este proceso puede observarse claramente en la cueva de los Gitanos (Cantabria), con una serie de dataciones que sitúan su ocupación durante el Neolítico y el Calcolítico (Ontañón 2000, 2005, 2008), y donde se produce una reducción del consumo de recursos cinegéticos y marinos a favor de los animales domésticos, con gran importancia del ganado vacuno sobre el ovino al final de la secuencia, aplicable a todo el contexto cantábrico posteriormente (Altuna y Mariezkurrena 2009, 2010; Álvarez-Fernández *et al* 2014).

Es durante este momento que, debido al aumento poblacional, se produce una ocupación total de la región cantábrica y se adaptan las diferencias en el relieve y los diferentes ecosistemas, complementarios entre sí, al nuevo tipo de economía de granja (Ontañón 2012). De hecho, la cercanía de ambos tipos de ecosistema, distancia que puede ser recorrida en un día o incluso en horas, al contrario que ocurre en otras zonas de la Península Ibérica, habría influido enormemente en la organización de este tipo de economía. De esta manera, los principales cultivos se encontrarían en tierras bajas y con poco relieve en la llanura costera y fondo de los valles, proporcionando alimentos para la subsistencia, humana y probablemente también animal, durante todo el año debido al sistema de rotación de cultivos (Ontañón 2012). Las tierras más altas, y con peores condiciones climáticas, se dedicarían al pastoreo y el cultivo de cereales que más aptos como el centeno y alguna variación del trigo (Ontañón 2012). Se establecería así una alternancia entre las tierras altas, usadas más en verano, y las bajas, en invierno (Ontañón 2012). El uso de los pastos de montañas para el ganado permitiría mantener grandes rebaños con un coste reducido, ya que no habría que usar los productos de la agricultura para alimentarlos, y además sin competir por el espacio dedicado para los cultivos (Ontañón 2012).

Esta intensificación, no se materializa en diferencias espaciales en los espacios habitacionales, que siguen siendo en cuevas al menos hasta finales del III milenio cal BC, ni tampoco se observa una jerarquización en la división del espacio como sí ocurre en yacimientos coetáneos en otros lugares de la Península Ibérica, como en el caso de los Millares. Los pocos sitios al aire libre que se han localizado durante este periodo indican la existencia aún de grupos pequeños, como en el caso de Castro de Hinojedo y Peña

Oviedo, ambos en Cantabria, o Ilso Betaio y Ordunte en Bizkaia (Díez Castillo 1995; Ontañón 1995; Yarritu y Gorrotxategi 1995).

Acorde con esta poca jerarquización, se observa una tendencia a la homogeneización de la tecnología lítica a lo largo de toda el área cantábrica (Ontañón 2001), probablemente relacionada con la llegada del megalitismo a esta región, como se mencionó anteriormente. En esa misma dirección, la metalurgia muestra unos patrones de producción muy estandarizados (Ontañón 2012). De hecho, esta actividad es esencial hacia el camino a una mayor complejidad social, debido a la especialización que requieren estos trabajos (Ontañón 2012). Las primeras evidencias del trabajo en cobre proceden de comienzos del III milenio cal BC, en los cuales se encuentra arsénico de forma natural, para luego desarrollar las aleaciones que darán lugar al bronce (cobre y estaño) así como aleaciones ternarias (cobre, estaño y plomo), inservibles a nivel funcional pero con propósito simbólico/ritual (Arias *et al* 2005). Sin embargo, aparece cierta variación regional ya que en sus comienzos, la mayoría del trabajo metalúrgico se localiza en la zona de Asturias y el este de País vasco, siendo el primero de donde proceden las evidencias más antiguas, ya que es en estas zonas donde con la tecnología disponible es posible realizar este tipo de actividades (Arias *et al* 2005). Es en la parte asturiana donde se ha podido registrar todo el proceso, desde la minería hasta la producción final y su posterior acumulación (Blas Cortina 1983, 1987, 1998). La alta producción de cobre en esta zona fomentaría redes de intercambio, incluso a largas distancias, con otras zonas en esta época (Blas Cortina y Fernández-Tresguerres 1989; Delibes *et al* 1995; Comendador 1997; Blas Cortina 2011), como atestiguaría la presencia del campaniforme en la región cantábrica.

La presencia del campaniforme en la cornisa cantábrica es realmente anecdótica, y esto se debe a dos factores: la poca evidencia arqueológica y su procedencia, y el escaso interés que ha despertado entre investigadores en la región, como se ha mencionado ya, enfocados en otros períodos prehistóricos. La evidencia actual parece mostrar un fenómeno de poco impacto en la región, que en ningún caso supuso una ruptura con la cultura anterior, sino la agregación de ciertos componentes (Ontañón 2003; de Blas y Rodríguez del Cueto 2015).

Se produce además la llamada “desintegración cantábrica del campaniforme” (Ontañón 2003), que es una disociación entre la cerámica de este periodo y el resto del “pack campaniforme”: brazales de arquero, botones con perforación en V, puñales de

espigo y puntas tipo Palmela (Ontañón 2003). Solamente en dos yacimientos, Pagobakoitza (Guipuzkoa) y Abrigo del Cráneo (Cantabria) se encuentra cerámica junto a un puñal y un botón en V en el primer caso (Aranzadi *et al* 1919; Ontañón 2002), y junto a una punta palmela en el segundo (Molinero *et al* 1985; Ontañón 2000, 2001). Esta desintegración también afecta a los distintos elementos no cerámicos, que rara vez se encuentran más de uno en el mismo yacimiento. Solo dos casos: Picos Ramos-3 (Vizcaya) en el que junto a un botón en V aparece una pieza metálica, posiblemente un puñal o una punta (Zapata 1995), y el enterramiento de Kobeaga I (Vizcaya) donde se encontró un botón en V y un brazal de arquero (Apellániz y Nolte 1969).

Además, la distribución tanto de cada elemento como del conjunto de evidencia del campaniforme no es uniforme a lo largo de la región cantábrica. Así, teniendo en cuenta el número de elementos y la superficie de cada provincia que compone el área de estudio, se observa una clina en la densidad de hallazgos desde el este, donde el valor es mayor, hacia el oeste (Guipuzkoa, Vizcaya, Cantabria y Asturias) (Ontañón 2003). De hecho, los botones en V están restringidos a las dos provincias más orientales, mientras que las puntas de Palmela se sitúan en la región central y occidental (Ontañón 2003). Así, teniendo en cuenta la densidad de hallazgos, la entrada del campaniforme en la región cantábrica habría tenido lugar por su extremo oriental, al igual que ocurrió con el Neolítico, con contactos ocasionales en otras zonas como parecen atestiguar las puntas Palmela (Ontañón 2003).

Durante el Calcolítico y el Bronce, se producen también una serie de cambios en los procesos funerarios que proporcionan información sobre las transformaciones que están sucediendo en las sociedades de estas épocas. La mayor parte de la evidencia funeraria se encuentra localizada en las estructuras megalíticas (cerca de 1400 casos), seguido de depósitos en cuevas (en torno a 360), y solo dos enterramientos en galerías de minas (Ontañón y Armendáriz 2005). Durante todo el proceso los rituales funerarios sufrieron tres grandes cambios relacionados entre sí: la reducción del número de enterramientos en cada estructura, pasando de colectivos a individuales; la localización de los mismos, desde las estructuras megalíticas a un aumento de estos en cuevas; y un aumento cuantitativo y cualitativo en el ajuar, con la acumulación de bienes en la tumba (Ontañón 2012). Así, el centro simbólico del enterramiento pasa a ser el cuerpo inhumado en ese lugar, que mantendrá a perpetuidad su identidad de manera intacta (Thomas 1991).

Existe además una diferencia orográfica en altura en la distribución de las estructuras funerarias, encontrándose las cuevas sepulcrales en su mayoría en las tierras bajas donde durante todo el año se estarían desarrollando las principales actividades de subsistencia (Ontañón y Armendáriz 2005), mientras que las estructuras megalíticas, especialmente dólmenes, tienden a erigirse en zonas de más altura, donde existen menos asentamientos y están más dissociadas de estas actividades con excepción de la ganadería (Ontañón y Armendáriz 2005). Estas estructuras además están ubicadas en puntos muy visibles del territorio, por lo que se les ha supuesto una función de dominio sobre el paisaje como marcadores (Teira 1994). Incluso, y a pesar de la poca evidencia arqueológica existente, parecería existir sutiles diferencias en el ajuar encontrado en ambos tipos de estructuras, ya que los elementos metálicos se han encontrado en contextos de cuevas, salvo un caso megalítico muy dudoso (Ontañón 2003), y las diferencias estilísticas en la decoración cerámica entre ambas categorías, a la que habría que añadir un componente además geográfico longitudinal, con ciertos tipos encontrándose solamente en cierta área de la región. Sin embargo, estas diferencias en el ajuar según el lugar no se corresponden con diferencias en la identidad de los sujetos ahí depositados, ya que no hay diferencias respecto a sexo o edad, y cuando esta se ha detectado se ha relacionado con factores tafonómicos y postdeposicionales (Armendáriz y Etxeberria 1995). En los entierros colectivos, algunos con unos NMI bastante altos, se observa apilamientos de restos anteriores para hacer hueco a los nuevos individuos, sin que esto suponga ningún tipo de inhumación secundaria (Ontañón y Armendáriz 2005). Lo que parece observarse además es cierta tendencia temporal, gracias a los objetos encontrados en ambos contextos, por la cual los enterramientos megalíticos serían más antiguos que aquellos realizados en cuevas, posiblemente como una tradición heredada desde el Neolítico, momento en el que se produjo la aparición del megalitismo en la región a lo largo del V y IV milenio cal BC (Ontañón y Armendáriz 2005; Ontañón 2012). A lo largo del III milenio cal BC, es cuando se produce el abandono de las estructuras megalíticas a favor de las cuevas sepulcrales (Ontañón 2012).

Todos estos cambios en el registro funerario, especialmente la individualidad del cuerpo, pueden observarse como la permanencia de tradiciones más antiguas al mismo tiempo que se introducen unas nuevas. El propósito de continuar usando los lugares de enterramiento, rompiendo con la tradición colectiva y comunal previa, sería afirmar y legitimar socialmente el nuevo estatus de algunos miembros en una sociedad que

comienza a jerarquizarse (Ontañón 2012). Sería también una manera de imponerse a una resistencia por parte de la comunidad hacia estas élites incipientes, justificando su privilegio al situarse a ellos mismos en el centro de la tradición funeraria (Ontañón 2012). De hecho, la evidencia de orfebrería, al contrario que la de otras piezas de metal, solamente ha sido encontrada en contextos sepulcrales (Blas Cortina 2011), como el anillo de Mata'l Casare y la lámina del dolmen de Chao das Chaguas, ambos en oro (Blas Cortina 1994).

En este momento aparece además una iconografía específica relacionada con los monumentos megalíticos a lo largo de finales del III milenio y comienzos del II milenio cal BC (Ontañón 2012), dividida en dos grupos. El primer grupo corresponde al tipo “Peña Tú”: formas cuadrangulares divididas con bandas horizontales, a veces con motivos en zigzag dentro de cada una, y acompañado de un arma filosa (Ontañón 2012). Los más conocidos son el ídolo de Peña Tú en Asturias, que da nombre al grupo (Bueno Ramírez y Fernández Miranda 1981), Hoyo de la Gándara y Collado de Sejos en Cantabria (Bueno Ramírez 1982; Bueno Ramírez *et al* 1985; Saro y Teira 1992; Teira y Ontañón 2000), e incluso se ha registrado un ídolo de este estilo en la parte sur de la Cordillera Cantábrica, en el sitio de Tabuyo del Monte en León (Almagro 1972).

El segundo grupo se encuentra geográficamente más concentrado, en el entorno del monte Hijedo de Cantabria, en la parte sur de la Cordillera Cantábrica formando parte del alto valle del Ebro. Se trata de los yacimientos de La Serna, El Redular, Portillo Viejo y Peña Lastrosa, siendo este último el más importante del conjunto. Este grupo se caracteriza por grabados en roca esquemáticos y repetitivos formando arcos, los cuales estarían simbolizando figuras humanas, a veces acompañados por armas filosas (Teira y Ontañón 1996, 1997, 2000). En el caso de Peña Lastrosa, en el centro de la secuencia se encuentra un arco mayor que el resto portando un arma, lo cual lo diferencia del resto de la serie (Teira y Ontañón 1996, 1997, 2000). La estatua-estela de Salcedo (Cantabria), que pertenece a este mismo estilo iconográfico, permite además estudiar las soluciones tridimensionales ajustadas a otro tipo de soporte (Teira y Ontañón 2016).

Ambos tipos de iconografía se interpretan así como una representación simbólica de la jerarquización existente entre estos grupos, en el que se da importancia a una figura individual a la que un arma diferencia incluso más del resto de la comunidad (Ontañón 2012). La amplia distribución del primer tipo de iconografía incluso estaría hablando de la existencia de una identidad social y cultural compartida por los grupos que habitaron

la región cantábrica, superando a las propias unidades de población locales que participarían de dicha identidad, en un contexto en el que se estaba produciendo la creación de un nuevo orden social (Ontañón 2012), además de estar presente en una zona con gran concentración de estructuras megalíticas (Blas Cortina 2011).

Este proceso de individualización ha sido estudiado también por Almudena Hernando (2012) dentro de un contexto de aparición de la desigualdad de género además de la jerarquización de las sociedades. Esta autora diferencia entre la identidad relacional y la identidad individual. La primera basada en los vínculos creados en el grupo, construida a través del cuerpo y de las acciones y no auto-reflexiva. La segunda todo lo contrario: basada en el individuo (el yo), construida por la mente a través un proceso auto-reflexivo (Hernando 2012). Los hombres, a pesar de asumir dicha identidad individual siguen manteniendo la necesidad de sentirse parte de un grupo, necesario además para su supervivencia. Esto lo consiguen a través de la identidad relacional mantenida por las mujeres del grupo, y de las alianzas entre pares, este último con un componente jerárquico (Hernando 2012).

Los enterramientos individualizados megalíticos con el “pack campaniforme”, ampliamente distribuidos por Europa e indicativos ya de cierta jerarquización, estarían mostrando tanto un distanciamiento de esos individuos masculinos del resto de su grupo, como la identificación con otro grupo distinto: el de hombres con poder dentro de su área de interacción socioeconómica, visibilizándolo a través de la vestimenta, la cultura material y el ajuar funerario (Hernando 2012). En la región cantábrica asistimos también a este proceso de individualización y jerarquización de ciertas personas, sin embargo, también se produce la “fragmentación” de dicho conjunto campaniforme, lo cual nos llevaría a pensar que, o bien este proceso no fue tan fuerte como en el resto de Europa, o bien estas élites nacientes precisaban de menos cultura material para legitimarse en la nueva escala social.

Los estudios genéticos más recientes (Olalde *et al* 2019), muestran como durante el Neolítico se incrementa la frecuencia génica de los grupos mesolíticos a la vez que descende la carga genética de aquellas poblaciones neolíticas que llegaron a la Península Ibérica, y además se producen contactos esporádicos entre el sur de la península y el norte de África. Durante el Calcolítico y el Bronce, se produjeron procesos migratorios hacia la Península Ibérica por parte de poblaciones del centro y norte de Europa, más concretamente de la estepa pónica, cercana al Mar Caspio (Olalde *et al* 2019), que se

uniría a la población local durante la edad del Bronce. Estas migraciones serían en su mayoría hechas por hombres, como muestra el reemplazo casi total de las líneas de cromosoma Y presentes con anterioridad, y la poca presencia de cromosomas X no locales (Olalde *et al* 2019). Si bien habría una menor cantidad de ascendencia procedente de la estepa pónica en el cromosoma X masculino, heredado por vía materna, en comparación con la ascendencia que se calcularía a nivel autosómico, aportada por ambos progenitores. Si solo se hereda por vía paterna, es de esperar una mayor ascendencia de la estepa pónica en los autosomas que en el cromosoma X de individuos genéticamente masculinos

Así, volviendo al modelo de tres etapas que nos ocupa (Formación, Culminación y Crisis, y Consolidación de un nuevo sistema), la primera etapa corresponde al Neolítico Final y se extiende a lo largo del Calcolítico. Se produce un aumento de la intensificación así como de la productividad, lo cual cambia la relación entre los grupos humanos y con el medio que los rodea, expresado como un mayor sedentarismo y trabajo de la tierra, así como un crecimiento demográfico, llegando a ocuparse mayor parte del territorio cantábrico (Ontañón 2012).

La culminación de este proceso tendrá lugar a finales del III milenio cal BC, en la transición entre el Calcolítico y el Bronce. En este momento se volvería a producir otra intensificación del trabajo para poder mantener a la población, que habría alcanzado el límite de carga del ecosistema (Ontañón 2012), abandonando completamente la caza y la recolección, que había sido esporádicas ya durante la etapa anterior. Una consecuencia de esta nueva intensificación sería la aparición de los excedentes en la producción, para la creación de reservas y alimentación, así como la posibilidad de acaparación de los mismos por parte de una minoría, produciéndose un inicio en la desigualdad social, e incluso de conflictos intergrupales (Ontañón 2012). Estos excedentes permitirían además la dedicación de algunos miembros del grupo a otras actividades no relacionadas con la subsistencia, como es la metalurgia (Ontañón 2012).

La consecuencia de estos cambios es la implementación de un nuevo sistema económico, la tercera fase, a lo largo del II milenio cal BC y comienzos del primero, en las últimas etapas de Bronce y antes de comienzo de la edad del Hierro (Ontañón 2012), durante la cual se adquieren bienes importantes a través de grandes redes de intercambio, que más tarde se acumularían en ofrendes, enterramientos o tesoros (Ontañón 2012). La gran cantidad de armas encontradas, así como su representación iconográfica, sería así un

elemento de dominación de estas élites sobre el resto del grupo, posiblemente con algún tipo de coerción sobre el mismo (Ontañón 2012). Además, tanto la dispersión geográfica como la estabilidad temporal de estos elementos darían cuenta de la importancia de las redes de intercambio, en la que la región cantábrica se encontraría situada dentro del “Bronce Atlántico” (Macwhite 1951; Ruíz-Gálvez 1987; Ontañón 2012). Sin embargo, estos objetos y armas, no serían la causa de la desigualdad social que aparece en este momento, cuyas bases serían económicas, si no una manifestación de la misma y un instrumento para alcanzarla (Ontañón 2012).

El desarrollo de una población de gran número se basa en tres premisas: aumento poblacional, tecnología adecuada para explotar el medio, y los recursos necesarios para sustentar dicho grupo (Ontañón 2012). Las características orográficas y ambientales de la cornisa cantábrica habrían condicionado de cierta manera la producción de dichos recursos, afectando así al desarrollo de las estructuras sociales locales (Ontañón 2012). Estas diferencias climáticas marcarían una productividad diferencial entre unos individuos y otros. Sin embargo, en la región cantábrica, la ganadería y todo el complejo de explotación anteriormente mencionado (tierras bajas para cultivos y el invierno, tierras altas para el ganado y el verano) sería la causa principal, que no la única, que estaría en el inicio de la desigual social (Ontañón 2012). Además, el ganado es un recurso fácilmente desplazable, intercambiable y robable, con la consecuente aparición de conflictos intra e intergrupales, que demandarían de una solución incluso por la fuerza, lo cual con el paso del tiempo, resultaría en un privilegio en el acceso a recursos tales como tierras, semillas y ganado, y en el control por parte de la élite de la producción del grupo (Ontañón 2012).

Sin embargo, al contrario que Ontañón, que supone un modelo de centro-periferia en el cual el centro estaría en la Meseta Norte y la periferia sería la región cantábrica, basado en la inexistencia de asentamientos permanentes al aire libre, incluso fortificados, y la fragmentación del Campaniforme, otros autores sugieren estudiar la Cordillera Cantábrica como una zona de frontera entre dos modos de vida: el mesetario y el cantábrico (Marín Suárez 2009). Este último autor indica cómo la localización de las estructuras megalíticas de la región, especialmente los túmulos, estarían marcando además vías de comunicación, sobretodo entre el interior y la costa (Criado 1993; Marín Suárez 2009). Los ídolos que aparecen en estas construcciones, como el de Peña Tú y los

del área de Collado de Sejos y Hoyo de la Gándara, servirían además para marcar las áreas de complementación agrícola y ganadera que se comentó anteriormente.

La gran cantidad de objetos diferentes encontrados al sur de la zona cantábrica procederían así de varios grupos dedicados a la ganadería que estarían usando estas regiones (sur de Cantabria y Asturias, montaña leonesa y norte de Palencia) y así entrando en contacto (Marín Suárez 2009). Es más, estos grupos mesetarios tendrían que desplazarse muchos más kilómetros para alcanzar estas áreas de complementación, que además son ricas en cobre, lo cual implica una amplia movilidad de los mismos y explicaría la gran distribución de los grupos Cogotas en la Meseta Norte (Marín Suárez 2009). Sin embargo, estos grupos no estarían intercambiando solo objetos y otros bienes, si no también ideas, que pueden ser aceptadas o no. El rechazo a estas nuevas ideas y adherencia a los propios valores podrían haber sido además usadas por esa élite incipiente para establecer alianzas con otros grupos (Lightfoot y Martínez 1995). Así, se consideraría a las poblaciones cantábricas como *deep rurals* (González Ruibal 2012), es decir, grupos celosos de sus tradiciones y reacios a aceptar nuevas ideas, razón por la que el campaniforme quizá tuvo tan poco impacto en la región.

En esta zona de contacto, la gran cantidad de depósitos encontrados posiblemente esté más relacionado con un aumento de la mentalidad guerrera de las poblaciones mesetarias que por la situación de frontera, ya que los grupos cantábricos habrían mantenido un *ethos* comunal, motivos por los cuales las hachas y las pocas hoces se encuentran en mayor número (Marín Suárez 2009). Esto no quiere decir que los contactos no fuesen violentos, si no que en el contacto y negociación entre ambos grupos solo se usaron objetos en los que los dos pudiesen verse reflejados (Marín Suárez 2009).

La falta de yacimientos y estructuras al aire libre en la región cantábrica impide avanzar más en el estudio de estas poblaciones y la aparición de la desigualdad, ya que no se puede comprobar la presencia de construcciones fortificadas en la zona hasta más tarde, al principio del I milenio cal BC (Arias *et al* 2004), al contrario que ocurre en diferentes regiones de la Península Ibérica, como en el caso de los Millares. De esta manera, el proceso que ocurre en la cornisa cantábrica desde finales del V milenio cal BC hasta comienzos del primero tiene el mismo resultado que en el resto de la Península Ibérica y Europa, pero con variaciones regionales y locales que hacen de este área un interesante objeto de estudio poco trabajado aún.

3.- La cueva de los Canes

Toda la información relativa a este apartado se ha obtenido del trabajo presentado por el profesor Pablo Arias para la plaza de catedrático en la Universidad de Cantabria (2002). La cueva de los Canes se encuentra en el pueblo de Arangas (Concejo de Cabrales) (figura 4), en la zona este de Asturias, sobre la vertiente sur de la sierra de Cuera. A pesar de no estar situada a una gran altura sobre el nivel del mar, 325 metros de altitud, se considera un yacimiento de montaña debido a lo abrupto del relieve en los alrededores. El emplazamiento de dicha cueva también es importante y podría estar relacionado directamente con su ocupación durante la Prehistoria, ya que desde dicha posición se controlaría el valle del río Cares, lugar donde se sitúa actualmente la localidad de Arenas de Cabrales (figura 5).

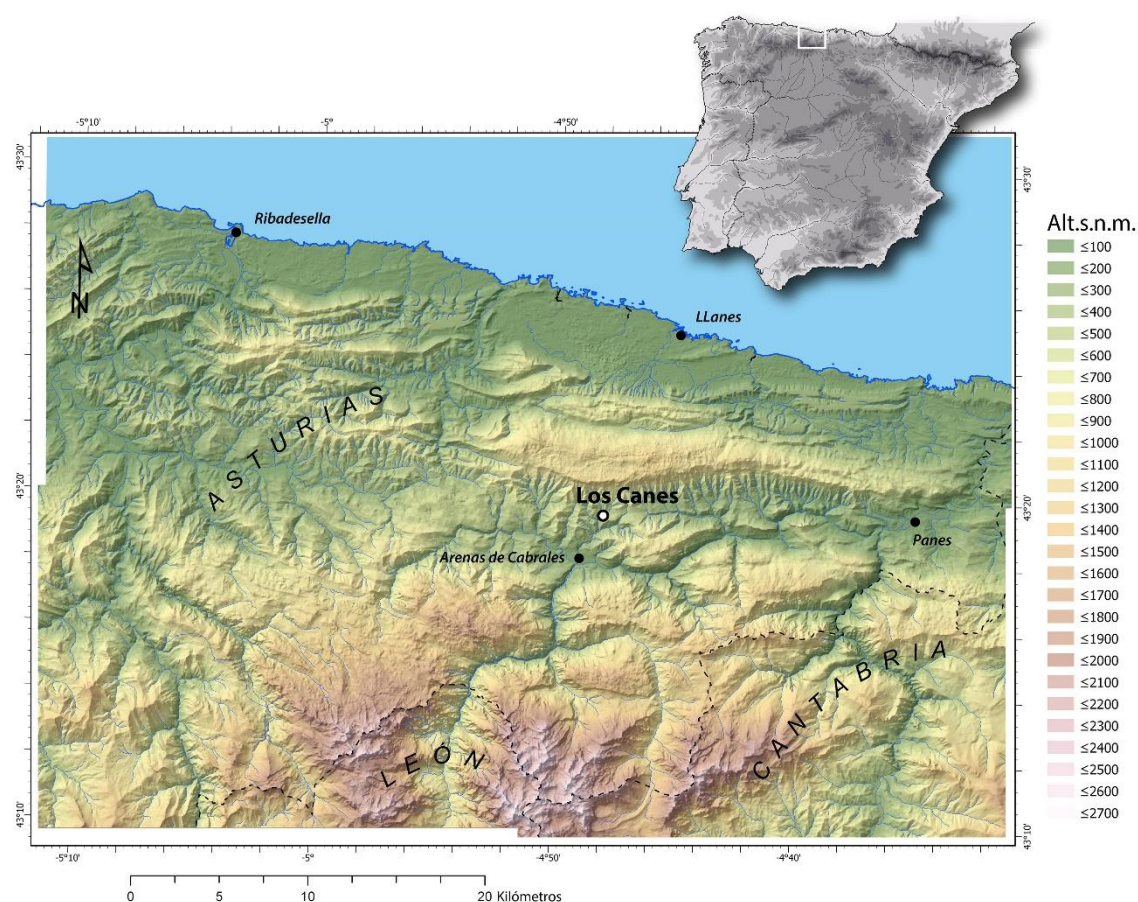


Figura 4: localización de la cueva de Los Canes en el contexto peninsular y cantábrico.

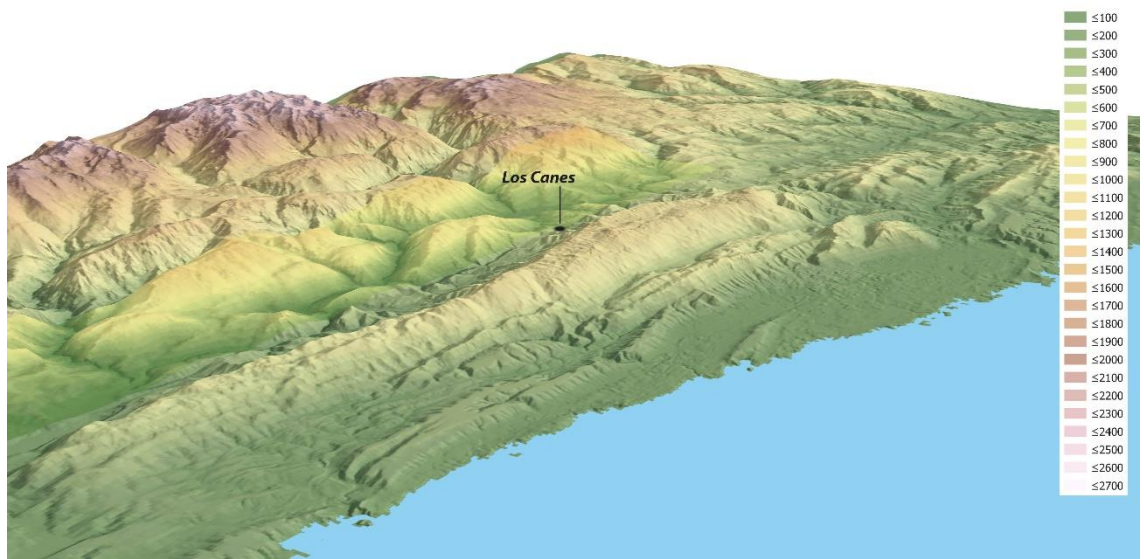


Figura 5: perspectiva del área entorno a la cueva de los Canes y su situación con respecto al mar.

La cueva consiste en una galería estrecha orientada en dirección SE-NO, de entre 1 y 2 metros de ancho, a lo largo de la mayor parte de los 50 metros de recorrido que tiene. El final de la cavidad se encuentra bloqueado por formaciones estalagmíticas que impiden acceder hacia zonas más interiores de la misma. Además, aparte de los Canes, en el mismo complejo kárstico se encuentran la cueva de Arangas y la de Tiu Llines, ambas con importantes depósitos arqueológicos también.

El material arqueológico en la cueva de los Canes se encuentra en dos lugares: situado en la boca de la cueva, en una sala de 7 metros de longitud y donde aparecieron los restos human que han sido objeto de estudio en esta tesis (figura 6), y al fondo de la cueva, donde aparecen conjuntos de grabados digitales no figurativos.

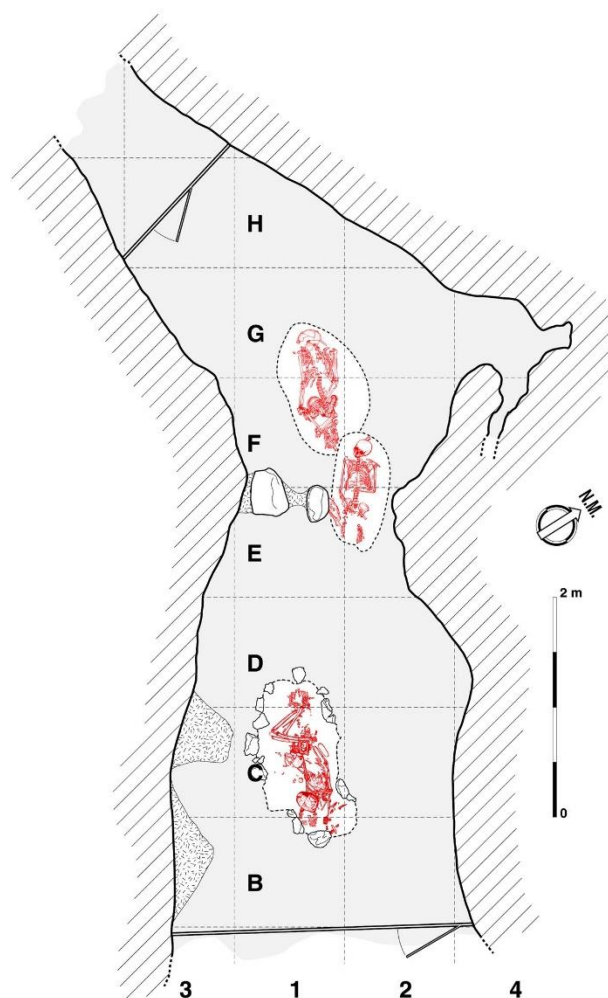


Figura 6: planta de la cueva de los Canes. Fuente: Pablo Arias Cabal.

La excavación de la cueva y la recuperación de los restos óseos humanos.

A pesar del conocimiento previo sobre el yacimiento y el descubrimiento en 1972 de los grabados digitales por parte de D. Gregorio Gil Álvarez y D. Miguel Gutiérrez, los primeros sondeos se realizaron en 1985 y se alargaron a lo largo de ocho años, hasta 1993 que se acabaron los trabajos de campo en la cueva.

La primera campaña (1985) se realizó bajo un programa de sondeos arqueológicos realizados en la Depresión Prelitoral del Oriente de Asturias, con el fin de localizar y documentar yacimientos mesolíticos, neolíticos o de las diferentes Edades de los Metales. Para poder conocer la estratigrafía del sitio se excavó la mitad sur del cuadro D1 hasta una altura de medio metro, para ser luego ampliada a todo el cuadro y a la parte oeste del cuadro C1. Fue en este lugar donde se registró la existencia de una depresión artificial y

se encontraron las piernas de un esqueleto humano en posición anatómica, lo que más tarde sería conocido como la estructura 6-II. Estos restos fueron tapados a la espera de continuar con los trabajos de excavación y recuperación en la siguiente campaña.

En 1986, se siguió excavando de la zona de la entrada, delimitando así el enterramiento de la estructura 6-II. En esta campaña también se observó el borde de lo que posteriormente sería conocido como estructura 6-I, en la que también aparecieron depositados restos óseos humanos.

Durante la campaña de 1987 se acabó de excavar la estructura 6-I, con lo cual se retiraron los restos humanos que había dentro. Además, se profundizó en la excavación de la estructura 6-II, trabajo que se terminaría en la campaña del año 1988, durante la cual los restos fueron retirados.

En la campaña de 1989 se descubrió y excavó parcialmente la estructura 6-III, en la que también se encontraron restos humanos. La excavación de esta tumba y posterior retirada de los huesos se realizó en la campaña de 1990.

Ya en las últimas campañas (1991, 1992 y 1993), no se encontraron otros esqueletos humanos, y la finalidad de las mismas fue acabar de excavar la cueva para así comprender la estratigrafía de la misma.

Durante las diferentes campañas también aparecieron otros restos humanos, dientes principalmente, no asociables a los individuos encontrados en las estructuras 6-I, 6-II y 6-III. Estos dientes, al proceder de individuos diferentes, fueron también analizados en los trabajos asociados a esta tesis.

La estratigrafía de la cueva de los Canes.

Tras los trabajos realizados en las sucesivas campañas, se interpretó la estratigrafía del yacimiento, resultando un total de once unidades estratigráficas (UE), algunas con diferentes secciones (figura 7). Debido a la apertura de estructuras por parte de los grupos humanos que usaron la cueva y su posterior relleno con sedimentos procedentes de la misma cueva, así como un uso durante varios milenios, la estratigrafía del yacimiento es bastante compleja, afectando a la localización de los restos humanos en las diferentes UE. A continuación, se detallan las mismas:

- UE 1: es la más antigua, llegando hasta la roca madre. En la misma se registró la presencia de una especie de roedor, *Pliomys lenki*.

- UE 2A: en este estrato aparece la ocupación humana más antigua de la cueva, usada de manera esporádica por los grupos humanos. Se encontró en la misma una punta solutrense, lo que permitió datarla.

- UE 2B: esta es posterior a la UE 2A, en la que también aparecen ocupaciones esporádicas y durante la cual se produciría la transición del Solutrense al Magdaleniense.

- UE 2C: este estrato corresponde al Magdaleniense Superior Inicial. En él aparecieron un arpón con una hilera de dientes así como muchos buriles e industria ósea.

- UE 3A: estrato correspondiente al Magdaleniense Superior Final.

- UE 3B: en esta UE ocurre la transición del Magdaleniense al Aziliense, con desaparición de la industria ósea. Además, existe una discordancia en el contacto con la UE anterior (3A).

- UE 3C: estrato Aziliense.

- UE 4: UE correspondiente al periodo Aziliense Tardío/Mesolítico

- UE 5: esta UE está localizada en el fondo del vestíbulo y está relacionada con una corriente de agua que circuló por el mismo, removiendo y mezclando así parte de la estratigrafía anterior. En esta UE se encontró un diente aislado, que fue analizado para este trabajo de tesis.

En este punto se registraron varios milenios sin actividad humana en la cueva, hasta que fue usada de nuevo durante el Mesolítico como lugar de enterramiento.

- UE 6: esta es una de las UE que más interesa para el desarrollo del presente trabajo, ya que es donde se localizan los enterramientos con los restos humanos. En ella aparecen tres tumbas además de otras estructuras de origen antrópico cuya finalidad no está clara. Debido a las evidencias osteológicas existe además la posibilidad de reutilización de las tumbas, como se trata en el apartado correspondiente a los restos humanos encontrados.

Esta UE está además compuesta por diferentes unidades, ocupando la mayoría del suelo de la cueva, proporcionando además cerca de la mitad de todos los materiales recuperados. No solo los restos humanos, sino también la industria lítica y las ofrendas

asociadas a los enterramientos. Además, se pudo establecer una sucesión de las tumbas, al estar las estructuras 6-I y 6-III al fondo de la cueva, y la estructura 6-II en la entrada y cubierta por la siguiente UE (7).

- UE 7: estrato del Mesolítico final en el que aparece cerámica, lo cual en un primer momento hizo pensar en un origen neolítico, un criterio de asignación problemático en el área donde se sitúa la cueva (Cubas *et al* 2014). Probablemente sea el relleno de un hoyo que existió a la entrada del vestíbulo. En esta UE se encontraron dientes aislados, no atribuibles a los individuos de la UE 6, con lo que fueron usados y analizados para el presente trabajo.
- UE 8: se trata de un agujero de grandes dimensiones lleno de piedras, probablemente una estructura de origen antrópico del Bronce. Actualmente está sellada por una costra estalagmítica que se rompió al abrirla. Apareció un diente humano aislado.
- UE 9 y UE 10: estratos que posiblemente fuesen coetáneos de la UE 6, ya que aparece una estructura antrópica similar a las mencionadas anteriormente. En la UE 10 apareció un diente humano aislado.
- UE 11: pequeño depósito pegado a la pared con presencia de industria lítica y cerámica. Probablemente del Bronce.

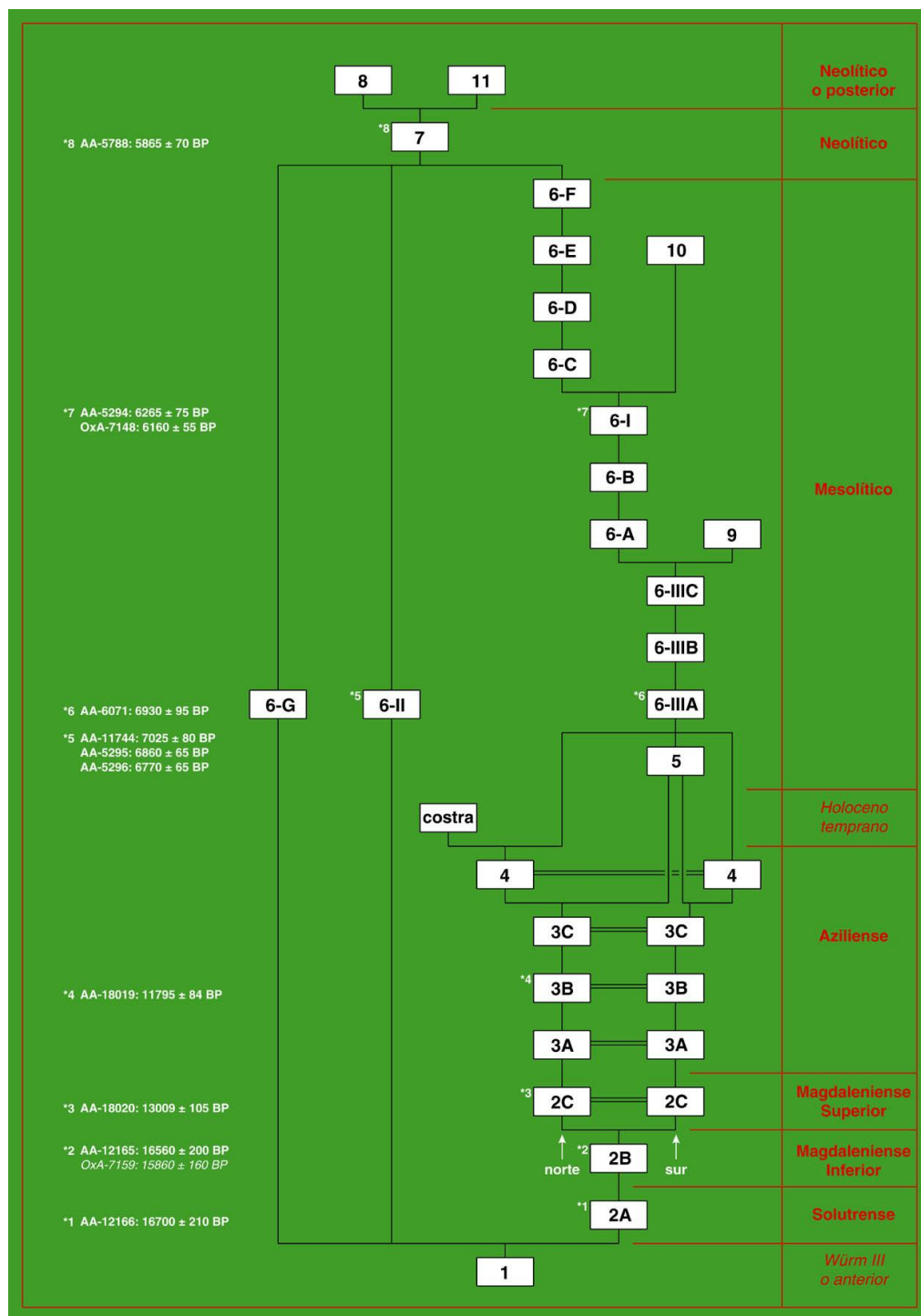


Figura 7: Matriz secuencial (de Harris) con la estratigrafía de la cueva de los Canes.
 Autor: Pablo Arias Cabal.

Los restos humanos de la cueva de los Canes.

Como ya se mencionó anteriormente, en el yacimiento de los Canes se hallaron los restos óseos humanos de varios individuos en estructuras de origen antrópico, así como dientes aislados en otras UE. En este apartado se detallan los restos procedentes de dichas estructuras, previamente analizados por D. Labib Drak en su tesis doctoral (2015) ya que son los individuos de quienes se posee más información al ser los mejor conservados. El resto de los dientes aislados que fueron usados en este presente trabajo de tesis se detallan en el apartado correspondiente del capítulo de “Material y Métodos”.

- Estructura 6-I (Figura 8): En esta estructura se encontró el esqueleto bastante completo de un individuo que sería después denominado Los Canes 1A, así como un diente aislado no atribuible al individuo 1A, siendo el Número Mínimo de Individuos (NMI) de dos. Este diente se describirá más adelante ya que fue analizado durante el desarrollo de esta tesis.

Por otra parte, el esqueleto perteneciente al individuo 1A se halla en buen estado de conservación excepto por partes más frágiles que presentar cierta tendencia a romperse y descomponerse con el paso del tiempo, como suelen ser las costillas y las vértebras. Este efecto ha de tenerse en cuenta debido a la antigüedad de dichos restos. Además, los huesos largos de las extremidades anteriores (fémures, tibias y peronés) están en su mayor parte desaparecidos, conservándose solamente la parte más proximal de ambos fémures, como la cabeza del fémur izquierdo y el área alrededor de los trocánteres del derecho, y el extremo más distal y articular de la tibia derecha. Esto se debe a la posición en la que fue enterrado el individuo, de cubito supino con las piernas flexionadas hacia arriba, lo cual unido a la reutilización posterior del espacio no ayudó a la conservación de estos huesos.

Por sus características osteológicas, el individuo 1A es una mujer de edad avanzada, en torno a los 60 años en el momento de su muerte. Presenta además diferentes e interesantes signos patológicos que informan de cómo fue su vida. Empezando por la patología oral, se observa pérdida *ante-mortem* de varios dientes a nivel mandibular y del maxilar izquierdo y un desgaste bastante acusado de los dientes restantes, así como presencia de sarro, caries y abscesos de gran tamaño tanto en mandíbula como en la maxila. Los abscesos son infecciones bacterianas normalmente con una etiología cariogénica, cuando dicha infección pasa del diente al tejido óseo. Sin embargo, en este

individuo no se han localizado hipoplasias en el esmalte, signos que informan sobre episodios de estrés, ya sea nutricional o epidemiológico, a lo largo de la vida del individuo.

Las patologías que se observan en el esqueleto poscraneal del individuo 1A son en su mayor parte relativas al proceso de envejecimiento, así como a procesos de estrés mecánico debido a las actividades llevadas a cabo por el individuo a lo largo de su vida. Esto se puede observar en forma de signos compatibles con artrosis (el único signo patognomónico de la artrosis es la eburnación de la superficie articular, otros signos relativos a dicha condición pero no exclusivos de la misma es la porosidad y la remodelación ósea con recrecimiento en las superficies articulares) en los cóndilos mandibulares, en los acromion y bordes de la cavidad glenoidea de las escápulas (donde se inserta el húmero), en la articulación entre el esternón y la clavícula izquierda, a lo largo de diferentes vértebras tanto cervicales como torácicas y lumbares de la columna vertebral donde también se aprecia fusión entre algunas vértebras, así como en la articulación radio-escafoidea del antebrazo izquierdo. Se observa también una asimetría entre ambas clavículas, siendo mayor la del lado izquierdo, probablemente debido a una fractura curada o por motivos relativos a patrones de actividad física. En la zona lateral de los humeros, así como en las zonas posterior y distal de los radios se observan signos de periostitis cuya etiología no está clara, pudiendo deberse a procesos infecciosos o traumáticos. Por último, una de las vértebras aparece aplastada, lo que indica una fractura vertebral durante la vida del individuo que, al tratarse de una mujer de avanzada edad, unido al hecho del poco peso de los huesos, podría estar dando información sobre algún proceso de pérdida de masa ósea debido al envejecimiento, lo que comúnmente se conoce como osteoporosis, a pesar de que la tomografía computerizada no reveló ningún signo de osteoporosis.

Al tratarse de un individuo de edad avanzada, la etiología de los procesos artrósicos así como las marcas relativas a los patrones de actividad física no están claras, ya que ambos procesos son acumulativos a lo largo del ciclo vital de los individuos. Esto quiere decir que los signos que se observan pueden deberse tanto al proceso de envejecimiento y un uso no abusivo de las articulaciones a lo largo de la vida del individuo, como a la opción contraria de una actividad física intensa sostenida en el tiempo.

Para finalizar con el individuo 1A, el análisis previo de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ sobre colágeno, reveló una dieta mixta basada en recursos terrestres, con unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ de -20‰ y un $\delta^{14}\text{N}$ de 7,8‰. También se dispone de un estudio genético realizado por Olalde *et al* (2019).

Individuo	Sexo	Edad	Patologías
1A	Mujer	En torno a 60 años	• Artrosis generalizada • Asimetría clavicular (actividad o trauma) • Periostosis en húmeros y radios
1B (diente aislado)	-	Adulto	• Desgaste

Tabla 2: resumen de los restos encontrados en la estructura 6-I.



Figura 8: fotografía de la sepultura encontrada en la estructura 6-I. Autor: Pablo Arias Cabal.

- Estructura 6-II (Figura 9): En esta estructura se encontraron los restos de un individuo joven casi completo, posteriormente denominado 2A, y algunos restos esqueléticos de otro individuo adulto, el 2B, además de dientes aislados.

El individuo 2A se encuentra en un buen estado de conservación con excepción de la cara (el resto del neurocráneo está bien conservado), la cintura escapular izquierda (escápula y clavícula) y la clavícula derecha. Esta diferencias en la conservación del individuo se deba probablemente a la caída de un bloque de piedra sobre dicha estructura, aplastando parte de los restos. De este individuo se han recuperado solamente cinco dientes debido a que la destrucción de la cara afectó al área maxilar y mandibular.

En el análisis osteológico preliminar se estimó que el individuo 2A fue un varón, aunque debido a su edad, en torno a los 15-20 años, es complicado asegurarlo, ya que la estimación del sexo en individuos subadultos es complicada. Respecto a las patologías, se encontraron hipoplasias no lineales en los dientes, siendo indicadores de estrés, aunque la etiología no pueda precisarse más. Estos signos de estrés son compatibles con otros que se observan en el resto del esqueleto como la presencia de *criba orbitalia* (porosidad presente en el techo de las órbitas oculares). Se observa además signos de periostitis (inflamación del periostio, la capa más externa del hueso) en costillas, húmeros, fémures, tibias y peronés. La etiología de estas periostitis es diversa, desde una patología sistémica como una infección o por actividad física, y no puede asegurarse una causa

Finalmente, el análisis previo de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ sobre los dos fragmentos de colágeno realizados en el individuo 2A, también reveló una dieta mixta basada en recursos terrestres, cuyos valores fueron de $\delta^{13}\text{C}$ -19,7‰ y un $\delta^{14}\text{N}$ de 8‰, y $\delta^{13}\text{C}$ -19,6‰ y un $\delta^{14}\text{N}$ de 7,8‰. Además existen dos dataciones por ^{14}C realizadas en este individuo, resumidas en la siguiente tabla:

Determinación BP	Determinación Cal BC 1 σ	Determinación Cal BC 2 σ
6770 $\pm$ 65	5719 – 5630	5786 – 5558
7025 $\pm$ 80	5997 – 5838	6032 – 5737

Tabla 3: resultados de las dataciones realizadas sobre el individuo juvenil de la estructura 6-II.

En el caso de las fechas calibradas para un σ , no existe solapamiento. Sin embargo, este sí se aprecia en las fechas calibradas para dos σ , en el periodo entre el 5786 – 5737 cal BC.

El individuo 2B fue inhumado con anterioridad al individuo 2A y está representado por unos pocos huesos de las manos (algunos carpos, metacarpos y falanges) y de ambos pies (tarsos, metatarsos y falanges), estos últimos encontrados en posición anatómica, y algunos dientes aislados. A este individuo se han atribuido los restos esqueléticos adultos y fusionados ya que, como anteriormente se ha mencionado, el individuo 2A es un subadulto, con lo cual esos restos no le eran atribuibles. Estos restos atribuibles al individuo 2B proporcionaron una edad de muerte de al menos 25 años, ya que con los huesos conservados no se puede estimar más allá, al igual que la estimación del sexo no pudo realizarse. Una metodología similar se usó para atribuir los dientes aislados al individuo 2B, puesto que estos presentaban un mayor desgaste oclusal, no posibles en un individuo joven. En estos dientes además se apreció la presencia de sarro y se observaron hipoplasias en el esmalte, signos relacionados con posibles periodos de estrés.

En el individuo 2B también se realizó un análisis previo de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ sobre un fragmento de hueso, dando como resultado una dieta mixta basada en recursos terrestres, con unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ de -19,20‰ y de $\delta^{14}\text{N}$ de 9,39‰.

Individuo	Sexo	Edad	Patologías
2A	Varón	15 – 20 años	• Hipoplasia en el esmalte • <i>Criba orbitalia</i> • Periostitis
2B	-	>25 años	• Hipoplasia en el esmalte • Sarro

Tabla 4: resumen de los individuos encontrados en la estructura 6-II.



Figura 9: fotografía tomada en la estructura 6-II de la cueva de los Canes. Autor: Pablo Arias Cabal.

- Estructura 6-III (Figura 10): en el caso de esta estructura, el NMI fue de cuatro. Se encontró el esqueleto casi completo de un individuo adulto (3A), restos de un individuo infantil (3B) por encima del individuo anterior, dos cuboides aislados (3C) y un diente aislado adulto (3D).

Comenzando por el individuo 3A, es un esqueleto casi completo, en el que se observa pérdida de fragmentos de algunos huesos, así como un peor estado de conservación de las costillas y las vértebras. Se conservan la mayoría de los huesos pertenecientes al cráneo a excepción de parte del temporal derecho, el esfenoides y parte del maxilar izquierdo. Además, este sufrió importantes cambios tafonómicos, los cuales provocaron una deformación de la pieza hacia la izquierda.

En el estudio osteológico previo, se estimó que el individuo 3A era un varón maduro, probablemente mayor de 50 años. Respecto a las patologías de este individuo, a nivel oral se observan varias caries que llegaron a destrozar buena parte del diente, así como formación de sarro en casi todos los dientes que se conservan. En

cambio, no se observaron signos de hipoplasia en el esmalte, aunque esto pudo ser por el elevado nivel de desgaste dental.

Por otro lado, a nivel poscraneal el individuo 3A presenta bastantes alteraciones relacionadas con su avanzada edad y posiblemente, unos patrones de fuerte actividad física. Presenta recrecimiento óseo y porosidad en los extremos esternales de ambas clavículas, en la apófisis coracoides y acromion de ambas escápulas, en las facetas articulares vertebrales entre la T10 y L2 además de en la L5, en la articulación del olécranon y apófisis del cúbito izquierda, a lo largo de la diáfisis del radio derecho, en las cretas ilíacas, la cabeza de ambos fémures, en las dos rótulas y en varios huesos de los pie. También se observó fusión articular entre la falange media y distal del pie. A pesar de no encontrar ningún signo de eburnación (el signo patognomónico de la osteoartritis), todos estos signos parecen indicar el diagnóstico. Para finalizar, el cuerpo vertebral de la vértebra torácica 12 tenía signos de aplastamiento y la apófisis espinosa un callo de fractura, lo cual es compatible con una fractura vertebral por compresión. Esto último pudo deberse a la avanzada edad del individuo.

El análisis previo de isótopos estables (Arias 2005) mostró unos valores de $\delta^{15}\text{N}$ de 7,71‰ y de $\delta^{13}\text{C}$ de -19,29‰, compatibles con una dieta terrestre basada en recursos C_3 . Finalmente, la datación radiocarbónica del individuo 3A arrojó las siguientes fechas:

Determinación BP	Determinación Cal BC 1 σ	Determinación Cal BC 2 σ
6930 $\pm$ 95	5962 – 5725	5994 – 5660

Tabla 5: resultados de la datación radiocarbónica del individuo 3A.

El individuo 3B es un individuo infantil del cual se conservan algunos huesos largos como los fémures, tibia derecha, los dos húmeros y el cúbito y radio derechos. También se conservan la clavícula derecha y el extremo distal de la izquierda, ambos ilion, y fragmentos vertebrales y de costillas.

Los únicos signos de lesión en este individuo se encuentran en una curvatura mayor de los restos de costillas, así como porosidad en la diáfisis de la tibia y en la

parte distal de los fémures. Estas lesiones podrían ser compatibles con un diagnóstico de raquitismo, en el cual los huesos largos y algunos otros como las costillas se deforman, curvándose por el propio peso del individuo debido a fallos en la mineralización del tejido óseo por falta de vitamina D o por problemas en su asimilación. De todos modos, al estar ausentes los signos patognomónicos del raquitismo, el diagnóstico no es nada claro.

Al tratarse de un individuo infantil, la estimación del sexo no se pudo realizar debido a que los caracteres sexuales secundarios no se habían desarrollado aún. Si tenemos en cuenta que la estimación del sexo del individuo 2A fue complicada debido a su edad, siendo subadulto, en el caso del individuo 3B, mucho más joven, es aún más complicado. La estimación de la edad de muerte del individuo sí que pudo estimarse, siendo esta alrededor de los 3 – 4 años.

El individuo 3C está representado solamente por dos cuboides aislados, uno derecho y otro izquierdo. Al ser dos cuboides adultos y presentar el individuo 3A sus propios cuboides, estos se atribuyeron a un tercer individuo en la estructura. Debido a los huesos que se encontraron, la estimación del sexo del individuo no fue posible de realizar, aunque se estimó que era un individuo adulto.

Además, en la estructura 6-III se encontró un primer molar deciduo superior aislado, no atribuible al resto de individuos, conformando el cuarto individuo de la estructura. La estimación del sexo no pudo llevarse a cabo al tratarse de un diente aislado y la estimación de la edad fue complicada debido a los procesos tafonómicos que sufrió el diente.

Individuo	Sexo	Edad	Patologías
3A	Varón	>50 años	• Artrosis generalizada • Fractura vertebral
3B	-	Infantil	• Posible raquitismo
3C (dos cuboides)	-	Adulto	-
3D (diente aislado)	-	Adulto	-

Tabla 6: Resumen de los restos óseos encontrados en la estructura 6-III.



Figura 10: fotografía de los restos humanos encontrados en la estructura 6-III. Autor: Pablo Arias Cabal.

Finalmente, se analizaron diferentes dientes aislados que se encontraron en distintas unidades estratigráficas. El código que se le dio a cada pieza corresponde al orden en el cual salieron de la caja donde fue transportada hasta los laboratorios donde se realizaron los análisis pertinentes. El listado de los mismos aparece a continuación, además de en la tabla 7, donde se lista el conjunto de dientes analizados en el presente trabajo.

- Un tercer molar con n° de registro 5248 encontrado en la estructura 6-I. al cual se le denominó Can1.M3.
- Tercer molar con n° de registro 9603, perteneciente al individuo juvenil de la estructura 6-II. Su denominación durante los trabajos de laboratorio fue Can2.M3.
- Un tercer molar y un canino del individuo varón adulto de la estructura 6-III, con n° de registro 9900 y 7607 respectivamente. Ambos fueron denominados durante el trabajo como Can3.M3 y Can3.C.
- Se usaron 8 dientes procedentes de la UE 7, siendo estos un canino (Can4.C/ n° de registro 2152), dos primeros premolares (Can6.P1/ n° de registro 2893 y Can7.P1/n° de registro 2940), un tercer molar (Can11.M3/ n° de registro 1124), un primer molar (Can14.M1/ n° de registro 12845), un segundo molar (Can15.M2/ n° de registro 12998), un segundo premolar (Can16.P2/ n° de registro 13254) y un segundo incisivo (Can17.I2/ n° de registro 13255).
- Un segundo premolar (Can8.P2) con n° de registro 7607 procedente de la UE 6-A.
- Se usó un segundo incisivo de la UE 8, denominado Can10.I2 cuyo n° de registro era el 415.
- Un canino (Can12.C), procedente de la UE 10, con n° de registro 3364.
- Finalmente, un segundo molar denominado Can13.M2 cuya procedencia es probable que se sitúe en la UE 5.

Código	Diente	Nº de registro	UE
Can1.M3	Tercer molar superior	5238	6-I
Can2.M3	Tercer molar inferior	9603	6-II
Can3.M3	Tercer molar superior	9900	6-III
Can3.C	Canino superior	10204/7607	6-III
Can4.C	Canino	2152	7
Can6.P1	Primer premolar	2893	7
Can7.P1	Primer premolar	2940	7
Can8.P2	Segundo premolar	7607	6-A
Can9.I1	Primer incisivo	150	rev
Can10.I2	Segundo incisivo	415	8
Can11.M3	Tercer molar	1124	7
Can12.C	Canino	3364	10
Can13.M2	Segundo molar	12646	5
Can14.M1	Primer molar	12845	7
Can15.M2	Segundo molar	12998	7
Can16.P2	Segundo premolar	13254	7
Can17.I2	Segundo incisivo	13255	7

Tabla 7: resumen de los dientes usados en esta tesis. En la columna aparece el número de registro, identificación de la pieza, código de laboratorio y la datación de los restos.

4.- El análisis de isótopos estables y su uso en Arqueología

La interpretación de la variación en la proporción de los isótopos estables de carbono y nitrógeno en restos humanos, así como de los isótopos más pesados de estroncio, es un método ampliamente reconocido para estudiar tanto la dieta como la movilidad geográfica de los grupos humanos del pasado, aplicándose además a estudios clínicos contemporáneos, de donde proviene información muy valiosa a la hora de reconstruir ambos parámetros.

4.1 Principios de isótopos estables.

Un isótopo es una variante de un elemento particular con el mismo número de protones en el núcleo, pero difiriendo en el número de neutrones dentro del mismo. La mayoría de ellos se forman de manera natural. La notación isotópica se realiza anteponiendo el número de neutrones en superíndice, al símbolo del elemento. Así, por ejemplo, el ^{16}O indica que es el isótopo del oxígeno (O) que posee 16 neutrones en el núcleo, mientras que el ^{18}O indica que tiene 18 neutrones en el núcleo.

Aunque la masa atómica de cada isótopo varíe debido al diferente número de neutrones en su núcleo, estas pequeñas diferencias tienen un efecto mayor influyendo en el comportamiento químico y biológico de estos átomos a través del proceso conocido como fraccionamiento isotópico. El fraccionamiento es clave para entender este tipo de estudios, y se define como un efecto cinético por el cual se seleccionan preferentemente los isótopos más ligeros, los cuales poseen más movilidad, sobre los más pesados, siendo resultado de procesos biológicos como la excreción preferencial del cuerpo de los isótopos más ligeros (Pollard y Wilson 2001, 194; Sharp 2007), o físicos como en el caso de la evaporación del agua, donde el isótopo del oxígeno (O) ^{16}O requiere de menos energía para pasar al estado vaporoso que el isótopo ^{18}O (Pollard y Wilson 2001, 194). Lo mismo ocurre cuando se incorporan al organismo, el nuevo tejido contendrá más proporción de los isótopos ligeros que de los pesados (Schoeninger y DeNiro 1984).

La proporción de un determinado isótopo en una muestra puede calcularse a través de la aplicación de una fórmula, para la cual es necesario conocer la abundancia natural del mismo, cuyos valores proceden de estándares reconocidos internacionalmente. El resultado es expresado en la notación delta (δ) y expresados en partes por mil (‰). La fórmula, aplicada para el ^{18}C del oxígeno, es la siguiente: $\delta^{18}\text{C} = (R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1$

En la cual R es el ratio del isótopo del oxígeno más pesado sobre el más ligero, tanto en la muestra a estudiar como en el estándar (Coplen 2001). Si el valor de la muestra es mayor que el valor del estándar, se considera que dicha muestra está saturada de dicho isótopo. En cambio, si el valor es menor, dicha muestra estará empobrecida en comparación con la muestra en cuanto a ese isótopo. Para los isótopos del carbono y el nitrógeno, que serán tratados a continuación, estos estándares son, respectivamente, el Vienna PDB (V-PDB), un fósil de belemnite de la formación Pee Dee en Carolina del Sur que data del Cretácico (hace 145–66 millones de años), y el nitrógeno atmosférico (AIR) (Pollard y Heron 2008, 353–355).

4.2 Los isótopos estables de carbono y nitrógeno.

En Arqueología los estudios más clásicos acerca del consumo de alimentos era a través de los restos dejados por los grupos humanos del pasado, como los huesos animales o conchas, descartes de zonas no consumida, o los artefactos usados en la preparación de los alimentos. La principal ventaja que aporta el análisis de isótopos estables es reflejar la dieta que tenía un individuo específico, o un grupo de individuos, no del grupo como un total. En su artículo de 2008, Julia Lee-Thorp hace una revisión sobre los primeros estudios hace 30 años que relacionaron la dieta de un individuo con los ratios de isótopos estables en los tejidos corporales y cómo la publicación de artículos relativos a esta temática se ha ido incrementando exponencialmente desde hace unos años.

El carbono (C) y el nitrógeno (N) son dos de los elementos químicos que son absorbidos por el cuerpo a través de la nutrición del individuo y depositados posteriormente en los tejidos (Lee-Thorp 2008). En contexto contemporáneo se puede usar desde orina y sangre (Kuhnle *et al* 2012), hasta pelo (Mekota *et al* 2006) y uñas (Fuller *et al* 2006), de esta manera se pueden estudiar la dieta de un individuo y cambios en la misma en periodos muy cortos de tiempo (Wilson *et al* 2007). Ahora bien, en contextos arqueológicos, tejidos como uñas y pelo raramente sobreviven, pero en el caso de conservarse, como en momias, sí que pueden proporcionar información de un periodo corto antes del momento de la muerte del individuo. En cambio, dientes y hueso al ser tejidos mineralizados, se conservan mejor con el paso del tiempo y son mayoritariamente usados en contexto arqueológico.

El análisis de cada tipo de tejido proporcionará unos valores diferentes, dependiendo de la composición del mismo (O'Connell y Hedges 1989; Williams *et al* 2011), lo cual es debido a la proporción proteica de cada uno (Smith *et al* 2009). De hecho, está demostrado como los distintos componente de la dieta son conducidos hacia diferentes rutas metabólicas. Por ejemplo, el contenido mineral de los dientes (dentina y esmalte) y de hueso, compuesto por carbonatos, tiene una ruta metabólica distinta de la ruta del colágeno. El primero reflejando los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del total de la dieta, mientras que el segundo solamente refleja los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de la ingesta de proteínas (Ambrose y Norr 1993).

Ambos elementos presentan isótopos que se forman de manera natural. En el caso del Carbono, existen tres isótopos principales: el ^{12}C , que es el mayoritario suponiendo un 98,89% del total del carbono terrestre; el ^{13}C , con una proporción del 1,1%, y finalmente el ^{14}C , que supone el restante (0.01%) y que además es radiactivo. Los dos primeros se usan en Arqueología para reconstruir la dieta de los grupos humanos del pasado, mientras que el tercero es uno de los métodos de datación de restos orgánicos más usado.

Los isótopos ^{12}C y ^{13}C permiten diferenciar entre el consumo de plantas terrestres C_3 y C_4 . Estos dos tipos de plantas se distinguen en la ruta metabólica usada para fijar el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, afectando posteriormente a la proporción entre ambos isótopos. Las plantas C_3 (patata, arroz y trigo), muestran unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -37‰ y -24‰, mientras que las plantas C_4 (maíz, caña de azúcar, centeno y mijo) poseen unos valores $\delta^{13}\text{C}$ entre -16‰ y -9‰ (Van der Merwe 1982). Esto se debe a una diferencia en el proceso fotosintético: mientras que las plantas C_3 fijan tres átomos de carbono al comienzo de la fotosíntesis a través la ruta de Calvin-Benson, las plantas C_4 fijan cuatro en esta primera etapa a través de la ruta metabólica de Hatch-Slack (Van der Merwe 1982), usando todo el CO_2 disponible, y evitando los procesos de fraccionamiento. Como consecuencia, las plantas C_4 tienen unos valores enriquecidos (mayores en proporción) de $\delta^{13}\text{C}$ en comparación con las plantas C_3 . Este efecto además se transmite a lo largo de toda la cadena trófica, enriqueciéndose el valor de $\delta^{13}\text{C}$ entre un 1 – 2‰ por cada nivel trófico.

Además, hay que tener en cuenta la distribución geográfica de ambos tipos de plantas. Mientras que las plantas C_3 se encuentran en todos los ecosistemas, las plantas

C₄ están adaptadas a lugares áridos, con mucha radiación solar y poca concentración de CO₂. Existe un tercer grupo de plantas, las llamadas CAM (*Crassulacean Acid Metabolism* o Metabolismo Ácido de las Crasulaceas), una familia de plantas capaces de alterar las rutas fotosintéticas para responder a cambios medioambientales, especialmente los áridos (Herrera 2008), mostrando así valores pertenecientes tanto a plantas C₃ como a plantas C₄. Afortunadamente, para los estudios de reconstrucción de la dieta a través de los isótopos estables, no suelen ser consumidas en la alimentación.

Por su parte, existen dos isótopos del nitrógeno, el ¹⁴N y el ¹⁵N. El primero se encuentra en una proporción del 99,636%, mientras que el segundo supone un 0,366% del nitrógeno. La proporción entre ambos isótopos se usa para establecer el nivel trófico (herbívoro, omnívoro o carnívoro) dentro de la cadena alimenticia en la que se encuentra un individuo a través de su aporte proteico. Además, a través del efecto acumulativo que tienen estas cadenas, la proporción de ¹⁵N aumenta a cada paso de la cadena trófica, desde plantas y herbívoros hasta los carnívoros, enriqueciéndose así mismo el valor de $\delta^{15}\text{N}$ entre un 2 – 5‰ por nivel (DeNiro y Epstein 1981; Sealy *et al* 1987; Muldner y Richards 2005; Hedges y Reynard 2007). Un caso especial es el de los individuos infantiles lactantes, los cuales aparecen como un eslabón por encima de las mujeres de la población, siendo considerados a veces como “supercarnívoros” (Fuller *et al* 2003; Richards *et al* 2012). Este efecto tendrá especial relevancia al estudiar los patrones de lactancia materna y destete en la población de estudio, y también a nivel diacrónico.

Se ha de tener en cuenta que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ están determinados por la fijación biológica del nitrógeno. En la mayoría de las plantas, esto se produce a través de componentes inorgánicos en agua y en el suelo producto del metabolismo bacteriano (Robinson 2001), con la excepción de la familia de las leguminosas, las cuales pueden fijar también nitrógeno atmosférico (Lodwig *et al* 2003), aunque este último se calcula que tiene un valor estándar (AIR, mencionada anteriormente) de 0‰. Sin embargo, el uso de fertilizantes basados en el estiércol produce un enriquecimiento de todo el ciclo desde su base (Fraser *et al* 2011). Además, tanto los ambientes muy áridos como los muy lluviosos pueden provocar un enriquecimiento en el $\delta^{15}\text{N}$ de las plantas (Heaton 1987; Ambrose 1991).

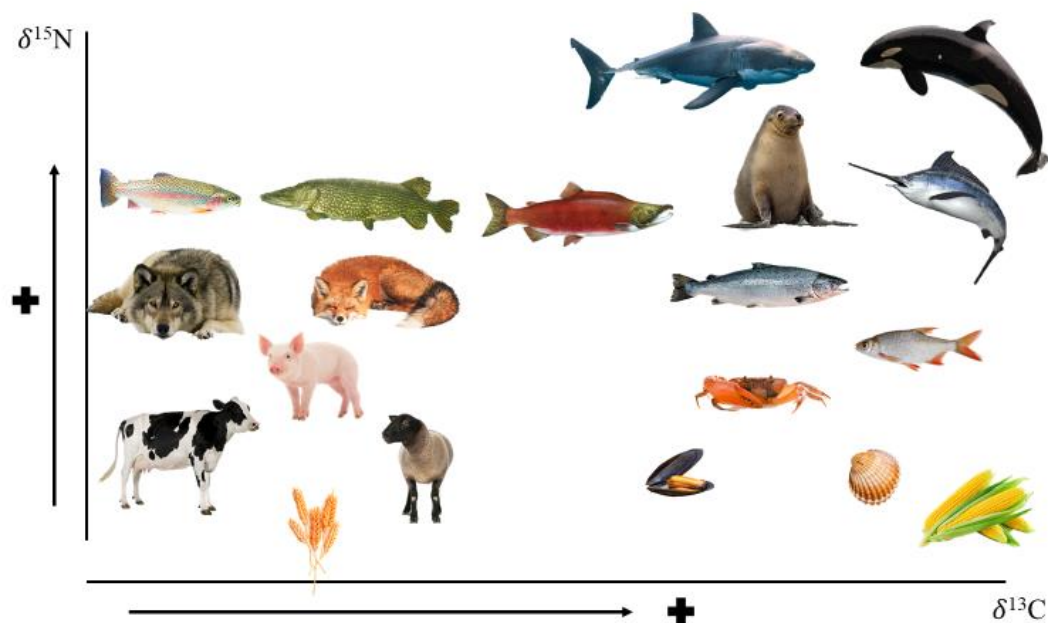


Figura 11: gráfica con la localización de los diferentes recursos según sus valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$.

El $\delta^{15}\text{N}$ también se ve afectado por cambios fisiológicos en humanos a través de los procesos catabólicos (destrucción de compuestos orgánicos) y anabólicos (creación de compuestos orgánicos), desencadenados por condiciones fisiológicas de estrés, donde el cuerpo tiene que equilibrar los nutrientes absorbidos en la dieta con las necesidades de crecimiento y mantenimiento del propio cuerpo. Así, en periodos de estrés nutricional, donde no hay suficiente consumo proteico ni calórico, se producen procesos catabólicos que reciclan las proteínas del propio organismo, como un auto-consumo, movilizándose el nitrógeno del cuerpo y elevando los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ en los tejidos. Por el contrario, en periodos en los cuales la alimentación es buena y existe un crecimiento o un embarazo, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ en los tejidos descenderán porque se expulsará del cuerpo menos nitrógeno al incorporarse el que proviene de la dieta (Waters-Rist y Katzenberg 2010). Durante el embarazo puede observarse tanto un descenso en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ por el rápido crecimiento fetal (Fuller *et al* 2004), como un aumento debido a periodos de estrés nutricional o de enfermedad (Fuller *et al* 2004).

Mucha comprensión actual sobre los cambios en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ provienen de estudios clínicos en personas con malnutrición, tanto por exceso como por defecto, y también en personas con trastornos alimenticios. Así, Owen *et al* (1998) observó como

en pacientes con obesidad sometidos a periodos en los que se reducía el consumo de alimentos, se incrementaba la excreción de urea durante los primeros días, lo cual incrementaría los valores de $\delta^{15}\text{N}$, para luego disminuir hasta los días 18–21, cuando la excreción se volvía estable a niveles más bajos ya de $\delta^{15}\text{N}$. Esto se debe a que el cuerpo requiere de proteínas para obtener energía, y la demanda de energía por el ciclo del ácido cítrico en las mitocondrias es prioridad absoluta en el contexto metabólico. De hecho, no importa cuánto tejido graso tenga un individuo y la función de este para crear energía, dicho individuo morirá una vez que las proteínas que tiene almacenadas se agoten (Owen *et al* 1998). Estudios en personas que en proceso de recuperación de anorexia nerviosa mostraron como cambios en el IMC (Índice de Masa Corporal) se relacionaban con los valores de $\delta^{15}\text{N}$, ya que cuanto más se incrementaba el primero menores eran los valores del segundo (Mekota *et al* 2006), también Duska *et al* (2007) demostró cómo en periodos de ayuno extremo, se producía el catabolismo de las propias proteínas del cuerpo para la obtención de energía. De hecho, hasta se ha llegado a proponer el uso de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ procedentes de pelo como una herramienta para diagnosticar trastornos como la anorexia o bulimia (Hatch 2006).

Neuberger *et al* (en prensa) analizaron segmentos capilares en contexto forense de 16 individuos (15 adultos y 1 infantil) que pudieron morir de inanición. Los resultados mostraron justo lo contrario que en el estudio de Mekota *et al* (2006): los valores de $\delta^{15}\text{N}$ aumentaban a medida que el Índice de Masa Corporal se reducía. Los cambios en el IMC también afectaban a los valores de $\delta^{13}\text{C}$, debido a los procesos catabólicos sufridos por los depósitos corporales de grasa con el fin de obtener energía y sintetizar nuevos tejidos ante la ausencia de una dieta con suficientes carbohidratos. Los cambios en el $\delta^{13}\text{C}$ también fueron observados por Mekota *et al* (2006), donde los valores de $\delta^{13}\text{C}$ aumentaban al igual que aumentaba el IMC en pacientes recuperándose de anorexia nerviosa. De hecho, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en la grasa corporal son aproximadamente un 3‰ más bajos que en otros tejidos como el músculo.

Por otro lado, Powanda y Beisel (2003) notaron cómo los efectos patológicos de una infección también producen un incremento en los valores de $\delta^{15}\text{N}$, siendo atenuados con por una dieta de calidad o acentuados en condiciones de estrés nutricional. Este hecho puede además afectar a los ratios isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en hueso, como ocurriría en el caso de las enfermedades crónicas. Sin embargo, el efecto de periodos prologados de estrés nutricional en los ratios de ambos isótopos es muy complejo y depende no solo de

la duración del periodo, sino también de la naturaleza de este (deficiencia calórica o deficiencia proteica) (Katzenberg y Lovell 1999).

De hecho, la proporción de proteínas en la dieta tiene un efecto importante en cómo son utilizadas por el cuerpo. El colágeno y la queratina, dos de las proteínas usadas en Arqueología para el estudio de la dieta, son moléculas complejas formadas por aminoácidos, los cuales le dan a la propia proteína su forma y con ello su estructura funcional dentro de los diferentes tejidos. La diferencia entre ambas proteínas son los diferentes aminoácidos que las forman y su proporción, llegando a ser estos diagnósticos de cada proteína (Robbins y Kelly 1970). Los mamíferos pueden sintetizar sus propios aminoácidos (no esenciales) pero están obligados a adquirir unos aminoácidos específicos a través de la dieta (esenciales). En un estudio en el que alimentaron a ratas con alimentos cuyos valores isotópicos eran conocidos, Jim *et al* (2004) observó que, cuando se consume una dieta con alto contenido proteico y aporte calórico, los aminoácidos esenciales se incorporan al colágeno sin sufrir procesos de fraccionamiento isotópico. En cambio, cuando la dieta contiene pocas proteínas y el aporte calórico no es suficiente, es necesario sintetizar los aminoácidos no esenciales y algunos esenciales a través del reciclaje de otros compuestos con nitrógeno y carbono, lo que puede resultar en cambios en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ compatibles con un cambio en el nivel trófico del individuo.

La combinación de los valores de los ratios de ambos isótopos se usa para estimar la contribución de dieta marina o de agua dulce en la dieta de un individuo. Por un lado, los organismos marinos como el plancton o algas están enriquecidos en el isótopo ^{13}C debido a que fijan el CO_2 disuelto en el agua, por lo tanto, el fraccionamiento isotópico es menor, efecto que influye posteriormente en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del resto de la cadena. Por otro lado, los valores del $\delta^{15}\text{N}$ son mayores debido a una mayor complejidad en las cadenas tróficas acuáticas. Los ecosistemas dulceacuícolas son complicados de interpretar debido a factores como un posible enriquecimiento de estas aguas en bicarbonatos procedentes del suelo; la procedencia del alimento, ya que los sistemas lacustres muestran unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ mayores que los sistemas abiertos de los ríos; o a las especies animales (peces principalmente) que también viven en ambientes marinos al mismo tiempo o en diferentes momentos de su ciclo vital, aunque normalmente la fauna que vive todo su ciclo vital en ecosistemas dulceacuícolas muestran unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ similares a los terrestres.

4.3 El análisis de isótopos de estroncio y su aplicación en Arqueología.

De todos los isótopos que se pueden analizar y aplicar en esta disciplina, el estroncio (Sr) es, con seguridad, el más útil para estudiar aspectos relativos a la movilidad geográfica de los grupos humanos del pasado, como demuestran numerosas investigaciones que han aplicado esta metodología para rastrear las migraciones humanas en diferentes momentos históricos: en los homínidos de la región del Cabo en Sudáfrica (Cox y Sealy 1997; Sillen y Sealy 1995), durante la Prehistoria europea (Muller *et al* 2003; Price *et al* 2001), en la Inglaterra anglosajona (Montgomery *et al* 2005) o durante la época vikinga (Price y Gestsdóttir 2006). Sin embargo, el uso de los isótopos de estroncio como señalizadores geoquímicos que permiten asociar a un individuo, dependiendo de su rango de movilidad, con una unidad geológica no es nuevo y ya había sido usado previamente por investigadores en ecología para georreferenciar los desplazamientos de especies animales o sustancias en el medio ambiente (Åberg 1995; Gosz *et al* 1983), siendo Ericson (1985) uno de los primeros en aplicarlo a seres humanos y, en particular, en Arqueología.

La idea principal de este método radica en que debido a los procesos de erosión y meteorización de los materiales geológicos, los átomos de estroncio pasan al suelo y de ahí se transportan a lo largo de la cadena alimenticia hasta el esqueleto humano, donde el estroncio sustituye al calcio (Ca) en el fosfato y en la apatita presentes en el tejido óseo, lugar desde el cual podemos rastrear estas señales isotópicas (Ezzo 1994a; Bentley 2004). A nivel biológico, el calcio en tejido vivo puede ser sustituido por otros elementos metálicos alcalinos cuya valencia química sea +2 como el berilio, el magnesio o el bario, siendo el estroncio particularmente afín debido a que el tamaño de su radio iónico es el más similar (Ezzo 1994a; 1994b). De esta manera analizando diferentes tejidos biológicos formados en momentos distintos del ciclo vital de un individuo se puede observar los cambios en los ratios de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de esta manera estudiar las diferentes migraciones llevadas a cabo, o no, por el individuo del que proceden las muestras (Ericson 1989; Sealy *et al* 1991). Un ejemplo de este método aplicado a seres humanos resultaría de combinar una muestra de esmalte de los dientes con muestras de otros huesos. En el caso de los tejidos dentales, estos se forman a una edad específica y los materiales que los forman no se reciclan, quedando de esta manera registrados los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de ese momento específico. En cambio, el hueso es un tejido vivo, y como tal sujeto a los procesos de

reciclaje del organismo. El tiempo necesario para completar este proceso puede variar en función de la cantidad de tejido óseo trabecular o esponjoso y tejido óseo cortical del hueso en cuestión. Por ejemplo, en costillas es un proceso que dura en torno a los cuatro años debido a su alto contenido en hueso trabecular y a su pequeño tamaño, mientras que en fémur este proceso puede tardar en completarse más de diez años.

Sin embargo, la relación entre el Sr existente en la geosfera y el que se encuentra en el esqueleto humano no es una relación lineal debido tanto a la existencia de otras fuentes de estroncio en la biosfera (de ahí que se hable de estroncio *biodisponible* como un sistema mixto con diferentes aportes y retiradas de este elemento) como a otros procesos postdeposicionales (Hedges 2002; Lee-Thorp 2002). Respecto al elemento de Sr, existen cuatro isótopos que se forman de manera natural, de los cuales tres no son radioactivos: ^{88}Sr cuya proporción es de un 82,58% del total, ^{86}Sr (9,86%) y ^{84}Sr (0,56%). El cuarto es el ^{87}Sr y se encuentra en una proporción de alrededor al 7,0%. (Bentley 2004; Misra 2012). Este último átomo radiactivo se produce a través de la β -desintegración de uno de los dos isótopos del Rubidio, el ^{87}Rb , que también posee propiedades radiactivas, con una proporción de 27,835% y una vida media (es decir, el periodo de tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los isótopos radioactivos de la muestra) de 48.800 millones de años (Bentley 2004; Misra 2012). Por lo tanto, el valor de ^{87}Sr de una roca varía en función de dos factores: el contenido inicial de ^{87}Rb que había en la misma y del tiempo en el que se originó, es decir, su antigüedad. Sin embargo, cada uno de los diferentes minerales que componen una roca, y estas a su vez los suelos, tienen una concentración y ratio de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ diferente, de manera que los diferentes procesos de erosión y meteorización que tienen lugar sobre una roca colaboran de manera desigual en el Sr biodisponible. Durante este proceso de transporte de materiales, los valores relativos al Sr no cambian debido a dos razones. La primera es que la β -desintegración del ^{87}Rb en ^{87}Sr es un proceso muy largo como se ha mencionado en el párrafo anterior. La segunda rechaza que existan fraccionamientos cinéticos que lleven al equilibrio entre las distintas proporciones de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ debido a la baja temperatura a la que tienen lugar estos procesos, especialmente los biológicos (Graustein 1989; Kawasaki *et al* 2002).

Factores importantes dentro de este transporte de sedimentos que pueden afectar al ratio y la concentración de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ son los ríos y los océanos, el viento o los fertilizantes. Los primeros transportan el material geológico resultante de los procesos de erosión y meteorización hasta los océanos, en su mayor parte como elementos en

suspensión. Debido a la gravedad, los sedimentos de regiones de mayor altitud se erosionan antes que los de menor altitud, afectando esto a la concentración y ratio de Sr en el agua, hecho por el cual hay una mayor correlación entre el $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de dichas rocas y el agua. En zonas de baja altitud esta relación no está tan clara ya que los ríos depositan estos sedimentos en determinadas zonas. Sin embargo, al estar continuamente transportando los mismos materiales, estos pueden servir para estudiar el Sr biodisponible. Respecto a los océanos, y como resultado de un aporte constante de sedimentos desde los continentes, el ratio de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ representa la media de la corteza terrestre de todo el mundo. Este valor es homogéneo para todos los océanos y posee un valor de 0.7092 actualmente. Las conchas marinas y otras sales carbonatadas reflejan además el valor del océano en el momento en el que se formaron y pueden usarse para conocer la procedencia cuando aparecen como restos arqueológicos (Vanhaeren *et al* 2004). El viento también puede transportar sedimentos a cortas y largas distancias, afectando a los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Chadwick *et al* 1999) así como los fertilizantes en época contemporánea (Böhlke y Horan 2000).

Sin embargo, las plantas han demostrado ser unos indicadores fiables y estables del Sr biodisponible a nivel local. Incluso en presencia de varias unidades geológicas con diferentes ratios, estas muestran bastante consistencia (Sillen *et al* 1998), efecto que se incrementa a lo largo de la cadena alimenticia, hasta llegar a los humanos (Burton *et al* 1999). Un efecto que sucede a medida que ascendemos por la misma es una disminución de la proporción Sr/Ca conocida como *biopurificación* (Elias *et al* 1982), debido a que los organismos animales no absorben en la misma proporción el Sr (10-40%) que el Ca (40-80%) de la dieta, disminuyendo ese valor en un 80% a cada nivel trófico (Burton *et al* 1999, 2003). Este método para estimar la dieta de las poblaciones humanas del pasado fue usado durante un tiempo hasta ser sustituido por el análisis de isótopos estables del carbono (C) y del nitrógeno (N) (Schoeninger 1979; Sillen y Kavanagh 1982). El efecto de biopurificación también ocurre con la proporción de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ya que, por ejemplo, los herbívoros de gran tamaño y, especialmente, aquellos que realizan largas migraciones, consumen plantas de diferentes áreas, resultando en una media de los diferentes valores (Koch *et al* 1992; Koch *et al* 1995; Blum *et al* 2000). En cambio, mamíferos de pequeño tamaño como roedores, cuyo territorio es menor, han demostrado ser útiles como indicadores de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Hoppe *et al* 1999). De cualquier modo, los resultados más fiables los proporcionan restos arqueológicos animales, ya que las

muestras contemporáneas pueden verse afectadas por el uso de fertilizantes y otras sustancias (Price *et al* 2002; Bentley *et al* 2004).

Ahora bien, en muchas ocasiones en contextos arqueológicos existe la posibilidad de la contaminación postdeposicional y, en muestras muy antiguas, de cambios diagenéticos en la composición de los elementos. Ejemplos de estos procesos: filtraciones de aguas subterráneas en los enterramientos que alteren el valor del ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ *in vivo* (Hedges 2002; Lee-Thorp 2002), o absorción de otros materiales presentes en el suelo en el cual estén enterradas las muestras, dependiendo también de la porosidad del hueso (Nelson *et al* 1986; Robinson *et al* 2003). Y aunque estos elementos contaminantes tengan una señal isotópica muy parecida a la de la unidad geológica en la que se encuentran, el valor que interesa es el del Sr biodisponible. Esto tiene dos posibles soluciones. La primera es usar esmalte dental, ya que este es un tejido mineralizado y por lo tanto menos propenso a cambios en su composición (Hillson 1997; Budd *et al* 2000; Sharp *et al* 2000). En la segunda opción se trata la muestra de tejido óseo (hueso y/o dentina) con un ácido débil como el ácido acético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) cuyo pH es de 4,5 y que disolverá el Sr diagenético presente en carbonatos precipitados en los poros del hueso sin afectar al Sr unido al Ca de la hidroxiapatita (Sillen 1986; Price *et al* 1994). Sin embargo, si los cambios diagenéticos han sido considerables como la recristalización de la apatita, este método puede no ser suficiente para eliminar dicho efecto (Sillen 1986; Budd *et al* 2000).

Ahora bien, técnicamente un solo dato procedente del ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ procedente del esmalte no permite distinguir de manera automática a un individuo migrante de un individuo con un amplio rango de movilidad geográfica, ya que un valor no local de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ solamente implica que, durante un periodo de tiempo, esa persona estuvo consumiendo recursos no locales que luego se asimilaron en el esmalte dentro de esa media (Schweissing y Grupe 2003). Al igual que con los isótopos de C y N en el método de *incremental dentine analysis*, que se explicará posteriormente en el capítulo relativo a la metodología, se ha intentado realizar analizar muestras transversales de esmalte, una técnica complicada en humanos no solo por el tamaño del diente (Hillson 1997) sino por el proceso de síntesis del mismo. En cambio, en dientes animales sí que se han obtenido resultados dado el mayor tamaño del mismo, lo que permite obtener la materia de la muestra necesaria (Bentley y Knipper 2005). La formación del esmalte como hemos visto anteriormente es el proceso de biomineralización de un tejido que tiene lugar en varias fases. En la última es cuando los cristales de hidroxiapatita crecen en diferentes

direcciones en todo el momento en el que este proceso tiene lugar, que pueden ser meses o años (Fincham *et al* 1999; Montgomery y Evans 2006), razón por la cual diversos autores como los anteriores recomiendan estimar el valor del ratio de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ como la media de todo el esmalte. Una alternativa es analizar diferentes dientes con diferentes momentos de crecimiento y mineralización con el fin de obtener una secuencia que nos permita analizar patrones de movilidad geográfica a lo largo de diferentes años de la vida del individuo (Müller *et al* 2003). No obstante, hay que tener en cuenta el reto que supone intentar conocer el área donde alguien residió teniendo una sola muestra, ya que lo ideal sería estudiar estos parámetros a nivel poblacional. De esta manera se puede estudiar cómo se correlaciona el ratio de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ con otras variables biológicas y culturales como puede ser el sexo, el género, la edad, las patologías, posición y tipo de enterramiento, ajuar... todas importantes a la hora de estudiar la identidad de aquellos individuos que formaban el grupo.

5.- La alimentación y la movilidad geográfica durante la prehistoria en la Península Ibérica a través de la evidencia isotópica

5.1 Los isótopos de C y N.

A pesar de que la Península Ibérica es una de las mejores áreas para estudiar los cambios en la dieta de las poblaciones prehistóricas con la llegada del Neolítico debido, primero, a la diversidad geográfica del territorio, lo cual implicó diferentes estrategias de adaptación, y segundo, por la gran densidad poblacional durante este periodo, especialmente en el caso de la cornisa cantábrica, es un tema aún poco estudiado. Además, como se ha podido observar anteriormente en el apartado dedicado al mismo, este proceso no fue uniforme a lo largo de toda la península. Afortunadamente, desde comienzos de siglo, el estudio de la alimentación a través de los ratios de los isótopos de carbono y nitrógeno ha ido en aumento.

Los estudios isotópicos llevados a cabo en otras partes de Europa han mostrado una tendencia, que si bien no siempre se cumple, al cambio entre la dieta de los grupos mesolíticos, algunos con un importante consumo de alimentos de origen marino, y la dieta neolítica, bastante uniforme y basada en el consumo de recursos terrestres de origen C_3 (Richards y Hedges 1999; Richards *et al* 2003; Schulting 2011). Esta situación, como se verá a lo largo de este apartado, se cumple también para la Península Ibérica, si bien se observan variaciones regionales, como se verá a lo largo de este capítulo.

Los datos isotópicos de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ sobre la edad del Bronce en la Península Ibérica son, de momento, muy escasos, con pocos estudios publicados y muy separados geográficamente. Además hay que tener en cuenta que estos estudios se realizaron usando colágeno óseo, que como se desarrollará en su correspondiente apartado, la información que proporciona es la media de lo que dicho individuo consumió durante los últimos años, variando este tiempo según el hueso muestreado, ya que no es igual un fémur que una costilla. Las nuevas metodologías de análisis isotópico en series de dentina están permitiendo aumentar la resolución temporal y explorar la dieta en diferentes momentos del ciclo vital de los individuos. Así Montgomery *et al* (2013) aplicó este método en dientes procedentes del yacimiento de Sumburgh, en las islas Shetland, y observó que durante los primeros momentos del Neolítico se producía un consumo esporádico de recursos marinos mantenido durante varios años, lo que los autores relacionaron con una

vuelta a este tipo de alimentación cuando las cosechas fallaban, algo que sería bastante frecuente teniendo en cuenta las hostiles condiciones de esta área geográfica. En el contexto de la Península Ibérica, el análisis secuencial de dentina se aplicó a dientes del Neolítico Final del sitio de Alto de la Huesera (Rioja Alavesa) para estudiar los patrones de destete, encontrando que este se daba antes en individuos masculinos que femeninos, lo cual sería debido a una preferencia de cuidados sobre los primeros (Fernández-Crespo *et al* 2018).

5.1.1 La región cantábrica.

El primer estudio que aplicó este tipo de análisis en esta región aparece publicado en el artículo del profesor Pablo Arias (2006), en el cual se analizaron restos humanos de diferentes yacimientos mesolíticos (Los Canes, J3, Poza l'Egua y Colomba), Neolíticos (una muestra de los Canes, y el sitio megalítico de Coto de la Mina) y uno de la Edad del Bronce (Garma A). Años más tarde se obtendría información del yacimiento mesolítico de la Braña-Arintero (Arias y Schulting 2010), y de Santimamiñe para los periodos Mesolítico y Edad del Bronce (Sarasketa-Gartzia *et al* 2018).

Así durante el Mesolítico, se observa una división entre los yacimientos de los Canes, la Braña-Arintero y Santimamiñe, donde la alimentación se basaba en los recursos terrestres, como plantas C₃, y una ingesta moderada de proteínas de origen animal, y los yacimientos de J3, Colomba y Poza l'Egua, con una dieta marcadamente de origen marino. Durante el Neolítico, solo hay disponibles dos datos, una muestra de los Canes y otra de Coto de la Mina, y ambos muestran una dieta similar a la de los tres primeros yacimientos mencionados, en lo que parece ser una continuación de las costumbres alimenticias en el siguiente periodo prehistórico.

Los siguientes datos para la región cantábrica se sitúan ya en la Edad del Bronce, con un importante salto temporal entre periodos. El estudio realizado sobre un individuo del yacimiento de La Garma A (Arias 2005) y sobre los restos humanos pertenecientes a tres individuos que habitaron el yacimiento de Abrigo de la Castañera (Cantabria) durante finales del III milenio cal BC y comienzos del II milenio cal BC (Jones *et al* 2019). En ambos casos, los cuatro individuos muestran una dieta basada en plantas C₃ con consumo moderado de recursos proteicos, en los que además se aprecia cierta diferencia en el consumo de estos (Jones *et al* 2019). Próximo geográficamente se encuentra el

enterramiento colectivo de Cova do Santo (Orense), donde los 13 individuos analizados reflejan algo similar al yacimiento anterior: una dieta basada en plantas C₃ con consumo moderado y diferencial a los recursos proteicos (López-Costas *et al* 2015).

Por desgracia, por el momento no existen más estudios que hayan usado los isótopos estables para conocer la alimentación de los grupos prehistóricos de estos periodos en la región. Esa es una de las razones de la importancia de este trabajo de tesis, ya que la aplicación de nuevas metodologías puede proporcionar información muy valiosa sobre el tema. Sin embargo, sí que existe información disponible de estudios realizados en otras zonas de la Península Ibérica, para el mismo periodo, como se mostrará posteriormente.

5.1.2 El interior de la Península Ibérica y zonas cercanas a la región cantábrica.

Con respecto al interior de la Península Ibérica, los estudios son menos numerosos y en ocasiones abarcan distintos periodos consecutivos. Centrándonos primero en la zona del valle del Ebro, situado entre la cordillera pirenaica y el sistema ibérico, y una de las regiones por las que penetró el Neolítico en la península, se encuentra el análisis realizado sobre los individuos datados en el Neolítico temprano de Cueva de Chaves, los cuales muestran una dieta C₃ con alto consumo de proteínas de origen animal, tanto domésticos como salvajes (Villalba-Mouco *et al* 2018a). Los datos isotópicos de Fuente Hoz (Álava), fechados durante el Neolítico Temprano y Medio, muestran una alimentación basada en plantas C₃ con consumo de animales tanto domésticos como salvajes (Sarasketa-Gartzía *et al* 2018b), los mismos autores analizaron también el yacimiento de Kurtzebide (Álava), donde los restos humanos pertenecientes a la transición entre el Neolítico Final y el Calcolítico mostraron valores similares, con una dieta C₃ (Sarasketa-Gartzía *et al* 2018b). El estudio realizado en la cueva de San Juan (Huesca), con ocupación durante el Neolítico Final y el Calcolítico, muestra también una dieta C₃ de origen terrestre y bastante homogénea entre toda la población y a lo largo de ambos periodos (Villalba-Mouco *et al* 2018b). En este mismo periodo se sitúa el estudio de Fernández-Crespo y Schulting (2017), donde analizaron 166 individuos tanto de contextos megalíticos (El Sotillo, Alto de la Huesera, Chabola de la Hechicera y Longar) como enterrados en cuevas (Las Yurdinas II, Los Husos I y Peña Larga). Los resultados mostraron en todos los individuos una dieta C₃, si bien estos valores eran ligeros pero significativamente más positivos en los

monumentos que en la cuevas (Fernández-Crespo y Schulting 2017). Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ mostraban mucha más variabilidad entre yacimientos, incluso del mismo tipo, mostrando el acceso diferente a estos recursos (Fernández-Crespo y Schulting 2017). El yacimiento del Alto de Reinoso (Burgos), del Neolítico final, mostró dieta C3 para los 29 individuos analizados, con todos los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 9 y 11‰ (Alt *et al* 2016).

Posteriormente, la cueva de Abauntz, usada como espacio sepulcral desde mediados del IV milenio cal BC hasta mediados del III milenio cal BC, durante el Calcolítico, proporciona información orientada en la misma dirección: una población cuya dieta estaba basada en recurso C₃ y con un consumo proteico basado ya en animales domésticos (Villalba-Mouco *et al* 2018c). El enterramiento colectivo del Calcolítico Medio de la Atalayuela (La Rioja), del cual se estudiaron 43 individuos, muestra también una dieta C₃ con consumo moderado de animales domésticos (Fernández-Crespo *et al* 2019), aunque uno de los individuos muestra valores más positivos de $\delta^{13}\text{C}$, estos no han sido interpretados como evidencia de consumo de plantas C₄. Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas en el acceso a ciertos recursos por parte de los individuos de sexo masculino del grupo, teniendo los individuos de sexo femenino e infantiles una dieta más similar, lo cual interpretaron los autores del estudio como un mayor poder o influencia político-social por parte de los primeros, incluso como evidencia de una división del trabajo entre sexos (Fernández-Crespo *et al* 2019). Se analizó también un individuo calcolítico procedente de la cueva de Karea (Guipuzkoa) que mostró evidencias de una dieta terrestre C₃ sin ningún aporte de recursos dulceacuícolas a pesar de la cercanía del yacimiento a diferentes cursos de agua (Aranburu-Mendizabal *et al* 2018).

El yacimiento de Santimamiñe (Vizcaya), como ya se ha podido comprobar con anterioridad en este apartado, muestra una secuencia que va desde el Mesolítico (ya tratados) hasta la edad del Bronce, aunque con pocos individuos analizados. Los dos individuos neolíticos y el individuo calcolítico muestran una dieta muy similar tanto entre ellos como con otros yacimientos del mismo periodo, con valores C₃. Sin embargo, el individuo del Bronce muestra mayores valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ que podrían ser indicativos de consumo de recursos marinos por parte del mismo (Sarasketa-Gartzía *et al* 2018a). Estos mismos investigadores publicaron conjuntamente en el mismo artículo los datos del yacimiento calcolítico de Pico Ramos (Vizcaya), donde los 22 individuos mostraron

consumo de plantas C₃, si bien variando en el consumo de recursos proteicos (Sarasketa-Gartzía *et al* 2018a).

En el centro peninsular, están disponibles los estudios sobre el yacimiento de la edad del Bronce de Castillejo del Bonete (Ciudad Real), el yacimiento de Motilla de Azuer (Ciudad Real) y el yacimiento del Bronce de Los Tolmos en Soria. Si bien a la hora de comparar los resultados entre ambos sitios hay que tener en cuenta la distancia geográfica que los separa. En el primer caso, los cinco individuos analizados de este periodo muestran una dieta C₃ con consumo moderado de proteínas de origen animal (Salazar-García *et al* 2013). Tres de estos cinco muestran incluso un pequeño aporte de recursos marinos en su dieta, un hecho que no se había observado con anterioridad, y que no es probable se deban al consumo de recursos C₄ (Salazar-García *et al* 2013). Los valores del segundo muestran unos valores de carbono muy homogéneos y relativos a una dieta de plantas C₃, mientras que los valores de nitrógeno son más heterogéneos, reflejando diferente acceso y consumo de recursos proteicos (Nájera Colino *et al* 2010). Por otro lado, el yacimiento de Los Tolmos se trata de un enterramiento triple, en el que el análisis de ADN mostró que estaba constituido por una mujer y su descendiente perinatal, y otro individuo femenino de mayor edad no relacionado genéticamente con estos (Esparza *et al* 2017). Los dos adultos mostraban valores de $\delta^{13}\text{C}$ compatibles con una dieta basada en plantas C₃, pero los valores de $\delta^{15}\text{N}$ eran más altos en la madre del bebé, lo cual puede deberse a un periodo de estrés a finales del embarazo o a un mayor consumo proteico (Esparza *et al* 2017). El individuo perinatal, a su vez, mostraba mayores valores en ambos isótopos que las dos mujeres, lo cual se da durante la lactancia, aunque la vida de este no fue muy larga (Esparza *et al* 2017).

5.1.3 La región mediterránea.

Durante el primer periodo, el Mesolítico, se detecta consumo de recursos marinos en los yacimientos de Cingle del Mas Nou y en Santa Maira (Salazar-García *et al* 2014), así como en algunos individuos de El Collado (García-Guixé *et al* 2006), mientras que otros individuos del mismo sitio no muestran evidencia de este tipo de dieta, como también ocurre en Casa Corona (Fernández-López de Pablo *et al* 2014) y Peña del Comptador (Salazar-García *et al* 2014). Sin embargo, en el caso de estos yacimientos que no han revelado dieta marina, habría que tener en cuenta que estos grupos e individuos

podrían haber consumido peces de aguas salobres y de estuarios, con lo cual sus valores, especialmente los relativos al $\delta^{13}\text{C}$ no serían los esperados (France 1994).

Los datos aportados por los análisis realizados en poblaciones neolíticas muestran una tendencia al abandono de una dieta más heterogénea y con consumo de recursos marinos, por otra terrestre y más uniforme, basada en plantas C_3 y con consumo de proteínas de origen terrestre. Esto ocurre en la fase inicial y final del Neolítico en el yacimiento de Costamar (Salazar-García 2009), Bòbila Madurell y Can Gambús (Fontanals-Coll *et al* 2015), Can Gelats y Puig d'en Roca (Gibaja *et al* 2016), Feixa del Moro (Remolins *et al* 2016), los yacimientos de Can Roqueta- Can Revella, Ceuró, Costa dels Garrics del Caballol, el Llord, Hort d'en Grimau, Horts de Can Torras, Pujolet de Moja y Revella (Fontanals-Coll *et al* 2017), y Cueva de Nerja (Salazar-García *et al* 2017). Esta situación se mantuvo en el tiempo, ya que a comienzos del Calcolítico no se observa cambios en la dieta, como evidencian los análisis llevados a cabo en Avenc dels Dos Forats y Cova de la Pastora (McClure *et al* 2011), La Vital (Salazar-García 2011), Coveta del Frare (García-Borja *et al* 2013), y Cova dels Diablets (Salazar-García 2014). Es cierto que existen dos excepciones para esta tendencia, el sitio de Tossal de les Basses (Salazar-García *et al* 2016), y un varón adulto procedente del sitio de Can Gambús (Fontanals-Coll *et al* 2015). De todos modos, como se mencionó anteriormente, no se puede rechazar la hipótesis de que en algunos yacimientos se consumieran peces de aguas salobres, cuyos valores isotópicos son más complicados de interpretar.

El estudio de los yacimientos mediterráneos con restos calcolíticos realizados en Avenc del Dos Forats (García *et al* 2010), Cova La Pastora (McClure *et al* 2011), y Cova de la Guineu (Villalba-Mouco *et al* 2018c) muestran, en los tres casos, dietas C_3 , con consumo moderado de proteínas, aunque uno de los dos individuos del segundo lugar exhibe mayor consumo proteico que el resto, situación que se repite en el tercer yacimiento pero con mayores diferencias, evidenciando aún más desigualdad en el acceso a estos recursos y, probablemente, mayor estratificación social, si bien el tamaño muestral también es mucho mayor.

Finalmente, para la Edad del Bronce, existe un estudio realizado sobre restos humanos y cánidos de los yacimientos de Can Roqueta (Barcelona) y Minferri (Lleida) (Grandal-d'Anglade *et al* 2019), el primer cercano a la costa y el segundo en el interior, pero ambos del Bronce Inicial y Medio. Si bien el objetivo original del estudio consistía

en comparar la dieta entre ambos grupos, humanos y cánidos, los datos son relevantes y útiles para el actual trabajo. Los 64 individuos analizados muestran valores de $\delta^{13}\text{C}$ relativos a una dieta basada en plantas C_3 , si bien algún individuo infantil presenta valores algo más positivos debido, con total seguridad, al efecto de la lactancia sobre el mismo a juzgar también por los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (Grandal-d'Anglade *et al* 2019). Existen diferencias significativas en los valores de este último isótopo entre los individuos masculinos de la población, donde estos tienden a ser más altos, y los individuos femeninos e infantiles que, sin embargo, tienen una dieta y valores semejantes a la de los cánidos, lo cual los autores relacionan con un cuidado de estos por parte de estos dos sectores de la población (Grandal-d'Anglade *et al* 2019). Los dieciséis individuos procedentes del yacimiento de Tossal del Mortòrum también mostraron una dieta terrestre basada en plantas C_3 , si bien existe la posibilidad de un consumo mínimo de recursos C_4 , y con valores de $\delta^{15}\text{N}$ un nivel por encima de los herbívoros del lugar (Salazar-García 2017).

5.1.4 El sur de la Península Ibérica.

En cuanto al interior del sur de la Península Ibérica, solamente existen dos estudios realizados sobre restos calcolíticos, el primero en la estructura megalítica de Valencia de la Concepción-Castilleja de Guzmán (Sevilla), estos vuelven a mostrar una dieta basada en plantas C_3 aunque dos individuos difieren en el consumo de proteínas, mostrando mayores valores de $\delta^{15}\text{N}$. En el otro, el yacimiento de Marroquíes (Jaén), donde solamente se analizaron los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en apatita, mostrando de nuevo el consumo de plantas C_3 (Díaz-Zorita Bonilla *et al* 2018). En todos estos contextos, la diferencia en el acceso a los productos animales puede haberse debido a la estratificación social presente ya en estos periodos.

Respecto a la Edad del Bronce, existen dos estudios de 2019 que analizan varios yacimientos relacionados con la cultura argárica. El primero de ellos centrado en las estructuras megalíticas de El Barranquete (Almería), donde se analizaron 32 muestras, y Panoría (Granada), con 19 muestras (Díaz-Zorita *et al* 2019). Los valores de carbono en ambos casos son bastante homogéneos, evidenciando una dieta basada en plantas C_3 , y variando los valores de nitrógeno, como ya se ha visto en varios yacimientos del mismo periodo o anterior, lo cual proporciona información sobre una estratificación social en

estos grupos (Díaz-Zorita *et al* 2019). El segundo estudio analiza cuatro yacimientos del sur peninsular: Navila I y Cuesta del Negro en la provincia de Granada, y Baeza y Úbeda en la provincia de Jaén, a lo largo de varios milenios. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de todos los yacimientos se incrementan ligeramente, indicando cambios medioambientales hacia un paisaje más árido y menos húmedo donde las poblaciones no dejaron de consumir productos C_3 (Molina-González *et al* 2019). Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ revelan mucha más información como: 1) un mayor consumo de recursos proteicos en el yacimiento de Cuesta del Negro en comparación con los otros, 2) un incremento de los valores de este isótopo en todos los yacimientos a lo largo del II milenio BC, relacionado con un aumento de la jerarquización social en la cultura argárica, 3) un mayor consumo por parte de los hombres de los recursos proteicos, si bien la situación inversa encontrada en tumbas dobles indicaría que estas relaciones de género serían secundarias a aquellas de estatus y clase social (Molina-González *et al* 2019).

5.1.5 La región atlántica.

En el primer periodo, durante el Mesolítico en la región que actualmente ocupa Portugal, se observa gran variabilidad en los valores de los isótopos estables, con algunos yacimientos en los que la presencia de alimentos de origen marino es considerable, como es el caso de Moita do Sebastiao, Cabeço de Pez, Cabeço da Arruda y Cabeço da Amoreira (Lubell *et al* 1994; Fontanals-Coll *et al* 2014; Guiry *et al* 2015; Peyroteo-Stjerna 2016). Esta situación cambia durante el Neolítico, cuando la alimentación se hace más homogénea, basándose en recursos terrestres de origen C_3 (Carvalho y Petchey 2013; Carvalho *et al* 2016). Si bien existen excepciones, como los individuos procedentes de los yacimientos de Lagar 1, Cerca do Zambujal, y Samouqueira, este último manejado con cuidado por problemas con su datación (Lubell *et al* 1994; Zilhao 2000; Guiry *et al* 2016; Jackes y Lubell 2016).

Los datos publicados para el periodo Calcolítico, se encuentran la tesis doctoral y los trabajos de Waterman (2012, 2014) realizada en yacimientos calcolíticos de Portugal, desde el segundo tercio del IV milenio cal BC hasta finales del primer tercio del II milenio cal BC. Se trata de los sitios de Cova da Moura, Bolores, Feteira II, Tholos, Cabeço da Arruda I, Zambujal, Borracheira, Lapa Rainha II y Paimogo I, donde todas las muestras de colágeno de los individuos analizados muestran valores de $\delta^{13}\text{C}$ propios de una dieta

C₃, mientras que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de apatita sí muestran ese consumo de recursos C₄ en la dieta que no se ven reflejados en el otro tejido, debiéndose esto a las diferentes rutas metabólicas por las que circulan los isótopos hasta que se incorporan a los distintos tejidos, ya que el colágeno es una proteína que se sintetiza. De hecho, si un alimento no supera el 20% de la dieta esto no será observado (Hedges 2003). Sin embargo, en la mayoría de estos yacimientos muestran grandes diferencias en los valores de $\delta^{15}\text{N}$, las cuales no se deben al consumo de recursos marinos, si no a un acceso diferencial en el acceso de los recursos animales.

5.1.6 La transición a la agricultura en otras regiones de la Europa atlántica.

Ya desde el comienzo de la aplicación de los análisis isotópicos en el estudio de la dieta, en los años 80, se notó un cambio brusco en la alimentación entre los grupos humanos mesolíticos y neolíticos, como por ejemplo en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de yacimientos procedentes de la actual Dinamarca (Tauber 1981, 1986), donde durante el Mesolítico tuvieron bastante importancia los recursos dulceacuícolas (Fischer *et al* 2007). Estudios posteriores en diferentes puntos confirmaron los cambios alimenticios ya observados tanto en la región de Bretaña (Schulting y Richards 2001) como en distintos lugares de las Islas Británicas, tanto en Gran Bretaña como en Irlanda (Richards y Mellars 1998; Schulting y Richards 2002a, 2002b; Woodman 2004; Schulting *et al* 2012; Schulting *et al* 2013; Ditchfield 2014). Sin embargo, ya en el Neolítico algunos yacimientos, como el de Totty Pot (Inglaterra) muestra evidencias de un consumo continuado durante el Neolítico de recursos de agua dulce (Schulting y Richards 2002a, 2002b).

En cambio, datos isotópicos procedentes la costa este de la actual Suecia muestran justamente lo contrario, un aprovechamiento continuado de recursos marinos, mostrando así la existencia de variaciones regionales en un modelo que asumía una rápida adquisición del estilo de vida neolítico (Richards *et al* 2003; Eriksson 2004; Lidén *et al* 2004; Fornander *et al* 2008). Sin embargo, esto se debe a la existencia de dos culturas diferentes conviviendo geográficamente muy próximas entre sí, una dedicada a la agricultura y la otra a la caza de focas, aunque esta última con presencia cerámica en el registro arqueológico (Lidén *et al* 2004; Eriksson *et al* 2008).

En otras regiones, como las que ocupan actualmente los países de Holanda y Bélgica, muestran un elevando consumo de recursos dulceacuícolas durante ambos periodos, incluso aumentando el consumo en el Neolítico (Bocherens *et al* 2007; Smits y Van der Plitch 2009; Van der Plitch *et al* 2016).

En una reciente revisión del tema realizada por el profesor Rick Schulting (Schulting 2018) sobre yacimientos de Europa Occidental, se observan diferencias en la medias de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre los yacimientos mesolíticos costeros (con un valor de -16,5‰) y los de interior (-20,7‰). Esta diferencia entre valores procedentes de los dos distintos lugares geográficos no se repite ni para los valores de $\delta^{15}\text{N}$ ni para los valores de ambos isótopos durante el Neolítico (Tabla 8).

	$\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ Media	$\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ DS	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ Media	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ DS
<i>Mesolítico</i>				
Costero	12,2	2,3	-16,5	2,3
Interior	12,5	2,4	-20,7	1,8
Cazadores de focas (Suecia)	16,1	0,8	-14,9	0,7
<i>Neolítico</i>				
Costero	9,9	1,7	-19,8	1
Interior	9,6	1,1	-20,1	0,6

Tabla 8: resumen de la media y desviación estándar de los valores isotópicos para yacimientos mesolíticos y neolíticos costeros y de interior. Fuente: Schulting 2018.

Como se puede observar en la tabla 8, el consumo de recursos marinos sería mayor en los yacimientos costeros que en los de interior, donde en cambio se estarían consumiendo recursos de agua dulce (Schulting 2018). Entre los primeros además se encuentra una variabilidad intrapoblacional, donde existen individuos consumiendo casi exclusivamente estos recursos marinos, mientras que en otros, estos alimentos apenas son perceptibles.

En cambio, salvo por los grupos de cazadores de focas que habitaron la actual Suecia, y en los cuales se encuentran restos de cerámica, todos los demás yacimientos

neolíticos analizados no muestran a nivel poblacional un alto consumo de recursos marinos, incluso los yacimientos costeros (Schulting 2018). Pero sí que existen individuos con valores isotópicos compatibles en dos yacimientos: Resmo (Suecia) y Schipluiden (Países Bajos), siendo claramente *outliers* dentro del grupo (Schulting 2018). Es además en estos dos yacimientos, junto con Le Déhus (Islas del Canal) donde se encuentran también evidencias de consumo de recursos de agua dulce (Schulting 2018).

Finalmente, el autor apunta a una mayor dependencia por los recursos marinos en la vertiente atlántica europea en comparación con la vertiente mediterránea, lo cual probablemente se deba tanto a una menor productividad como a un menor rango intermareal en el mar Mediterráneo (Caddy 1993; Schulting 2018).

5.1.7 La evidencia del consumo de recursos C₄ durante la Edad del Bronce.

Aunque, en la Península Ibérica, el consumo de plantas C₄ aparece ya durante el Calcolítico, sin embargo, este consumo solamente ha sido registrado a través de la apatita y no del colágeno óseo (Waterman 2012, 2014; Díaz-de-Río *et al* 2017; Díaz-Zorita Bonilla *et al* 2018), ambos con rutas metabólicas distintas. Sin embargo, fuera de este territorio y para todo Eurasia, en sentido amplio, existen dos revisiones de los datos publicados hasta el momento que explican cómo se pudo producir la expansión de estos cultivos C₄, especialmente para el mijo. Aunque ambos exploran este asunto a un nivel mucho mayor, casi supracontinental, también proporcionan información detallada para el oeste de Europa. Es más, los dos estudios localizan la domesticación de estos cereales en la actual China, desde donde potencialmente, se expandieron (Lightfoot *et al* 2013; Liu *et al* 2019).

Según el primero (Lightfoot *et al* 2013), las evidencias más antiguas de consumo de plantas C₄ en Europa (y fuera de China) se encuentran en Hungría, datando del periodo 6000-4000 cal BC, donde dos de cuatro individuos muestran valores de $\delta^{13}\text{C}$ enriquecidos, aunque la falta de datación directa puede arrojar dudas sobre estas fechas (Pearson and Hedges 2007). La siguiente evidencia, procedente de muestras animales, se sitúa en el yacimiento de Nargas Tepe (Irán) entre el 4000-3000 cal BC (Ramaroli *et al* 2010), si bien los autores advierten de la falta de estudio sobre la posibilidad de consumo de plantas C₄ salvajes (Lightfoot *et al* 2013). Durante el III milenio cal BC solamente se encuentran otras dos evidencias: una en Rusia (Svyatko *et al* 2007) y otra en Grecia

(Richards y Vika 2008). A partir de este momento, las evidencias aumentan considerablemente para la región europea.

Existen diez estudios con evidencias de consumo de plantas C₄ en Europa durante el II milenio cal BC, si bien algunos de estos yacimientos incluso alargan las fechas hasta el I milenio cal BC. Seis de estos yacimientos se encuentran en Grecia (Triantaphyllou 2001, en prensa; Richards y Hedges 2008; Petroutsas y Manolis 2010), uno en Ucrania (privat 2004), otro en Croacia (Lightfoot *et al* 2012) y dos en Italia (Tafuti *et al* 2009; Varalli *et al* 2016). En algunos de estos yacimientos, toda la población consumía mijo mientras que en otros, solo una parte del grupo era quienes se alimentaban de este de forma sostenida como para ser observada a nivel isotópico (Lightfoot *et al* 2013), lo que significa que había grupos que adoptaron ese alimento como base de toda la dieta.

La evidencia ya durante el I milenio cal BC es mucho mayor, y aunque se escapa del rango temporal que abarca esta tesis, ya que se trata de poblaciones de la Edad del Hierro, supone el momento en el que el consumo de este tipo de recursos se generaliza en todo Europa (Lightfoot *et al* 2013).

La otra revisión acerca del movimiento de cultivos en la prehistoria (Liu *et al* 2019) comparte autores con la anterior, motivo por el cual tienen muchos puntos en común, aunque el enfoque sea distinto. En este se habla de un intercambio “Trans-euroasiático” con intercambios de cultivos a lo largo del continente, incluso con el norte de África, comparándolo con una especie de globalización a nivel prehistórico (Liu *et al* 2019). Así el periodo desde el inicio de la agricultura y hasta el comienzo del V milenio cal BC estaría marcado por el oportunismo ecológico, donde estos primeros agricultores ocuparon zonas de máxima productividad pero a pequeña escala, y donde la expansión de estos cultivos se producía por la creciente necesidad de estar conectados, ya sea para localizar nuevas tierras u otros recursos, incluido pareja reproductora (Liu *et al* 2019). Entre comienzos del V milenio cal BC y hasta mediados del III milenio cal BC (2500 cal BC) se produce una mayor expansión pero siempre siguiendo la distribución de nichos ecológicos ya conocidos, y en puntos estratégicos de rutas de contacto entre diferentes grupos humanos, lo que permitía la reunión de los mismos con fines sociales (Liu *et al* 2019). Finalmente, la tercera etapa se desarrollaría entre mediados del III milenio cal BC y mediados del II milenio cal BC (2500-1500 cal BC), durante estos momentos se produjeron movimientos que permitieron la expansión de ciertos cultivos, que tuvieron que adaptarse a nuevos y diferentes nichos ecológicos, así como los grupos humanos

tuvieron que aprender cómo cuidar estas nuevas especies (Liu *et al* 2019), y aunque los aspectos medioambientales pesen sobre cómo se produce la expansión de estos nuevos cultivos, no se puede desechar el contexto social que lo acompaña, por el cual algunos grupos serían más abiertos a aceptarlos mientras que se produciría un rechazo por parte de otros.

Todos estos datos, concuerdan con la introducción de los cultivos C₄, entre ellos el mijo, en la cornisa cantábrica a lo largo del II milenio cal BC, como se ha podido observar en la cueva de los Canes, en la transición entre el Bronce Medio y el Final, donde se atisba ya un nuevo tipo de sociedad (Ontañón 2012). En cambio sí existe evidencia carpológica anterior a la isotópica. Hay que tener en cuenta la ventaja de estos tipos de plantas es que se dan en climas más áridos y secos, y además desarrollan sus ciclos durante el verano. Esto permite una gran ventaja en su cultivo, ya que permite explotar la tierra durante todo el año, intensificando así la producción alimenticia y confiriendo una gran ventaja adaptativa a aquellos grupos que los usaran. Por este motivo, se debe seguir estudiando este período, poniendo especial énfasis en la transición entre el Bronce Medio y el Final.

5.2 El estudio de la lactancia materna y el proceso de destete a través de los isótopos estables de carbono y nitrógeno.

A medida que el análisis de los isótopos estables de carbono y nitrógeno se fue consolidando y aumentaron el número de estudios que usaban estas metodologías, muchos investigadores fijaron hace ya 30 años su atención en la lactancia materna y el posterior proceso del destete. Estos hechos que ocurren durante los primeros años de vida son uno de los periodos clave del ciclo vital humano y de la vida de cada individuo, motivo por el cual también se ha estudiado desde el punto de visto de la evolución humanad (Fogel *et al* 1989; Katzenberg *et al* 1993; White y Schwarcz 1994; Lee 1996; Bogin 1997; Schurr 1997; Lewis y Gowland 2007; Hewlett y Lamb 2005; Kennedy 2005; Sellen 2007; Humphrey 2010). Una revisión sobre el uso de otras metodologías en el estudio del proceso del destete tales como los elementos traza, los isótopos de azufre y oxígeno, y los ratios del calcio con el estroncio y el bario puede encontrarse en Tsutaya y Yoneda (2015).

Tanto la lactancia materna y el destete, momento en el cual se introducen los alimentos complementarios, son procesos muy complejos y con un fuerte impacto en la salud del individuo a lo largo de toda su vida, tiene que realizarse correctamente y en el momento adecuado (Dettwyler y Fishman 1992; Katzenberg *et al* 1996; WHO 1998, 2003; 2009). Estos están condicionados por las necesidades fisiológicas y nutricionales del lactante, sin embargo, también se ven influenciados por diferentes aspectos socioculturales como son las creencia religiosas (Ineichen *et al* 1997; Fouts 2004), la comprensión acerca de la salud y la alimentación de cada grupo humano (Howie *et al* 1990), las relaciones e identidades socioeconómicas de los progenitores y del lactante (Fildes 1995). Y finalmente, tanto por la disponibilidad de los recursos como por la propia movilidad del grupo influyen en estos procesos (Schurr y Powell 2005). Así, el estudio de la infancia y la alimentación durante estos años, proporcionan información no solo sobre aspectos culturales de los grupos humanos a cuya evidencia explícita no podemos aproximarnos desde otros aspectos materiales (Fernández-Crespo *et al* 2018), si no también información acerca de las dinámicas de la morbilidad, mortalidad y fertilidad relativas a una población (Halcrow y Tayles 2011).

La leche materna, que supone el único alimento del lactante durante los primeros meses de vida, es fácilmente digerible y posee una gran cantidad de nutrientes y anticuerpos, lo cual define gran parte de la salud del individuo a lo largo del ciclo vital (Barker 1998; Harris 2001; Lönnerdal 2000). Esto le supone a la mujer que amamanta un gran gasto calórico y una reducción en la capacidad reproductiva (amenorrea secundaria) debido a una dismunición de la hormona luteinizante (Short 1987; Borgerhoff-Mulder 1992; Vitzhum 1994; Wood 1994; Sellen 2006; WHO 2009; Lawrence y Lawrence 2011), con lo cual las lactancias largas pueden ser usadas como método anticonceptivo y también indican una mayor inversión parental en el lactante (Trussell 1979; Bongaarts y Porter 1982; Campbell y Wood 1988; Wood 1994; Fernández-Crespo *et al* 2018). Una lactancia materna larga también pueden ser una estrategia tomada en periodos de escasez, como se ha observado tanto en el pasado como en nuestros días (Lindstrom y Berhanu 2000; Sandberg *et al* 2014) a nivel etnográfico. Tanto el tiempo de lactancia (tiempo de inversión maternal directo) como la duración del proceso de destete, y la composición de los alimentos complementarios o incluso específicos y especiales de este momento (Fouts 2004) que se introducen, son estrategias parentales tomadas en base a diferentes razones socioculturales (Quinlan 2007; Fernández-Crespo *et al* 2018), relacionadas incluso con

el género (Divale 1970; Divale y Harris 1976) y la edad social del lactante (qué alimentos debería tomar para cierta edad) o su situación de vulnerabilidad (Messer 1997).

Además, como se ha mencionado en el anterior párrafo, el proceso de destete puede producir un deterioro en el sistema inmunológico del lactante que ya no recibe anticuerpos y tiene que producirlos por él mismo, al mismo tiempo que aumenta la exposición a patógenos externos por diferentes medios, incluido mediante los alimentos a ingerir, aumentando el riesgo de infecciones intestinales y problemas inmunológicos (Motarjemi *et al* 1993; Pearson *et al* 2010; Martin y Sela 2013). A pesar de los riesgos asociados al cambio de dieta y la introducción de alimentos complementarios, este proceso debe realizarse ya que a partir del sexto mes y hasta el año, la lactancia materna en vez de su totalidad solo provee la mitad de los requerimientos nutricionales y energéticos del lactante, cantidad que se reduce a un tercio entre el primer y segundo año de lactancia (Michaelsen *et al* 2000; Dewey y Brown 2003; Kramer y Kakuma 2004; WHO 2005), motivo por el cual la complementación alimentaria es necesaria. De hecho, se ha observado un aumento de la mortalidad por desnutrición en condiciones de lactancia exclusiva prolongada (Sandberg *et al* 2014).

La desnutrición se produce cuando el cuerpo no obtiene los nutrientes ni las calorías necesarias para su correcto funcionamiento y reacciona para compensar los efectos de esta escasez (Osmani 1992; Shetty 2006). Cuando esta situación es de corta duración, el cuerpo realiza un ajuste metabólico movilizand las reservas y reciclando los componentes existentes hasta que la ingesta mejore, sin que esto provoque cambios a largo plazo en el organismo (Srinivasan 1992). En cambio, la desnutrición de larga duración provoca cambios en el metabolismo y en la condición física, principalmente la estatura (Fogel 1986; Floud *et al* 1990; Black *et al* 2008; Victora *et al* 2008; Dewey y Begum 2011; Sharpe 2012) del individuo que lo acompañarán durante toda su vida, incluso si esta se produce durante la gestación (Baker 1998), incluso llegando a afectar a la descendencia (Heijmans *et al* 2008; Champagne 2013)

Los estudios isotópicos sobre la lactancia y el destete se basen en identificar un aumento en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ relacionado con la ingesta de leche materna, ya que los lactantes se presentan como un nivel trófico superior respecto a las madres (Fuller *et al* 2006a; de Luca *et al* 2012; Herrscher *et al* 2017), como indican estudios realizados en contexto clínico usando pelo y uñas (Fogel *et al* 1989; Schurr 1997; Millard 2000;

Fuller *et al* 2006a; Bourbou *et al* 2013). Tras el comienzo del periodo del destete, los valores de ambos isótopos generalmente disminuyen hasta alcanzar valores próximos a los del resto de la población y pueden usarse para realizar comparaciones intergeneracionales para una misma población (Fogel *et al* 1989; Millard 2000; Richards *et al* 2002; Fuller *et al* 2003; Fuller *et al* 2006a; Turner *et al* 2007; Jay *et al* 2008; Triantaphyllou *et al* 2008; Oelze *et al* 2011; Beaumont *et al* 2015; DeWitte y Stojanowski 2015; Reynard y Tuross 2015). Este modelo se basa en cuatro suposiciones que se detallarán a continuación: 1) que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de las mujeres lactantes se encuentran dentro de la desviación estándar de la media poblacional de las mujeres, 2) que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ del colágeno fetal también se encontrarán en este rango ya que durante este periodo la alimentación procede de la madre via placenta, 3) que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ procedentes del colágeno de individuos infantiles reflejan la dieta del individuo a la edad de muerte, y 4) que los individuos infantiles que no sobrevivieron son representativos para el total de la población a esa edad, especialmente respecto a la salud y la dieta (paradoja osteológica) (Beaumont *et al* 2015).

Sin embargo, diferentes estudios ponen en entredicho este modelo, ya que la relación entre madre y lactante es más compleja de lo que el modelo pronostica. Respecto al segundo punto, se han hallado valores de $\delta^{15}\text{N}$ por encima de la desviación estándar de la media poblacional de mujeres en individuos aún no nacidos y neonatos (Richards *et al* 2002; Fuller *et al* 2006b; Kinaston *et al* 2009; Nitsch *et al* 2011), lo cual se ha sugerido que estos valores realmente estarían reflejando un periodo de estrés materno durante el embarazo (Kinaston *et al* 2009) o a una estimación dental imprecisa, infraestimando la edad de estos individuos (Pearson *et al* 2010). El caso contrario, unos valores de $\delta^{15}\text{N}$ por debajo de esa desviación estándar, han sido interpretados como un corto o incluso ningún acceso a la leche materna (Jay *et al* 2008; Nitsch *et al* 2011). Además, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la madre durante el embarazo pueden variar por cambios en la dieta, en su propia fisiología o por periodos de estrés (Fuller *et al* 2004; Fuller *et al* 2005; Derbyshire 2011; de Luca *et al* 2012) que no se registren en el colágeno materno, pero sí en el fetal (Duggleby y Jackson 2002; Kinaston *et al* 2009; Burt y Amin 2014; Beaumont *et al* 2015). Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en el binomio madre-feto podrían incluso variar más de lo esperado en el modelo debido al propio proceso de gestación. Durante los dos primeros trimestres de embarazo, la gestante acumula grasa que será usada para el crecimiento fetal durante el tercer trimestre, que es cuando se produce el aumento de peso

de este, aumentando así los niveles de lípidos en sangre de la madre (Butte *et al* 2000; Cherel *et al* 2005; Cameron 2012; Neuberger *et al* 2013; Lehn *et al* 2015; Beaumont y Montgomery 2016), lo cual podría alterar los valores de $\delta^{13}\text{C}$. El metabolismo proteico, sin embargo, se adapta durante toda la gestación para cubrir las necesidades de ambos (Kalhan 2000), lo que implica que procesos de estrés nutricional o enfermedad aumentarán los valores de $\delta^{15}\text{N}$, mientras que los procesos anabólicos experimentados durante el crecimiento fetal provocarán una disminución en el $\delta^{15}\text{N}$. Si estos efectos son de corta duración, no serán visibles en los valores de colágeno óseo debido al efecto homogeneizador de la media temporal (Beaumont *et al* 2018).

En contexto arqueológico, los estudios relativos a la duración de la lactancia materna y del proceso de destete, y en menor medida de qué alimentos complementarios fueron introducidos, han sido realizados analizando colágeno óseo procedente de huesos de individuos infantiles muertos a diferentes edades, suponiendo que los valores del colágeno representan la dieta del individuo antes de morir (Pearson *et al* 2010; Waters-Rist *et al* 2011; Tsutaya *et al* 2015), obteniéndose así una media poblacional en la que se observaba la variación ya mencionada de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, que sin embargo no tenía en cuenta toda la influencia sociocultural que media en ambos procesos. De esta manera, algunos estudios se centraron en comparar la dieta entre los individuos infantiles lactantes, aquellos que ya habían completado el proceso de destete, y los individuos juveniles y adultos de la población (Schurr y Powell 2005; Halcrow y Tayles 2011). También se han realizado estudios comparando individuos que murieron durante estos procesos y no llegaron a edad adulta, con otros que sí sobrevivieron (Katzenberg *et al* 1996; Fuller *et al* 2003; Sandberg *et al* 2014; Pfeiffer *et al* 2017), y a pesar de encontrarse frecuentemente diferencias entre ambas categorías, estas están siendo discutidas debido a los diferentes tejidos usados en estos trabajos, como son el colágeno óseo fetal, neonatal e infantil, y el colágeno óseo adulto. Ambos colágenos, a pesar de tener la misma composición, presentan diferencias, ya que la tasa de crecimiento y reciclaje óseo es mucho más rápida en los primeros, mientras que en adultos el proceso de reciclaje de los materiales es más lento, y el hueso necesita tiempo para registrar cambios acontecidos en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ que dependerá de los factores ya mencionados (Valentin 2003; Hedges *et al* 2007), con lo cual la resolución temporal es diferente y el tiempo para el que están proporcionando información de la dieta también. El colágeno óseo de los primeros podría mostrar incluso influencia de otros procesos no relacionados con la dieta, ya que

los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ varían en periodos de estrés, enfermedad y crecimiento (Hobson *et al* 1993; Guthrie y Picciano 1995; Katzenberg y Lovell 1999; Mekota *et al* 2006; Montgomery *et al* 2013; Reitsema 2013; Henderson *et al* 2014; Armit *et al* 2015).

Finalmente, existe la problemática heredada de la “*paradoja osteológica*”, acerca de la representatividad de los restos de individuos infantiles para estimar tanto la dieta como la salud de una población (Wood *et al* 1992; Katzenberg *et al* 1993; Katzenberg *et al* 1996), ya que la salud de este grupo de no supervivientes estaría comprometida debido no solo a la malnutrición, lo que incrementa a su vez el riesgo de infección, si no a diferentes causas que pueden desencadenar en la muerte del individuo (Lewis 2007). De hecho, estos individuos infantiles que no sobrevivieron pudieron ser alimentados y cuidados de manera diferente a aquellos supervivientes, teniendo en cuenta sus necesidades fisiológicas y nutricionales (Kyle *et al* 2012).

La comparación de secuencias de dentina procedentes tanto de individuos supervivientes como de aquellos que no fueron capaces de hacerlo aporta nuevas perspectivas en el estudio tanto de la lactancia materna como del proceso de destete. Si bien es cierto que los valores procedentes tanto del análisis secuencial de dentina como del análisis de colágeno ósea se han tratado de manera intercambiable cuando, por las razones mencionadas anteriormente, no deberían serlo (Müldner *et al* 2011; Sandberg *et al* 2014; King *et al* 2018). Hoy en día, el análisis secuencial de dentina está considerado como un método más fiable, ya que usa dentina primaria, que al contrario que el hueso, no remodela ni recicla sus componentes, y continúa creciendo aún en episodios de malnutrición (Lewis 2007; Elamin y Liversidge 2013; Ives 2015), algo que no ocurre en el hueso, que en estos casos frena el desarrollo para retomarlo cuando el episodio de estrés ha terminado (Eerkens *et al* 2011; Beaumont *et al* 2013; Elamin y Liversidge 2013; Henderson *et al* 2014), permitiendo comparar no solo ambos grupos, sino también los periodos de lactancia y destete, como se ha demostrado en anteriores trabajos (Wright y Schwarcz 1999; Fuller *et al* 2003; Dupras y Tocheri 2007; Eerkens *et al* 2011; Howcroft *et al* 2012; Burt y Garvie-Lok 2013; Eerkens y Bartelink 2013; Eriksson y Lidén 2013; Montgomery *et al* 2013; Beaumont *et al* 2013, 2015; Burt y Amin 2014; Henderson *et al* 2014; Howcroft *et al* 2014; Beaumont *et al* 2018; Britton *et al* 2018; Chinique de Armas y Pestle 2018; Craig-Atkins *et al* 2018; Eerkens *et al* 2018; Gardner *et al* 2018; King *et al* 2018; Kwok *et al* 2018; Scharlotta *et al* 2018; Schurr 2018; Yi *et al* 2018; Crowder *et al* 2019).

Finalmente, al realizar una comparación de toda la información disponible acerca de este proceso a través del análisis isotópico, no se observa correlación entre los patrones observados y el método de subsistencia de los diferentes grupos humanos estudiados. Esto fue ya observado por Tsutaya y Yoneda (2015) y la información procedente de los últimos años, así como los estudios etnográficos (Sellen 2001; Sellen y Smay 2001), lo corroboran. Esto realmente choca con suposiciones anteriores que relacionaban un cambio de subsistencia, desde grupos de cazadores-recolectores a grupos de agricultores y ganaderos, con mayor disponibilidad de recursos como cereales y productos secundarios que pudieron usarse como alimentos complementarios en un proceso de destete más temprano, que reduciría el tiempo entre embarazos, aumentando así la población.

5.3 Los isótopos de estroncio.

Desafortunadamente, no hay tantos estudios basados en los isótopos de estroncio en la Península Ibérica, ni en comparación con los isótopos de carbono y nitrógeno, ni con otros territorios europeos. Los pocos que hay se concentran en la zona norte del territorio peninsular, en el entorno del valle del Ebro, especialmente durante la transición entre el Neolítico Final y el Calcolítico, aunque existen datos para el Neolítico Inicial y Medio. Aparte existen tres más: dos estudios acerca de unos yacimientos localizado en el centro peninsular y otro para la zona sur. A continuación se expondrán los resultados obtenidos.

Los estudios que se mencionan primero se centran en los yacimientos de Fuente Hoz y Kurtzebide en Álava ambos, Santimamiñe y Picos Ramos, los dos en Vizcaya, y finalmente Cueva de San Juan (Huesca). De los siete individuos enterrados en Fuente Hoz, el más antiguo, con dataciones del Neolítico Inicial y Medio, tres de ellos muestran valores fuera del rango del estroncio disponible, evidenciando así un origen no local (Sarasketa-Gartzia *et al* 2018b). Procedentes del mismo trabajo, tres individuos de los ocho analizados en Kurtzebide, entre el Neolítico Final y el Calcolítico, tampoco son locales (Sarasketa-Gartzia *et al* 2018b). El hecho de que tanto locales como no locales fuesen enterrados juntos y mostrasen una dieta parecida, lleva a pensar a los autores en una integración de estos segundos dentro de las redes sociales de los primeros (Sarasketa-Gartzia *et al* 2018b). El individuo inhumado en la cueva de Karea también mostró valores de estroncio compatibles con un origen local (Aramburu-Mendizábal *et al* 2018)

Por otro lado, en el yacimiento de Santimamiñe, cinco de los siete individuos analizados difieren notablemente con respecto al estroncio biodisponible local, indicando su origen no-local (Sarasketa-Gartzia *et al* 2018a), mientras que en Picos Ramos, de los 24 valores de Sr, la mayoría estaban fuera del rango esperado para los locales (Sarasketa-Gartzia *et al* 2018a). De nuevo puede observarse una dieta similar y el enterramiento en lugares comunes, evidenciando así la relación entre ambos grupos. Finalmente, en la cueva de San Juan, de los 21 individuos analizados (32 dientes), casi todos con la excepción de cuatro resultaron ser locales (Villalba-Mouro *et al* 2018b). Estas diferencias entre los cinco yacimientos anteriormente mencionados y este último puede deberse a la diferente localización geográfica y como esta tuvo impacto en la migración de los diferentes grupos humanos.

Los resultados de Alto de Reinoso (Burgos) del Neolítico Final, muestran una gran mayoría de individuos locales, con una minoría de foráneos integrada (Alt *et al* 2016). En el otro estudio, se analizaron 82 individuos de varios yacimientos cercanos a Madrid, que databan del Neolítico Final hasta la edad del Bronce. Los resultados mostraron menos movilidad geográfica de la esperada, solo cuatro individuos se situaron fuera del rango esperado, en una zona donde históricamente se ha supuesto una gran movilidad para estos grupos (Díaz-de-Río *et al* 2017). Además, al analizar los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de la apatita ósea, se observa consumo de plantas C_4 entre estos grupos, al menos desde mediados del III milenio cal BC (Díaz-de-Río *et al* 2017). Las rutas metabólicas por la cual se incorporan los isótopos a los tejidos difieren entre la apatita y el colágeno, ya que este último es un aminoácido y debe sintetizarse, mientras que en el primer caso estos pueden incorporarse directamente, aunque la apatita tiene mayor riesgo de sufrir contaminación por diagéneses. Este es el motivo por el cual en el colágeno, ciertos alimentos tienen que suponer al menos el 20% de la dieta para que los valores de aquellos recursos que se han ingerido queden registrados en los tejidos y, a su vez, puedan ser reconocidos experimentalmente (Hedges 2003). Junto a los estudios de Waterman (2012, 2014), son la única evidencia de consumo de este tipo de recursos en la Península Ibérica por el momento. Finalmente, al sur, el yacimiento de Marroquíes (Jaén) mostró como resultado principal que tan solo seis de los 115 dientes analizados estaban fuera del rango de estroncio biodisponible para esa región (Díaz-Zorita *et al* 2018), lo cual según los autores evidenciaría el éxito de la maquinaria social local en incluir a los individuos no locales que llegasen al grupo dentro de la comunidad (Díaz-Zorita *et al* 2018).

6.- Composición de tejidos: el hueso y el diente

6.1.- El hueso.

El esqueleto comienza su formación antes del nacimiento y se desarrolla rápidamente hasta la adultez temprana, momento en el que la tasa de reciclaje de los materiales que lo forman se ralentiza (Valentin 2003). La formación del hueso tiene lugar de dos maneras: la primera es mediante el proceso conocido como osificación intramembranosa, en la cual el mesénquima embrionario es remplazado directamente por hueso, como ocurre en los huesos frontal y parietal, por ejemplo. El segundo tipo de osificación es la endocondral, en la cual este mesénquima es sustituido por cartílago que más tarde se osificará, y que sucede en la mayoría de los huesos del esqueleto.

El hueso es un tipo tejido conjuntivo propio de los vertebrados compuesto por componentes duros como el tejido óseo y otros blandos como el tejido hematopoyético, encargado de crear las células sanguíneas (eritrocitos, linfocitos, monocitos...). Este último no suele conservarse a nivel arqueológico salvo en contadas ocasiones como en momias debido a los procesos de putrefacción. Como resultado, los huesos que se estudian en Arqueología están compuestos en su totalidad por el tejido óseo duro. A nivel macroscópico podemos distinguir dos tipos de estructuras óseas: el hueso compacto (o cortical) que se encuentra formando la superficie externa del mismo, y el esponjoso (o trabecular, así llamado por las pequeñas espículas que lo forman) en el interior (Weiner y Wagner 1998). Sin embargo, la composición molecular y celular de ambos es idéntica, diferenciándose en el nivel de porosidad de sus elementos.

A nivel biomolecular, el 33% del tejido óseo se compone de colágeno, una proteína flexible que a su vez ofrece mucha resistencia a la tracción debido a su estructura terciaria formada por 3 cadenas de aminoácidos en forma de hélice (Shoulders y Raines, 2009). Además, dicha proteína se encuentra también en otros tejidos como la piel o el cartílago. El colágeno es la proteína sobre la que posteriormente se analizarán los ratios de carbono y nitrógeno. El 66% restante del hueso es contenido inorgánico formado por cristales de hidroxiapatita que impregnan la matriz de colágeno, ofreciendo resistencia al tejido y siendo lo que realmente caracteriza al tejido óseo, presente también en el esmalte dental (Weiner y Wagner 1998). Este mineral está compuesto por fosfato de calcio, llegando a suponer aproximadamente el 90% del total del calcio y el 80% del fósforo corporal.

En la síntesis y mantenimiento del tejido óseo se involucran tres tipos de células: osteoblastos, osteocitos (osteoblastos maduros) y osteoclastos. El primero se encarga de la creación de una matriz rica en colágeno y no mineralizada conocida como osteoide, sobre la cual se depositará el contenido mineral. Una vez el tejido se mineraliza, los osteoblastos se transforman en osteocitos, responsables del mantenimiento de los componentes del hueso. El tercer grupo, los osteoclastos, son los responsables de la destrucción y reabsorción de los componentes del tejido óseo (Weiner y Wagner 1998). Este proceso de creación-destrucción del hueso y reciclaje de los materiales sucede a lo largo de toda la ontogenia del individuo, lo cual tiene un impacto a la hora de estudiar la dieta y movilidad geográfica de los individuos de las poblaciones del pasado, ya que los materiales que forman el esqueleto son obtenidos a través de la alimentación y nunca son los mismos.

Además, el hueso sufre un proceso de reciclaje óseo por el cual los materiales que lo componen se van reciclando, lo que quiere decir que un hueso no es igual a lo largo de toda la vida del individuo. Este proceso depende de contenido trabecular y cortical de cada hueso, así como del tamaño de cada uno, considerándose que la tasa de reciclaje equivale a un 3-4% cada año. Por ejemplo, comparando las costillas con el fémur, las primeras son huesos con poca cortical y menor tamaño, cuyo reciclaje completo ocurre en torno a los 4 años mientras que, en el caso del fémur, más grande y con una importante capa cortical, tarda hasta 10 años en completarse este proceso.

El reciclaje óseo implica que al realizar el análisis de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ sobre colágeno, este refleja una especie de media de la alimentación de los últimos años de vida de dicho individuo. Ahora bien, dependiendo del hueso del cual proviene el colágeno, los años que reflejan la dieta varían, y así la información relativa a la misma (Bell *et al* 2001; Hedges *et al* 2007). De hecho, este proceso es más rápido en individuos infantiles y juveniles, así que los valores de los isótopos proporcionarán información de un periodo más corto (Valentin 2003). Es más, el hecho de que el reciclaje sea un proceso que dure años, implica que los cambios producidos puntualmente como, por ejemplo, un embarazo, puedan ser registrados en tejidos con mayor resolución temporal como es el cabello, pero queden enmascarados en el colágeno por el reciclaje óseo (Fuller *et al* 2004; Nitsch *et al* 2010; Water-Rist y Katzenberg 2010).

6.2.- El diente

El diente tiene dos componentes que se han usado en la presente tesis: el esmalte y la dentina. La ventaja de estos dos es que, a diferencia del hueso, no sufren procesos de remodelación, razón por la cual los ratios de isótopos del momento en el que se desarrollaron se quedan fijos, sin sufrir cambios salvo quizá por severas patologías, lo cual aún está discutido. Además, el desarrollo dental está bien estudiado debido al férreo control genético sobre el mismo, lo cual hace que no se vea afectado significativamente por cuestiones de sexo, origen geográfico o incluso el estado nutricional (razón por la cual aparecen las marcas de hipoplasia dental) (Moorrees *et al* 1963; Reid y Dean 2000, 2006; AlQahtani 2009, 2010).

La dentina es un tejido conectivo mineralizado formado por una matriz orgánica de colágeno. Se forma en dos fases: primero los odontoblastos segregan una matriz inicial de colágeno denominada “predentina”, que en una segunda fase se mineraliza con la deposición de cristales de hidroxiapatita de entre 20 – 100 nm sobre las fibras creadas previamente. Este proceso es bastante estable en la corona dental, ya que la secreción de la matriz es bastante constante, entre 4 – 6 μm al día (Dean y Scandrett 1995), y el frente mineralizador sigue la misma ruta, pero entre 10 – 20 μm por detrás, lo que significa que la dentina que se va creando se mineraliza entre los 3 – 8 días siguiente a su creación (Hillson 1996). Teniendo estos datos en cuenta, se puede estimar que cada milímetro de dentina tarda en torno a 200 días en alcanzar 1 mm de grosor, con lo cual, si se toman muestras de dentina de este grosor, la información que se obtendrá será la alimentación media para ese periodo.

En la dentina de la raíz, la formación de dentina comienza desde la unión entre el cemento y la dentina, avanzando hasta la cámara pulpar, en el interior del diente. Si bien la velocidad de secreción de la matriz comienza siendo de en torno a los 1,3 – 1,5 μm al día, esta se incrementa hasta alcanzar valores similares a los de la dentina de la corona, para volver a disminuir una vez que se acercan al final del recorrido (Dean y Scandrett 1995). Hay que tener en cuenta además que el crecimiento en longitud de la dentina en la raíz no se realiza en horizontal, sino formando capas oblicuas (Figura 12), lo cual tiene un impacto en qué método de muestreo se usa y qué información relativa al momento en el que el diente crece, van a proporcionar las muestras. Existen además otros dos tipos de dentina que no se han usado en el presente trabajo: la dentina secundaria, que se encuentra en la pared de la cara pulpar de los dientes permanentes una vez que el desarrollo se ha

completado y que es eliminada durante el proceso de limpieza de la pieza a muestrear, y la dentina terciaria que surge como respuesta al daño en la superficie de la dentina, como en casos de trauma, caries o desgaste (Nanci 2003).

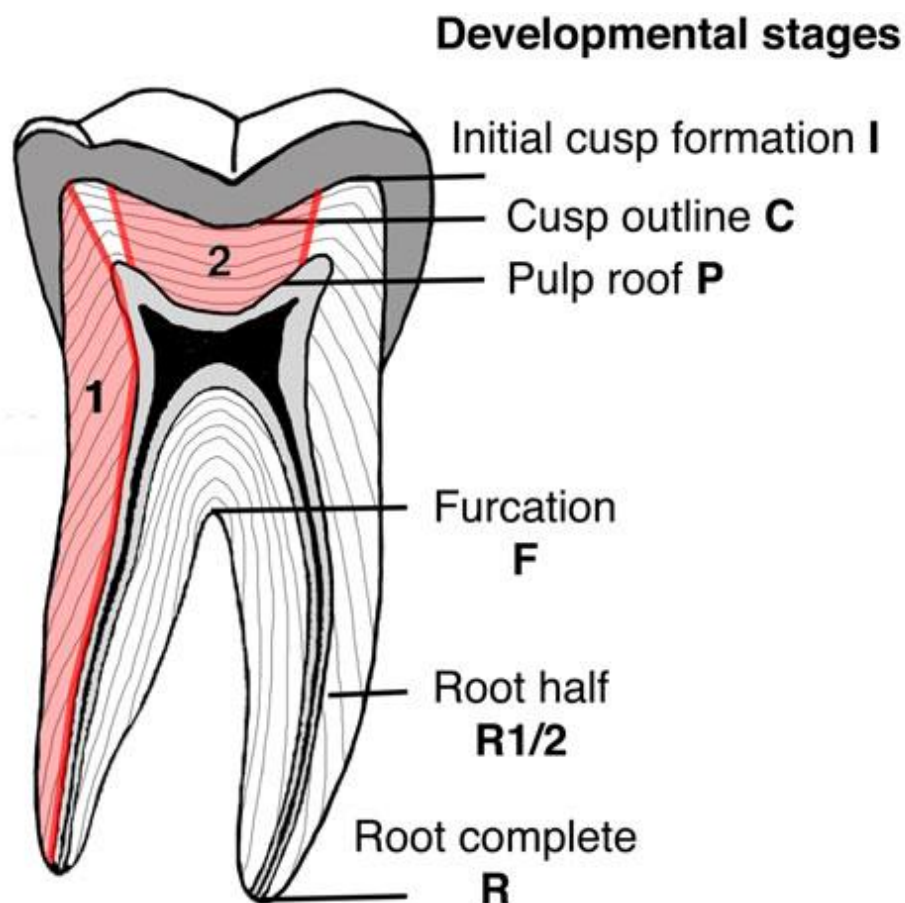


Figura 12: esquema de crecimiento dental donde se pueden apreciar las diferencias entre el mismo a largo de la raíz, donde es oblicuo (1) y en la zona de la corona dental, horizontal (2). Aparecen también las regiones en las que se han dividido los dientes en el presente estudio. Modificado de Czermak *et al* 2018.

Una gran ventaja de usar dentina es que no se producen los anteriormente mencionados procesos de reciclaje óseo. La dentina no se remodela, con lo cual proporcionará los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ del momento en el que dicha pieza dental se estaba desarrollando. Este es el principio en el cual se basa el análisis secuencial de dentina, que en los últimos años ha permitido estudiar distintos aspectos de la alimentación a lo largo de la vida de los individuos como las diferencias en la

alimentación entre individuos infantiles y adultos, incrementando a su vez el número de muestras a lo largo de la serie y aumentando la resolución temporal de la misma (Sealy *et al* 1995; Wright y Schwarcz 1999; Fuller *et al* 2003; Wright *et al* 2010; Eerkens *et al* 2011; Müldner *et al* 2011).

Por otro lado, el esmalte es la cubierta del diente, formado por hidroxiapatita organizada en prismas, con la misma orientación que tendrá el futuro diente: la cabeza en la región proximal, y la cola en la distal. La amelogenénesis (formación del esmalte) ocurre cuando se empieza a formar la dentina, a través de los ameloblastos, a una velocidad de 4 μm al día en la zona que posteriormente serán las cúspides dentales. Este proceso también tiene lugar en dos etapas muy parecidas a la creación de la dentina: primero se forma una matriz orgánica que se mineraliza en parte con bioapatita y carbonatos, para completar dicho proceso en una segunda etapa. Este proceso de mineralización se produce en tres fases controladas por los ameloblastos, y una posterior cuando el diente ya está expuesto en la cavidad oral debido a la acción de la saliva (Suga 1989; Nancy 2003). Después del proceso de maduración del esmalte, los ameloblastos se degradan y desaparecen, razón por la cual estos tejidos no pueden regenerarse, viéndose afectados por diferentes eventos, y permitiendo acceder a la información de cuando se estaban formando. De esta manera, el esmalte proporciona información sobre el momento en el que se estuvo formando, de manera muy similar a la dentina.

Durante esta mineralización del esmalte, las áreas más delgadas tardan menos tiempo en mineralizarse completamente, sin embargo, áreas más gruesas se mineralizan antes que las otras. Este hecho, unido al especialmente complejo relieve en dientes tales como premolares y molares, hace complicado el establecer un patrón temporal de mineralización, y conocer apropiadamente qué zona se completó antes que otra, más allá de una somera clasificación en “temprano”, “medio” y “tardío” comenzando desde la unión entre el esmalte y la dentina, y la superficie del esmalte (Zazzo *et al* 2005; Humphrey *et al* 2008; Wright 2012). Otra problemática relativa al esmalte es la cantidad de muestra necesaria para llevar a cabo algún análisis y el método de obtención de la misma (Sponheimer *et al* 2006; Simonetti *et al* 2008).

6.3.- La combinación de tejidos.

Como se ha mencionado en los dos apartados anteriores, cada tejido proporciona información sobre diferentes momentos de la vida de un individuo (figura 13). En el caso de los adultos, el análisis de más de un tejido procedente del mismo individuo tiene el potencial de proporcionar la historia dietética de este a lo largo de diferentes años y momentos del ciclo vital del individuo. Esta gran idea solo se ha podido aplicar en dos de los individuos estudiados ya que, como se verá en el capítulo correspondiente, gran parte de la muestra consistía en dientes aislados. Si bien el hecho de combinar diferentes tejidos se usó con anterioridad (Sealy *et al* 1995), le debemos gran parte del desarrollo de esta metodología a la profesora Julia Beaumont, que la usó exhaustivamente en su tesis doctoral para identificar migrantes irlandeses en Londres (2012). El uso de diferentes tejidos no se ha restringido al estudio de cambios en la alimentación de los individuos, sino que también ha sido usado previamente para estudiar migraciones y patrones de movilidad geográfica analizando los ratios de diferentes isótopos (Chenery *et al* 2010; Smits *et al* 2010).

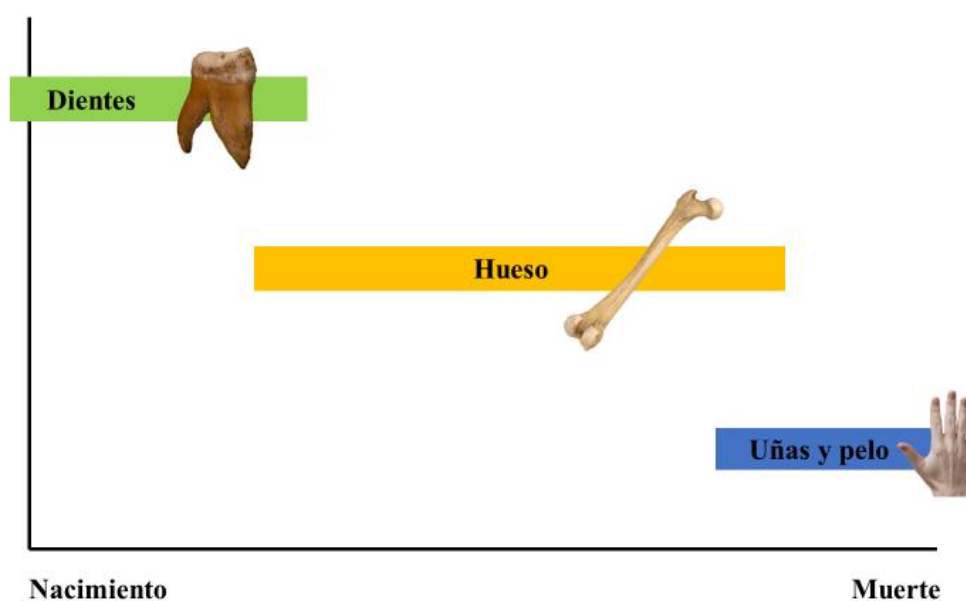


Figura 13: combinación de diferentes tejidos y la resolución temporal que proporcionan.

7.- Material y Métodos

7.1 La muestra

En este apartado se tratan los asuntos relativos a la muestra usada en esta tesis doctoral, como es la selección de la misma y sus problemáticas asociadas, definición de la misma, y los análisis empleados en cada una de las piezas dentales.

7.1.1 Problemáticas de elección de la muestra.

Esta investigación no ha estado exenta de problemas a la hora de definir qué muestra osteológica iba a usarse. Al significar un paso tan importante a la hora de hacer los análisis de isótopos de carbono y nitrógeno, hubo que ser especialmente estricto con la elección de la muestra, llegando incluso a rechazar material por no cumplir con una serie de requisitos. El principal problema fue obtener una muestra con cierta representatividad de la población objeto de estudio. El concepto de representatividad en Arqueología, y más específicamente en Prehistoria, ha sido bastante discutido. Desde el punto de vista del estudio de la alimentación y la movilidad geográfica en la Prehistoria, ¿qué material y cuánto necesitamos para obtener datos fiables acerca de estos parámetros en un grupo humano del pasado? ¿Qué información proporciona un solo diente y qué limitaciones tiene el extrapolar esos datos al resto de la población? Realmente el caso idóneo sería estudiar una población en la que aparezcan representadas todas las categorías de edad y de sexo, como las colecciones procedentes de necrópolis. Sin embargo, esto es bastante complicado de obtener en el contexto en el que se desarrolla este trabajo, donde la mayoría de las veces la muestra consiste en unos cuantos restos humanos aislados para poder estudiar y analizar. Las personas involucradas en esta tesis no hemos considerado que un solo resto pueda aportar información representativa acerca de la población de procedencia, ya que tanto la alimentación como la movilidad geográfica se ven influenciadas por multitud de causas (medio ambientales, fisiológicas, culturales...) cuya importancia es imposible de cuantificar en un solo individuo. Esta es la razón por la que se buscó un yacimiento con numerosos restos humanos, ya que se consideró que estudiar a fondo una población aportaría información sobre el proceso prehistórico de la cornisa cantábrica mejor que analizar individuos aislados de diferentes yacimientos y contextos.

Debido a sus características geológicas, como los carst de caliza, la cornisa cantábrica es un buen lugar para que los restos humanos se conserven. Sin embargo, y a pesar de ser un área con una constante presencia humana durante toda la Prehistoria, como atestiguan los numerosos restos de diversos tipos (huesos animales, conchas, industria

ósea y lítica...) los restos humanos son escasos, aunque tras el Mesolítico, momento en el que aparecen los primeros enterramientos, se observa un incremento en la preservación de éstos. La datación de los restos también es una dificultad añadida al querer acceder a una muestra bastante antigua en la que éstos no abundan.

Es en este momento cuando a estas dos dificultades, bastante relacionadas entre sí, se le suma la, *a priori*, incompatibilidad entre el análisis de restos óseos y la conservación de dichos restos. El trabajo de conservación y de las personas dedicadas a ello es fundamental para esta disciplina. Sin embargo, en muchas ocasiones esto choca con los intereses en investigación, sobre todo cuando se usan metodologías destructivas para analizar restos óseos, como en el caso del análisis de isótopos. A pesar de los avances en las técnicas de escaneo del material a destruir, usadas en combinación con técnicas más clásicas, como la creación de moldes de alta y de baja resolución de las mismas piezas que serán analizadas, como ocurrió en el presente trabajo, sigue existiendo esa comprensible reticencia a permitir el acceso y análisis a una muestra. Incluso en materiales que no están expuestos ni se van a exponer, pero cuyo hallazgo suponen un valor incalculable a nivel arqueológico.

Así pues, las razones por las cuales se eligieron los restos óseos humanos encontrados en el yacimiento de los Canes en la presente tesis son las siguientes:

- La importancia del sitio en el contexto prehistórico de la cordillera cantábrica.
- El número considerable de dientes, incluso aislados que la cueva proporcionaba, permitiendo así usar un enfoque poblacional además del individual sobre los temas tratados en el presente trabajo, algo que no todos los yacimientos de la región permitían realizar.
- Finalmente, el conocimiento previo sobre el yacimiento, sobre el cual el profesor Pablo Arias Cabal, codirector de esta tesis, ha trabajado exhaustivamente durante décadas.

7.1.2 Lista de materiales utilizados.

Para preservar toda la información posible se realizaron copias de resina epoxi de baja definición de la totalidad del diente, así como copias de alta definición de la corona dental, lo cual permitirá hacer posibles estudios posteriores sobre el microdesgaste de cada pieza, además ninguno de los dientes estudiados presentaban cálculos dentales. Se

realizaron además tomografías computerizadas en el Servicio de Técnicas no Destructivas del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) de Madrid usando una CT-SCAN Nikon XT H-160. La digitalización de las piezas mediante esta técnica tiene un gran potencial en Arqueología ya que permite conservar una copia exacta de la pieza a destruir, además de permitir su visualización y exploración por planos mediante softwares determinados (figuras 14, 15 y 16) y su impresión a tamaño real. A continuación, se presenta una tabla indicando sobre qué diente se usaron los métodos de conservación arriba mencionados, así como que tipo de análisis se realizaron sobre los mismos.

Diente	TC	Molde baja res	Molde alta res	Sr esmalte	C y N dentina	Datación C¹⁴
Can1.M3	X	X	X	X	X	X
Can2.M3	X	X	X	X	X	
Can3.C	X	X	X	X	X	
Can3.M3	X	X	X	X	X	
Can4.C	X	X	X	X	X	X
Can5.C	X	X	X	X		
Can6.P1	X	X	X	X	X	X
Can7.P1	X	X	X	X	X	X
Can8.P2	X	X	X	X	X	X
Can9.I1					X	X
Can10.I2				X	X	X
Can11.M3		X	X	X	X	X
Can12.C		X	X	X	X	X
Can13.M2		X	X	X	X	X
Can14.M1		X	X	X	X	X
Can15.M2		X	X	X	X	X
Can16.P2				X	X	X
Can17.I2					X	X

Tabla 9: información sobre qué medio de conservación de cada diente se usó, así como el análisis que se hizo y si fue preciso datar el resto.

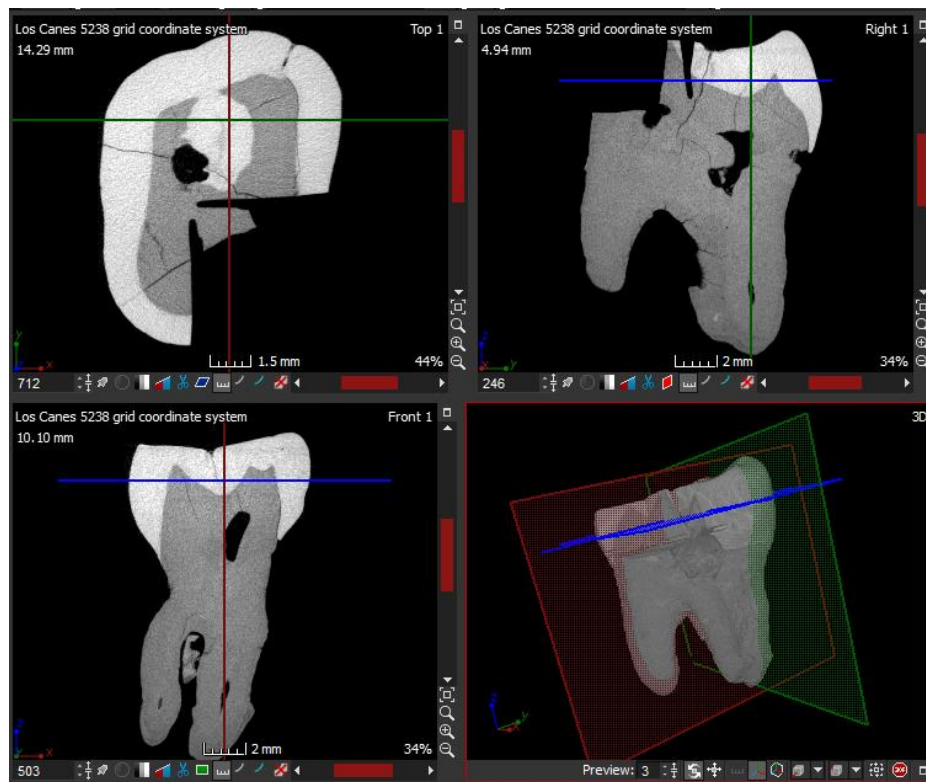


Figura 14: Tomografía computerizada del diente Can1.M3 en diferentes vistas.

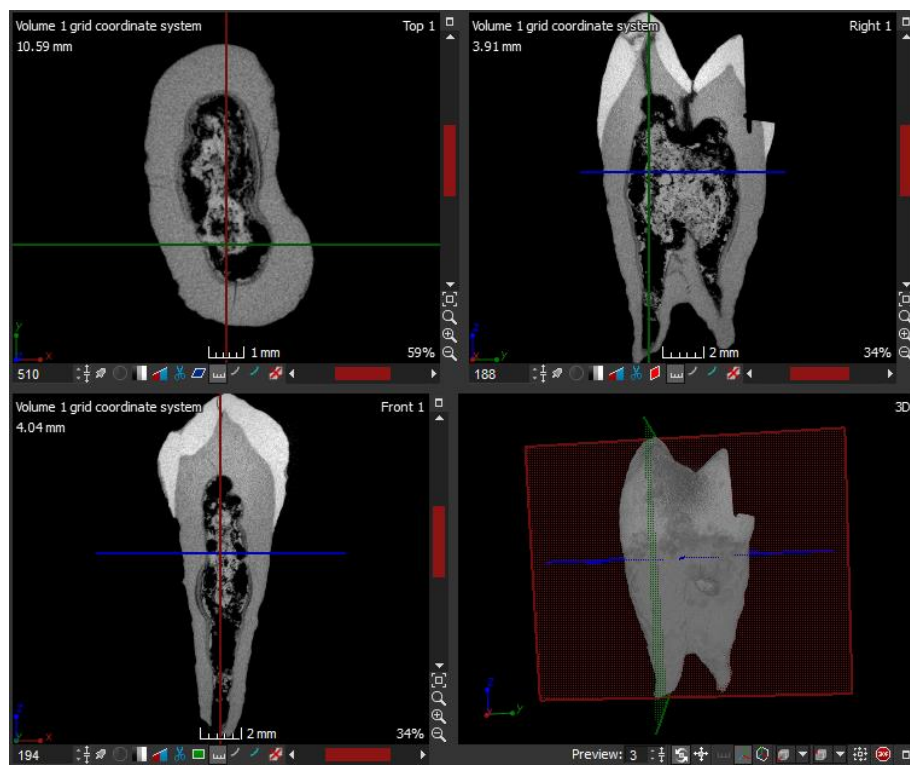


Figura 15: Tomografía computerizada del diente Can6.P2 en diferentes vistas.

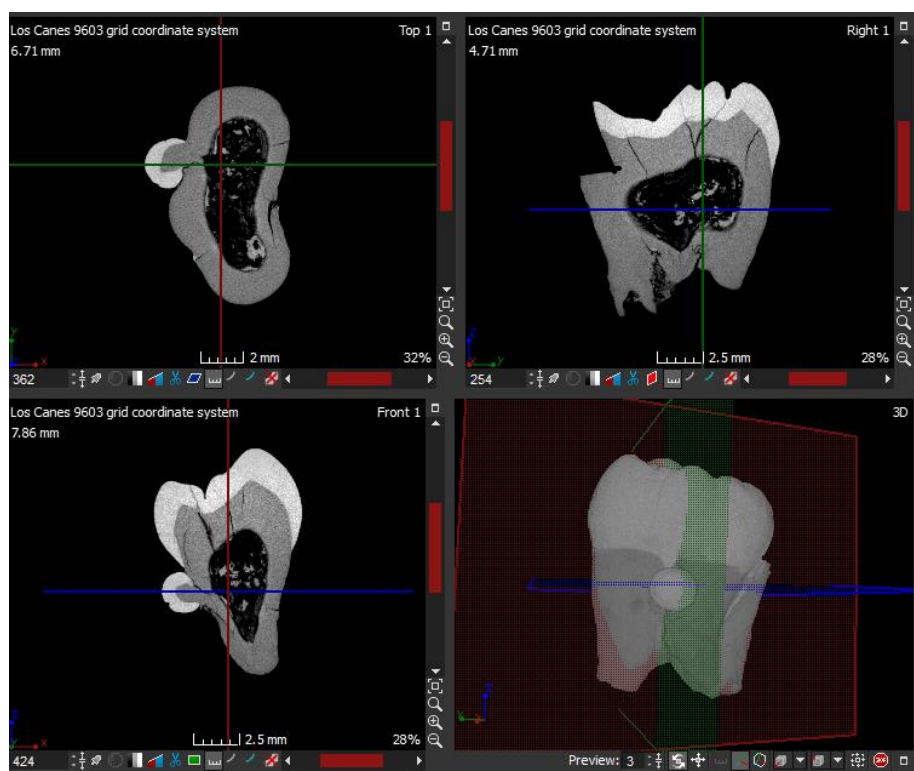


Figura 16: Tomografía computerizada del diente Can2.M3 en diferentes vistas. Nótese cómo gracias a esta técnica, se ha podido observar la composición de la perla de espalma situada al comienzo de la raíz, donde el esmalte no era el único elemento que la formaba, si no que recubría una extrusión de dentina. La perla se conservó por su alto valor anatómico.

Además de las muestras de esmalte dental en las que se realizó el análisis de estroncio, se recogieron muestras vegetales y de caracoles para calcular el estroncio biodisponible en las diferentes unidades geológicas que se encuentran en los alrededores de la cueva de los Canes. Este tipo de muestras es útil para conocer el estroncio biodisponible en las regiones de estudio debido a la fijación de las plantas al sustrato geológico, representando así los valores del mismo, y al escaso movimiento de los caracoles en escala geológica, potencialmente representando valores de la unidad geológica en la que fueron recogidos. Las unidades geológicas muestreadas y analizadas fueron las siguientes, ordenadas de mayor a menor antigüedad:

- Formación Barrios, compuesta por ortocuarcitas blancas con tramos pizarrosos del Arenigiense, en el Ordovícico inferior (nº 3, color verde). Se obtuvieron 10 muestras vegetales.

- Formaciones Barcaliente y Valdeteja, en las que se sitúa la cueva de Los Canes y sus alrededores (8 en el mapa geológico, figura 57). Se trata de una unidad formada por calizas laminadas de color negro y calizas grises de grano fino que datan del Carbonífero superior. Se analizaron 10 muestras vegetales y 3 de concha de caracol.
- Formación Picos de Europa, formada por areniscas de grano fino con brechoides rosadas en la parte superior e intercalaciones nodulosas rosas, del Westfaliense (Carbonífero superior) (azul en el mapa, unidad geológica nº 9). Se tomaron 8 muestras vegetales y 2 muestras de concha de caracol.
- Formaciones Puentellés, Cavandi y Lebeña, en las cuales se encuentran lutitas y areniscas alternantes de origen Estafaniense (Carbonífero superior). En el mapa geológico se pueden identificar por el color marrón y el número 11. Se analizaron 10 muestras vegetales.
- Finalmente, Formación Sotres, compuesta por areniscas y lutitas grises, rojas y verdes, de origen Pérmico. Se encuentran representadas en color rosa en la figura 57 y por el número 15. De esta unidad geológica procedían 5 muestras vegetales y 5 de concha de caracol

Así, los valores del estroncio biodisponible en la región se calcularon en base al análisis de 43 muestras vegetales y 10 conchas de caracol de 5 unidades geológicas diferentes.

El trabajo de laboratorio comenzó en febrero de 2018 en los laboratorios del departamento de Geología de la Universidad de Cape Town. Antes de comenzar la estancia, se realizaron los moldes de baja y de alta resolución de los dientes, tal y como aparecen en la tabla 9. De todos los dientes que se analizaron en la universidad de Cape Town se guardaron ambos moldes, así como moldes de otros dientes que no fueron analizados en su momento. Se analizaron 9 dientes en total, aunque más tarde y observando los resultados del análisis secuencial de dentina, se mandaron a analizar posteriormente los demás dientes para ayudarnos a comprender los cambios asociados a la llegada del Neolítico y de las Edades de los Metales a la región cantábrica, especialmente con la introducción de la agricultura y los cambios en la dieta asociados a dicho proceso.

El análisis secuencial de dentina se realizó en la Universidad de Oxford desde finales de junio a finales de agosto, en el Research Laboratory for Archaeology & the History of Art. En este periodo se decidió analizar la secuencia de la dentina de los 18 dientes, algunos de ellos sin que se analizase previamente los valores de Sr, motivo por el cual aparecen huecos en la tabla 9. En este laboratorio también se realizaron, esta vez por el propio personal del centro, las dataciones de C^{14} de los dientes analizados. Uno de ellos (Can5.C) al estar quemado se disolvió por completo en presencia del HCl, con lo cual el total de secuencias de dentina analizadas fue de 17. Entre ambas estancias se realizaron las tomografías computerizadas en el MNCN de los dientes usados en Cape Town, cosa que no se pudo realizar tras la estancia en Oxford por la destrucción de la mitad axial de cada pieza dental, o destrucción completa en ocasiones.

7.2 Metodologías empleadas en la tesis.

En este apartado se explican las metodologías usadas en el presente trabajo y, en el caso del análisis secuencial de la dentina, el porqué de las decisiones tomadas. Este último tipo de análisis aún es bastante reciente, y no existe consenso ni sobre cuál de las dos metodologías usar, ya que cada una tiene sus ventajas e inconvenientes, ni sobre el modo de representar los datos, una variable dependiente del propio desarrollo dental, como se verá más adelante.

7.2.1 Isótopos de estroncio.

7.2.1.1.-Preparación de las muestras vegetales.

- El primer paso consistió en la cremación de las muestras vegetales recogidas. Para ello las hojas y tallos recogidos se cortaron en pedazos con ayuda de unas tijeras y se colocaron en unas vasijas de cerámica numeradas. Estas se introdujeron dentro de un horno a 300°C al que se le fue aumentando la temperatura paulatinamente. Al finalizar la primera hora se subió a 400°C, cuando acabó la segunda hora se llegó hasta los 500°C para finalmente alcanzar los 650°C al fin de la tercera hora. Este incremento de 150°C en lugar de 100°C no tiene ningún efecto nocivo sobre el preparado de las muestras. Al alcanzar la temperatura indicada las muestras se dejan cremar durante 24 horas. Debido al efecto del calor, la tinta con la que se marca número de cada vasija se borra. Para

evitar confusiones se coloca un esquema con la posición y orden de cada recipiente, así como la fecha y el nombre del investigador. De esta manera se evitan los posibles errores que surgiesen no solo al confundir el número de muestras, sino cuando varias personas trabajan en la misma sala.

- Cuando se completa el ciclo de 24 horas, el horno se apaga y se espera a que las vasijas estén lo suficientemente frías como para sacarlas y continuar con el proceso. En este punto, las muestras ya convertidas en cenizas se pulverizan con la ayuda de un pequeño mortero para reducirlas aún más. Una vez convertidas en un polvo fino se traspasan a otros tubos para el siguiente paso. Los recipientes de cerámica se limpian para volver a ser usados en el punto anterior.

- Las muestras se trasladaron al *radiogenic isotope laboratory*. En la UCT también se realizan estudios con isótopos de plomo y de neodimio, elementos susceptibles a la contaminación externa, especialmente el último. Por ello una vez dentro del laboratorio y antes de entrar al área de trabajo, siempre se cambia el calzado por otro que solamente se usa en ese lugar, al igual que se obliga al uso de bata.

Una vez dentro de la sala de pesaje del laboratorio, se pesaron 50 mg de cada muestra con una báscula de precisión, así como del standard BHVU-2 y un bote vacío de control. Para ello se colocó papel de pesar en la báscula, se taró a cero y se fue añadiendo el polvo hasta llegar a la cantidad necesaria. Cuando la muestra pesaba menos de 50 mg, entonces se pesaba todo el contenido. Posteriormente se traspasaron a un vaso de teflón de 7 ml donde comenzó el proceso químico.

- En primer lugar, se añadieron 4 ml de una concentración 4:1 de HF/HNO₃ (4 partes de ácido fluorhídrico, 1 de ácido nítrico) y se dejaron reposar durante 48 horas en un “hornillo” (una pieza de metal caliente con huecos para los tubos) a 140°C. Trascurrido este tiempo, los botes de teflón se abrieron y se dejaron evaporando a 140°C. Cuando este proceso de evaporación finalizó se

añadió 2 ml a los residuos resultantes de una solución de HNO_3 al 65% y se dejó evaporar de nuevo. Una vez se secó el contenido, se dejaron enfriar los recipientes y se añadieron 1,5 ml de HNO_3 con una concentración 2M. Finalmente el contenido de los vasos de teflón se vertió en tubos eppendorf que se centrifugaron a 4000 rpm durante 20 minutos, de este modo las muestras ya estaban preparadas para el siguiente paso que es común a todas, independientemente de su origen.

7.2.1.2.-Preparación de las conchas de caracol.

- El paso inicial consistió en limpiar las conchas. Primero se rompieron y se intentó en seco eliminar toda la tierra como fue posible tanto de la parte interior como exterior de los fragmentos ayudándose de papel, para después eliminar más sedimentos usando papel empapado en agua desionizada (Milli-Q) con el objetivo de conseguir una limpieza más profunda. Seguidamente se pusieron en la máquina de ultrasonidos llena de agua, en unos recipientes de cristal con agua MQ. El agua del recipiente no estaba desionizada, ya que necesita tener componentes disueltos para transportar las ondas y así ejercer su función. Las muestras fueron sometidas a ciclos de 15 minutos, cambiando el agua al final de cada uno hasta que apareció completamente clara, indicando que la muestra estaba limpia. Posteriormente se secaron en un horno a 60°C durante 24 horas para eliminar todo el contenido líquido.

- En el segundo paso se llevaron a la sala de pesaje del laboratorio, donde se pesaron 50 mg de cada muestra con la báscula de precisión anteriormente mencionada, y se añadió el standard BHVU-2 y un bote vacío de control. El contenido se pasó a unos vasos de teflón de 7 ml como los que también se usaron antes para empezar con el proceso químico.

- En primer lugar, se añadieron entre 2-3 ml de una disolución de HNO_3 al 65% que reposaron durante 1 hora en el “hornillo” a 140°C hasta que la muestra se disolvió. Después de este rato, los botes se abrieron y se dejaron

evaporando a la misma temperatura. Cuando el contenido líquido se hubo evaporado, las muestras se disolvieron de nuevo en 1,5 ml de una solución 2M de HNO_3 hasta el día siguiente. Para finalizar, el contenido se vertió en otros tubos eppendorf que se llevaron a centrifugar a 4000 rpm durante 20 minutos.

7.2.1.3.-Preparación del esmalte humano.

- Con motivo de preservar lo más posible el diente, se cortó el mínimo de esmalte necesario para realizar el análisis de Sr. Este corte tuvo que ser realizado con una sierra eléctrica con hoja de diamante ya que el esmalte es un tejido mineralizado y duro. Primero se limpió la superficie del diente con una punta cilíndrica y rugosa, estilo “papel de lija”, para quitar manchas e impurezas que pudiesen afectar a la superficie del diente. Una vez la superficie estuvo limpia, la punta se cambió por una radial, otra herramienta de forma circular con diamante en la zona más exterior, la de corte. El corte se produjo a lo largo del eje axial del diente debido al patrón de crecimiento del esmalte, en sentido horizontal, para obtener así una media de todo el tiempo de mineralización de la corona. Tras el corte, se pasó de nuevo la broca de pulido con el fin de eliminar la dentina que pudiera quedarse incorporada al esmalte.

El fragmento obtenido se pesó en la báscula del *radiogenic isotope laboratory* para confirmar que el fragmento tenía el peso mínimo requerido de 20 mg. Una vez que el diente ya estaba muestreado, el fragmento junto con los complementos de la sierra eléctrica usados en el proceso, pasaron por un ciclo de ultrasonidos de 15 min para evitar contaminación entre muestra y muestra.

- Posteriormente, se inició el proceso químico. Primero se añadieron entre 2-3 ml de la disolución de HNO_3 al 65%, reposando durante 1 hora en el “hornillo” a 140°C para disolver la muestra. Después los botes se abrieron y se dejaron a la misma temperatura hasta que el contenido se evaporó. Cuando el contenido estuvo preparado, es decir, sin contenido líquido, las muestras se redisolviéron en 1,5 ml de una solución 2M de HNO_3 y se dejaron durante la noche hasta el día siguiente. Para finalizar el proceso, el contenido se vertió en los tubos

ependorf que se centrifugaron a 4000 rpm durante 20 minutos.

7.2.1.4.-Tratamiento de las muestras.

Las muestras se trataron en series de 10, de las cuales 8 eran las muestras por analizar, seguidas del estándar y el control. El proceso que sigue a continuación se realizó dentro de una campana de laboratorio, en el que se encontraban unas columnas de plástico por las que trascurrían los diferentes reactivos hasta caer en las muestras al final de las mismas.

- Se vertieron 2 ml en total de HNO_3 2M en dos veces, de 1 ml cada una. Cuando la primera había llegado por completo al recipiente de abajo es cuando se añadió la segunda. Esto ocurrió con todo el proceso: hasta que el contenido no había precipitado por completo, no se añadía más.

- Se añadieron 1,45 ml de la muestra. Primero 0,75 ml y después los 0,70 ml restantes con cuidado de no coger el sedimento del fondo en el caso de las plantas. En el caso de los restos de conchas de caracol y de esmalte humano, la muestra estaba disuelta por completo.

- Las muestras se lavaron con HNO_3 2M. Para ellos se iba añadiendo 0,5 ml hasta completar 3 ml por muestra. Cuando se completaron, se retiraron los recipientes que se habían usado y se colocaron otros nuevos de teflón con una capacidad de 7 ml para recoger el Sr de la muestra. El contenido de los anteriores se vertió en un frasco grande de cristal para su posterior eliminación.

- La recolección del Sr se realizó añadiendo seis ciclos de agua desionizada (MQ) por columna en tramos de 0,5 ml (3 ml en total). Una vez todo el contenido estaba en el nuevo recipiente, este se llevó al hornillo hasta que se evaporó el contenido líquido, estando lista la muestra para la espectrometría de masas.

Las columnas después de su uso se limpiaban siguiendo los siguientes pasos:

- Se realizaron cinco ciclos con la columna llena por completo de una solución 6M de ácido clorhídrico (HCl).
- Después se llenaba de agua MQ.
- Se añadía 1 ml de HNO_3 7M según las siguientes cantidades: 0,1 ml, 0,1 ml y 0,8 ml.
- Las columnas se limpiaron con 3 ml de agua desionizada siguiendo la sucesión de: 0,1 ml, 0,1 ml, 0,8 ml, 1 ml y 1 ml.
- Se añadieron 3 ml de HNO_3 2M con las mismas cantidades que el punto anterior: 0,1 ml, 0,1 ml, 0,8 ml, 1 ml y 1 ml.
- Finalmente, las columnas y el área de trabajo se limpiaban con agua MQ, éstas se cerraban por debajo, se añadía 1 ml de HNO_3 2M y se dejaban hasta su próximo uso.

7.2.2 Análisis secuencial de isótopos estables de carbono y nitrógeno en dentina.

7.2.2.1 Obtención de la muestra

Este método de obtener información sobre la dieta de los individuos durante un periodo determinado es la más destructiva de todos los análisis realizados, motivo por el cual se realizaron los moldes de alta y baja resolución, así como el escaneo de las piezas dentales. El primer paso consistió en limpiar la superficie del diente con una pistola que lanza un chorro de óxido de aluminio (Al_2O_3) a presión. Esto permitió eliminar tanto la suciedad de la superficie como los granos de arena que hubieran podido quedarse en lugares poco accesibles, como el espacio entre las raíces de algunos molares. Una vez limpias las piezas dentales, se usaron unos moldes rectangulares donde se apoyó el diente y se cubrió con escayola hasta un 50% de la superficie de dicho diente. Cuando el molde estuvo completamente seco, se situó bajo una sierra para cortar y dividir el diente a lo largo de su plano axial. Una de estas mitades fue la que se usó posteriormente en el análisis de dentina y datación por C^{14} , mientras que la otra mitad se guardó para su conservación.

Una vez se hubo seleccionado la mitad axial de cada pieza que iba a usarse, se limpió la escayola y se procedió a la desmineralización de dichas mitades, para lo cual se introdujeron en una probeta cada una, identificadas con una pegatina en la cual aparecía escrito el código del diente, en una solución de ácido clorhídrico (HCl) 0.5 molar. El HCl es un ácido que elimina el contenido mineral de los tejidos humanos, ya sea hueso o diente. La duración de esta etapa varió de un diente a otro, dependiendo del contenido mineral y del estado de conservación de cada pieza, así los segundos incisivos tardaron solamente una semana mientras que, en otros dientes como los molares, el proceso de desmineralización se extendió durante 20 días. Para acelerar el proceso, la solución de HCl era reemplazada en días alternos. Fue en este momento donde el diente Can5.C se disolvió por completo, mostrando cómo el color oscuro del mismo fue producido por la acción de un proceso de combustión.

Una vez se completó el proceso de desmineralización, el siguiente paso consistió en tomar las muestras de dentina a lo largo del eje axial de la mitad seleccionada de cada diente. Se midió la longitud de cada mitad y se dividió en diferentes partes, para así luego estimar la edad a la que correspondía cada muestra de dentina y de la cual estaba proporcionado información, y ritmo de crecimiento de cada región del diente, ya que este difiere entre la corona y la raíz. En los dientes con una sola raíz (incisivos y caninos), cada mitad se dividió en: corona, primera mitad de la raíz y segunda mitad de la raíz. En el caso de los dientes con múltiples raíces, se usó la división: corona, desde el comienzo de la raíz hasta la bifurcación donde aparecen las diferentes raíces y que representaba la mitad de la raíz completa, y desde este punto hasta el final de la raíz. En algunos casos, se añadió una cuarta parte, llamada “curva”, siendo esta región una zona muy curvada en la parte más distal de la raíz, y que convenía señalar para estudiar el patrón de crecimiento y cómo este afecta a los datos y su posterior representación. A continuación, se tomaron las muestras gracias a *punches* de biopsia de 1 mm, empezando a tomarlos desde la corona en dirección a la raíz. Según se tomaban las muestras, estas fueron colocadas en tubos eppendorf con agua destilada y se apuntaba el número de muestras obtenidas de cada parte en la que se dividió el diente. Es importante notar que cuando se midió cada fragmento, se midió en línea recta, sin embargo, cuando se tomaron las muestras, estas seguían la forma más externa del diente. Esto significa que, dependiendo del relieve de cada región, era posible obtener más muestras que milímetros medía dicha región. Por

poner un ejemplo, en el diente denominado “Can1M3” la corona medía 4 milímetros, pero se obtuvieron seis fragmentos de dicha región.

A continuación, cada tubo eppendorf con la muestra de dentina se introdujo en un congelador a X grados durante 24 horas. Pasado este periodo, se llevaron al liofilizador, un aparato que elimina el agua de la muestra, durante otras 24 horas. Entonces las muestras estaban listas para ser pesadas. El pesaje se realizó introduciendo la muestra en una pequeña cápsula de aluminio la cual, tras obtener la medición, se cerraba. El peso de las muestras de dentina varió entre 0,30mg la más ligera, hasta los 1,602mg la más pesada. Todo el proceso fue registrado en un cuaderno de laboratorio.

Cuando cada muestra individualmente no llegaba a los 0,35 miligramos, se unían dos o más hasta poder llegar a ese peso mínimo. Eso sí, las muestras tenían que pertenecer a la misma región dental, es decir, fusionar las muestras de la corona entre ellas y no una de la corona con la siguiente muestra de la secuencia perteneciente a la raíz. Llegados a este punto, en ocasiones el peso de las muestras, por la conservación del propio material, era tan bajo que había que unir muchas para alcanzar ese límite inferior de 0,35 miligramos. Esto tenía el efecto de que se perdía mucha resolución temporal, uno de los objetivos de este estudio, ya que se estaban mezclando señales isotópicas de diferentes momentos del desarrollo del diente. De este modo, había ocasiones en las cuales se decidió muestrear de nuevo esa mitad de diente, esta vez con *punches* de biopsia de 1.5mm y repetir todo el proceso. Para decidir sobre qué dientes se realizaba un segundo muestreo, se recurrió a “la mitad + 1”, es decir, cuando el número de muestras tras la fusión no alcanzaba esa cifra, se repetía usando los *punches* de 1,5mm. Por ejemplo, en el caso de un diente de que tras la fusión de muestras hubiese un total de nueve sobre dieciocho, no llegando al mínimo que debería haber sido diez ($18/2 + 1$), sería motivo por el cual se repetiría tomando muestras de 1,5 mm de grosor, pudiendo usarse en la nueva secuencia nueve de los 11 fragmentos. Así, aunque cada muestra tuviese menos resolución temporal de la previamente esperada, se obtenían las suficientes como para analizar más detalladamente la secuencia de dentina.

Finalmente, una vez que se pesaron las muestras, se procedió a crear los *runs*, las series en las cuales las muestras se introducirían en el espectrómetro de masas. Estas estaban ordenadas por peso, de menor a mayor, con estándares para ajustar los resultados.

7.2.2.2 Organización de las muestras para su análisis.

Se prepararon un total de 7 *runs*, es decir, las selección de muestras que se iban a analizar en el espectrómetro de masas, siguiendo todas las series la misma estructura: 8 muestras de alanina, un aminoácido que sirve como estándar y referencia para medir los valores del resto de muestras, seguido de dos micromuestras de dentina, otro estándar de origen marino (*seal*) o de origen terrestre (*cow*), otras dos muestras, y así en ciclos de 11 muestras, donde se volvían a colocar otras dos alaninas de referencia para evitar errores en los valores de la serie. Así, todas las muestras de dentina se organizaron de la siguiente manera, ordenándolas según el peso de las mismas:

- Run A: 31 muestras de dentina, desde 0,30mg hasta 0,399mg.
- Run B: 32 muestras de dentina, desde 0,40mg hasta 0,449mg.
- Run C: 35 muestras, desde 0,45mg la más ligera hasta 0,497mg.
- Run D: 27 muestras, desde 0,502mg hasta 0,545mg.
- Run E: 36 muestras de dentina, desde 0,553mg hasta 0,64mg.
- Run F: 27 muestras, desde 0,65mg hasta 0,746mg.
- Run G: 22 muestras desde 0,765mg hasta 1,602mg

Estas muestras se introdujeron en orden en el espectrómetro de masas, de donde se obtienen los valores y resultados.

7.2.2.3 Selección de la estrategia de muestreo y representación.

A pesar de sus potenciales usos, el análisis secuencial de dentina es un método muy nuevo aún, motivo por el cual no existe consenso entre profesionales acerca de qué metodología es mejor usar. Actualmente casi podríamos hablar del “Método Oxford” y el “Método Bradford” (Beaumont 2013), ambos con sus respectivas ventajas e inconvenientes. Es más, la principal ventaja de una supone el inconveniente de la otra, como veremos a continuación. Así, los puntos de fricción se centran en dos aspectos clave: el método de extracción de muestras y la estimación de la edad a la que se estaba desarrollando cada una de las mismas.

Respecto al primer aspecto, existen dos formas de tomar la muestra: como se ha realizado en el presente trabajo, que es tomando las muestras con *punches* de biopsia a lo largo del borde del diente, o bien realizando cortes transversales de 1mm de longitud a lo

largo del eje axial de la pieza dental, y analizando los valores isotópicos de toda esa muestra. Con el primer método, el que se usó, se obtienen más muestras que con el segundo, aumentando así la resolución temporal de la secuencia de dentina, ya que se muestrea a lo largo del relieve del diente en vez de hacer el mismo número de cortes que milímetros tenga la pieza dental. Además, debido al modo de crecimiento dental y formación de las diferentes capas de dentina, que se van verticalizando a lo largo de la secuencia, con el primer método (*punches*) se obtiene una muestra que permite conocer el valor de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de un solo momento. Mientras que en el segundo método, al analizar toda una sección de dentina, se solapan diferentes momentos en la misma sección de 1mm, con lo cual los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ que se obtienen no proceden del mismo momento en el desarrollo del diente y, por lo tanto, de la vida del individuo, siendo así menos precisa la señal isotópica. En cambio, el principal problema asociado con los *punches*, que ha aparecido a lo largo del presente trabajo como ya se ha mencionado, es la probabilidad de peso insuficiente de la muestra, lo cual es muy raro que suceda en las secciones de 1mm ya que el material que se analiza es mucho mayor.

Relativo al segundo aspecto, existen dos formas de estimar la edad de la muestra tomada: de manera acumulativa o teniendo en cuenta la tasa de desarrollo del diente. La primera, usada en el método Bradford, se basa en que 1mm de dentina tarda en crecer entre 9 – 12 meses, midiendo entonces la pieza dental y conociendo la edad de inicio y de final del desarrollo de cada diente, se puede estimar el periodo de crecimiento de este y asignar cada muestra a un determinado periodo dividiendo este periodo de crecimiento entre el número de muestras. Es decir, si el desarrollo de un diente que mide 10mm (con lo cual se obtienen 10 muestras) dura 10 años, cada muestra proporcionará información sobre la dieta durante un año de vida. Sin embargo, como se muestra en diferentes atlas de desarrollo dental, como el de Alqahtani (2010) usado en el presente trabajo, el crecimiento dental no es regular, y existen periodos de crecimiento muy rápido y otros de crecimiento más lento, motivo por el cual se verá más adelante como los *punches* aparecen más separados en las gráficas en los periodos de crecimientos lento, que suelen coincidir con el crecimiento de la corona dental, mientras que en periodos de crecimiento más rápido, asociados a la raíz, los puntos aparecen más próximos entre sí.

A continuación se va a explicar la manera en la que se ha calculado la edad que representa cada sección de dentina. Al contrario que el método “acumulativo”, el cual asigna intervalos idénticos a lo largo de toda la secuencia de dentina, se han seguido las

edades de desarrollo propias de cada parte del diente según el atlas de Alqahtani (2010) para una estimación más precisa. Para una mejor comprensión del proceso y de los cálculos realizados, que no son complicados pero sí es trabajo complejo, se van a usar dos ejemplos.

Ejemplo 1

Pongamos que de cierto individuo se obtienen quince secciones de dentina: cuatro de la corona, tres de la primera mitad de la raíz, cuatro de la segunda mitad de la raíz y otras cuatro de la curva al final de la misma, estas dos últimas categorías usándose juntas.

La edad media de desarrollo de la corona es entre los 3,5 y los 6,5 años, es decir, durante tres años. De esta región se obtuvieron cuatro muestras, con lo cual cada sección representa 0,75 años ($3/4 = 0,75$), quedando dividida la corona en cuatro partes: la primera desarrollada entre los 3,5 y los 4,25 años, la segunda entre los 4,25 y los 5, la tercera entre los 5 y los 5,75 y, finalmente, la cuarta entre los 5,75 y los 6 años. Sin embargo, cada sección muestra la dieta media de ese de ese individuo para ese periodo, con lo cual en vez de dar un rango, como por ejemplo 3,5-4,25, se ha calculado la media entre ambos números (3,875) y esa es la edad que se ha manejado para esa muestra. Entonces, con las otras tres partes se ha realizado el mismo procedimiento y así se han obtenido las edades de 3,875, 4,625, 5,375 y 6,125.

La primera mitad de la raíz se desarrolla entre los 6,5 y los 10,5 años, durando este proceso 4 años. En esta región se obtuvieron tres muestras, representando cada una de ellas 1,33 años ($4/3 = 1,33$). De esta manera se obtuvieron los siguientes intervalos: 6,5-7,83; 7,83-9,16 y 9,16-10,5. Al realizar la media entre los extremos de cada rango, se obtuvieron la edad media para la cual se estaba obteniendo información acerca de la dieta del individuo: 7,165; 8,5 y 9,825.

El mismo proceso se repitió con la segunda mitad del diente y la curva, donde para un periodo de 3 años, entre los 10,5 y los 13,5 años, se obtuvieron ocho secciones, representando cada una 0,375 años. No se van a desarrollar aquí todos los cálculos de esta región por ser muy numerosos, pero se podrá comprobar posteriormente la gran

resolución temporal que se ha conseguido, muy útil para estudiar posibles cambios en la dieta de estos individuos.

Ejemplo 2

En ocasiones ha ocurrido que una muestra no llegaba al peso mínimo necesario para poder realizar el análisis. Ante este problema se tomaron dos soluciones: fusionar muestras hasta alcanzar dicho peso mínimo o eliminarla de la secuencia, dejando en un hueco en la misma. En el segundo caso, aunque la sección se eliminase de la secuencia, esta sí se contaba a la hora de estimar la edad de cada una de las muestras, sin embargo, no se representaba ningún dato en ese momento, quedando así un vacío.

Para explicar los cálculos realizados a la hora de fusionar secciones, se va a tomar este otro ejemplo con la corona de un individuo que se desarrolla en entre los 0,5 y los 3,5 años, es decir, durante tres años. Si se tomasen seis muestras, representarían medio año cada una ($3/6 = 0,5$). Sin embargo, al fusionar la sección dos y tres, al igual que las secciones cinco y seis, se obtienen los siguientes seis intervalos para cada sección:

- 0,5-1
- 1-1,5
- 1,5-2
- 2-2,5
- 2,5-3
- 3-3,5

La primer sección al ser independiente, y al igual que se puede observar en el ejemplo 1, mostrará la dieta para el punto medio del rango, es decir, 0,75 años.

Seguidamente, al fusionarse las secciones dos y tres, se crea un nuevo intervalo entre el uno y los dos años, y su media, 1,5 años, será el punto donde emplazar los valores.

La cuarta sección entre 2 y 2,5 es independiente, así que los valores se representarán en la mitad del intervalo, a los 2,25 años.

Finalmente, con las secciones quinta y sexta fusionadas, sucederá lo mismo que con las anteriormente mencionadas: la mitad del nuevo intervalo 2,5-3,5 será el lugar donde se representarán los valores.

Estos procedimientos han sido usados para calcular la edad de todas las secciones obtenidas en el presente trabajo. El hecho de calcularlos de esta manera permite ajustar mejor la dieta de los individuos a lo largo de los diferentes años de su ciclo vital y acercarnos lo más posible a la realidad acerca de cuándo sufrieron cambios en la alimentación.

7.2.3 Datación radiocarbónica.

Este proceso y los posteriores resultados fueron llevados a cabo por el personal de la universidad de Oxford. Para realizar este análisis sobre dentina y hueso, son necesarios al menos 100 gramos del material a datar. Para ello los expertos del laboratorio usaron toda la dentina desmineralizada restante previamente con HCl (ácido colhídrico) al realizar el análisis secuencial de dentina con el fin de asegurarse de tener la cantidad indicada.

Las muestras de dentina pasaron por el mismo proceso que las anteriores (congelación, liofilización y pesaje) para obtener así el colágeno que se introdujo en el espectrómetro de masas para calcular el porcentaje del isótopo ^{14}C con el fin de conocer la datación absoluta de los restos humanos.

8.- Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de las pruebas realizadas sobre los dientes procedentes de la cueva de los Canes: los valores de los isótopos de carbono y nitrógeno procedentes del análisis secuencias de la dentina, así como los valores de los análisis de los isótopos de estroncio realizado sobre el esmalte dental de los mismos dientes, y el estudio del estroncio biodisponible, calculado gracias a las muestras vegetales y conchas de caracol. En la segunda parte del capítulo, se presentan los métodos de estimación de la edad en base al desarrollo dental, usados para representar y estimar los cambios de alimentación a lo largo de la vida de los individuos estudiados.

En el presente trabajo solamente se analizaron tejidos dentales (dentina y esmalte). Los valores relativos a las muestras de colágeno y usados para comparar la dieta de dos individuos en diferentes momentos de su ciclo vital, proceden de estudios anteriores del profesor Pablo Arias Cabal (2005).

8.1.- Criterios de calidad de la muestra.

En ocasiones, tanto el hueso como la dentina han podido sufrir daños post-deposicionales que no son apreciables a simple vista. Estos daños pueden variar los componentes químicos de dichos tejidos, alterando así los valores de los ratios de los isótopos a estudiar. Para poder saber qué muestras son válidas y pueden usarse, y cuáles no, existen dos criterios de calidad ampliamente utilizados: el ratio C:N, es decir, la proporción entre el total de átomos de carbono y el total de átomos de nitrógeno de una muestra, y el rendimiento de colágeno óseo. La fórmula para calcular el ratio C:N es la siguiente:

$$\text{C:N ratio} = (C_{(\text{muestra})}/12) / (N_{(\text{muestra})}/14)$$

En el primer caso, el valor tiene que encontrarse entre 2,9 – 3,6 para que la muestra se considere con la suficiente calidad (DeNiro 1985; Ambrose 1993; van Klinken 1999), aunque algunos laboratorios como el de la Universidad de Oxford usa criterios más estrictos para la dentina, de 2,9 – 3,4 (Fernández-Crespo 2018) o 3,1 – 3,5 (van Klinken 1999), sin embargo, este no ha sido usado en el presente trabajo, prefiriéndose el rango de DeNiro (1985). Para el segundo criterio, el valor debe estar comprendido entre el 4 – 12% para considerar que el colágeno está bien preservado. Este último no se ha aplicado a las muestras utilizadas en esta tesis por la propia metodología de trabajo, debido a que

no es posible pesar cada muestra de dentina antes de la desmineralización, ya que estas se obtienen tras este proceso.

En el presente trabajo, los valores del ratio C:N se muestran al lado de cada muestra de dentina. Cuando el valor no entra en dentro del intervalo de calidad, este punto no aparece representado en la gráfica.

Se realizó además una corrección de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de las secuencias de dentina basada en los valores de los dos estándares, el marino (seal) y el terrestre (cow). Así, se obtuvo de cada *run* una recta de regresión entre los valores certificados de $\delta^{15}\text{N}$ y los valores obtenidos de $\delta^{15}\text{N}$ para los dos estándares. Esta recta posteriormente se aplicó sobre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de cada muestra de dentina, corrigiendo así su valor. La misma corrección se realizó con los valores de $\delta^{13}\text{C}$.

8.2 Resultados de la datación por ^{14}C .

Se dataron todos los dientes analizados con la excepción de los tres dientes obtenidos de individuos completos y previamente analizados (Can2.M3, Can3.C y Can3.M3). Los resultados de dicha datación por C^{14} mostraron que, de los diecisiete dientes analizados, uno pertenecía al periodo Magdaleniense, siete al Mesolítico, y nueve a la Edad del Bronce (dos del Bronce Medio y siete del Bronce Final) (Tabla 10).

En las siguientes figuras se puede observar la gráfica con todas las dataciones realizadas (Figura 17); otra con las dataciones de aquellos grupos cazadores-recolectores, es decir, del Magdaleniense y del Mesolítico (Figura 18); a continuación otra figura muy similar que contiene solamente las dataciones para el periodo Mesolítico (Figura 19) y, finalmente, una cuarta figura con las respectivas a la Edad del Bronce (Medio y Final) (Figura 20). Esta división de la primera figura se ha realizado debido a la gran horquilla temporal que muestran los restos, de casi 13.000 años.

Referencia laboratorio	Código	$\delta^{13}\text{C}$	Fecha BP	Fecha Cal BC 1σ	Fecha Cal BC 2σ
OxA-38459	Can1.M3	-20,6	6199 $\pm$ 29	5215 – 5076	5286 – 5050
OxA-38460	Can4.C	-16,4	2949 $\pm$ 24	1208 – 1124	1226 – 1055
OxA-38461	Can6.P1	-17	2932 $\pm$ 23	1207 – 1088	1214 – 1050
OxA-38462	Can7.P1	-17,3	2924 $\pm$ 23	1191 – 1056	1212 – 1024
OxA-38463	Can8.P2	-20,3	7044 $\pm$ 31	5983 – 5902	6001 – 5848
OxA-38464	Can9.I1	-18,5	7130 $\pm$ 31	6033 – 5986	6061 – 5926
OxA-38678	Can10.I2	-21,4	3504 $\pm$ 21	1882 – 1776	1890 – 1754
OxA-38679	Can11.M3	-20,2	3609 $\pm$ 21	2018 – 1936	2028 – 1908
OxA-38680	Can12.C	-17,4	13285 $\pm$ 52	14126 – 13922	14220 – 13821
OxA-38632	Can13.M2	-18,7	7112 $\pm$ 29	6021 – 5931	6052 – 5917
OxA-38505	Can14.M1	-16,8	2949 $\pm$ 23	1207 – 1124	1225 – 1056
OxA-38506	Can15.M2	-17	3002 $\pm$ 23	1276 – 1210	1374 – 1128
OxA-38507	Can16.P2	-16,8	3001 $\pm$ 22	1274 – 1210	1297 – 1130
OxA-38508	Can17.I2	-16,9	2897 $\pm$ 23	1118 – 1031	1192 – 1006

Tabla 10: Resultados de las dataciones por ^{14}C llevadas a cabo.

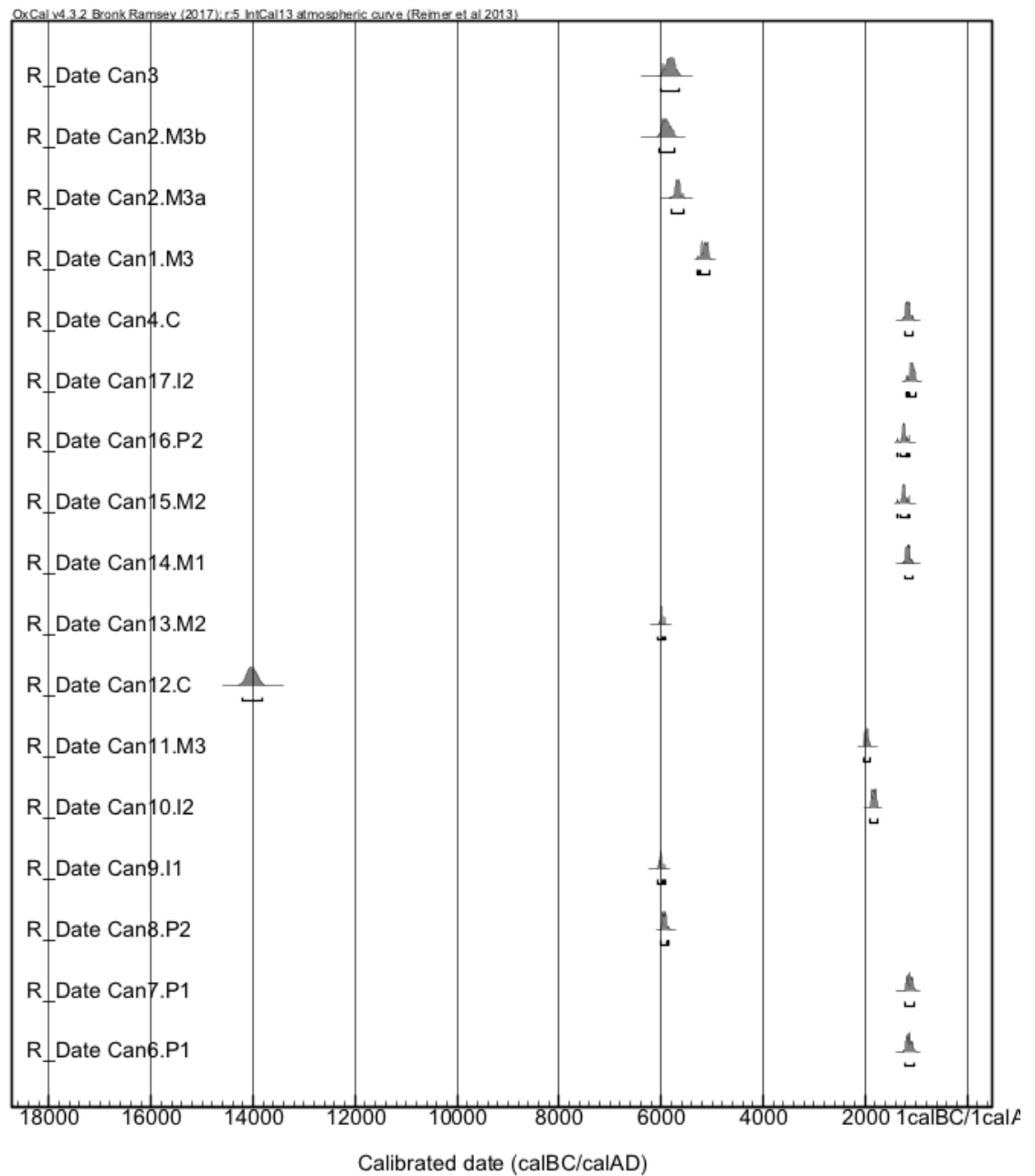


Figura 17: resultado de la datación de todos los dientes analizados en el presente trabajo.

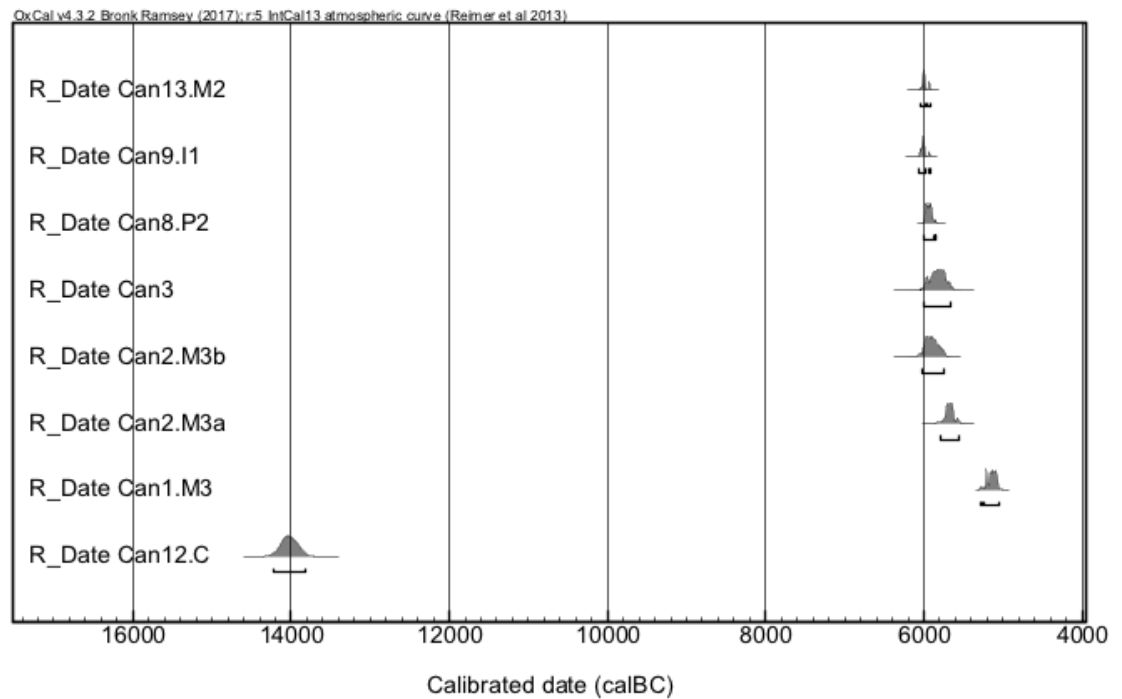


Figura 18: dataciones de los individuos pertenecientes a grupos cazadores-recolectores. Puede observarse la gran distancia temporal que separa al individuo magdaleniense de los mesolíticos.

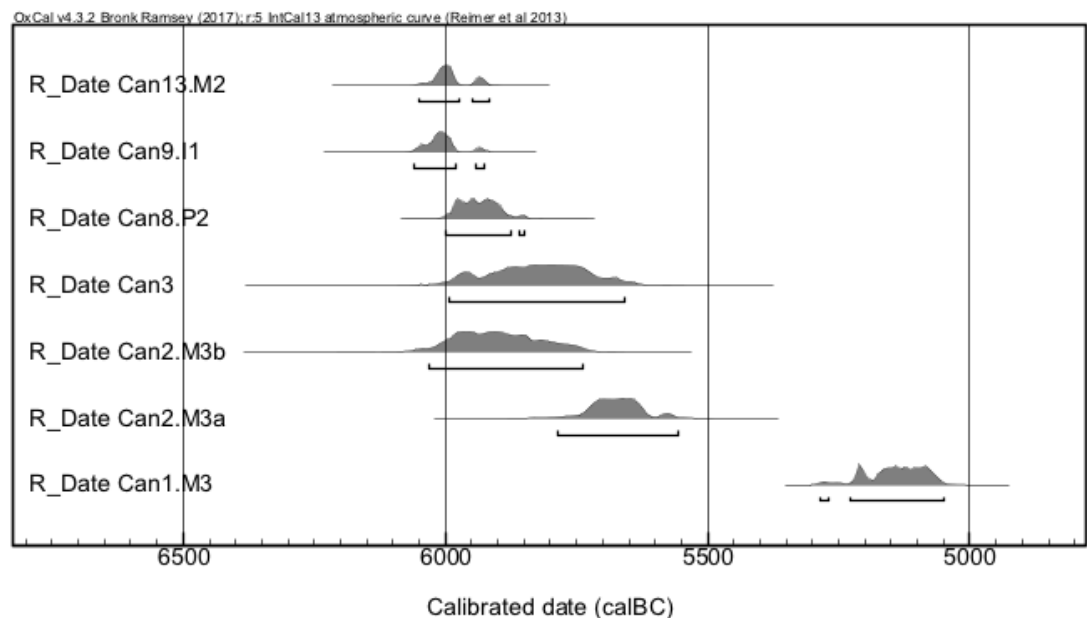


Figura 19: dataciones pertenecientes a los individuos mesolíticos analizados en el presente trabajo. Se puede observar como con excepción de un diente, el resto se acumula durante la primera mitad del VI milenio cal BC.

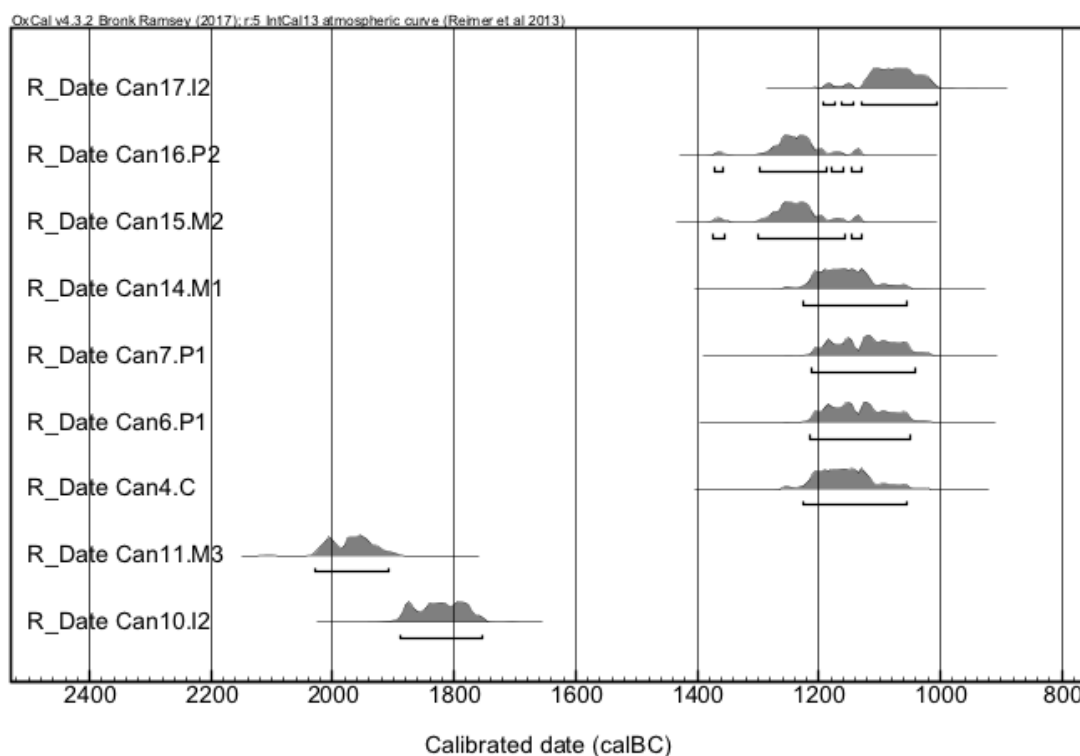


Figura 20: resultado de la datación de los individuos procedentes de la Edad del Bronce, tanto del periodo Medio como del Final.

8.3.- Valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de fauna.

Debido a los diferentes regímenes alimentarios que pueden tener los seres humanos (herbívoros, omnívoros o carnívoros), es necesario obtener un *baseline* de la fauna del yacimiento, es decir, los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de diferentes especies animales encontrados en el yacimiento o sus cercanías, con el fin de identificar el nivel trófico en el que se situaban los individuos humanos estudiados. Los animales tienen dietas muy específicas, como los herbívoros o carnívoros, que no cambian a lo largo del ciclo vital de los mismos.

Tanto para el individuo magdaleniense como para los individuos mesolíticos se han usado valores de diferentes especies de fauna terrestre procedentes de este periodo de la cueva de Los Canes (Tabla 11), y de diferentes peces (especialmente útiles para el primer individuo) procedentes de otros yacimientos de la cornisa cantábrica (Tabla 12).

En cambio, no se analizaron isotópicamente restos de fauna del periodo del Bronce del yacimiento de estudio. Por esta razón, para estimar el *baseline* de este periodo se usaron los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de los restos de fauna de Abrigo de la Castañera (Santander, Cantabria) (Jones *et al* 2019) (Tabla 13). Si bien este proceder no es el más recomendable, este yacimiento es el más cercano geográficamente con datos de isótopos de fauna publicados.

Especie	Latín	$\delta^{13}\text{C}$	$\pm$	$\delta^{15}\text{N}$	$\pm$	n
Ciervo	<i>Cervus elaphus</i>	-21,5	0,4	4,0	0,6	6
Corzo	<i>Capreolous capreolus</i>	-20,9	0,9	3,9	0,1	3
Cabra montesa	<i>Capra pyrenaica</i>	-20,2	0,6	3,9	0,9	5
Rebeco	<i>Rupicapra rupicapra</i>	-20,1	1,0	4,6	0,6	4
Cabra/ Rebeco	<i>Capra/Rupicapra</i>	-20,0	—	2,8	—	1
Jabalí	<i>Sus scrofa</i>	-20,8	1,0	4,1	0,2	2
Oso	<i>Ursus sp.</i>	-20,4	—	2,5	—	1

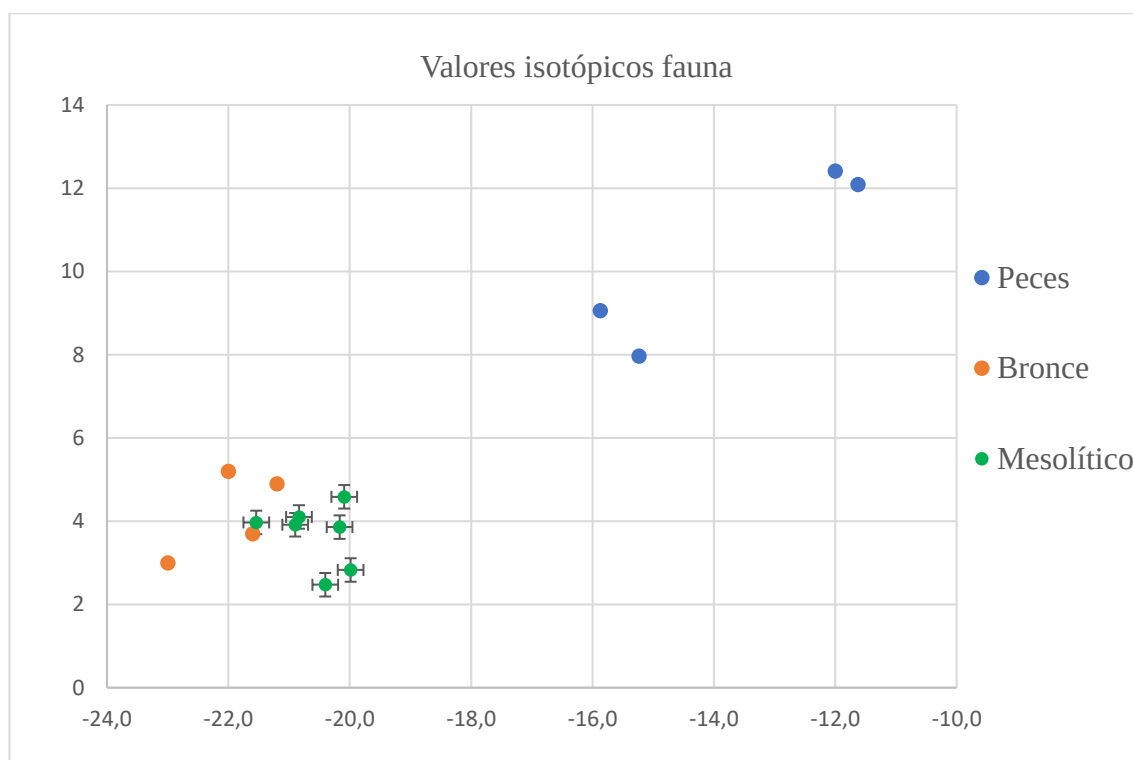
Tabla 11: valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de diferentes especies animales de periodo Mesolítico procedentes de la cueva de los Canes.

Yacimiento	Especie	Latín	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C:N
Balmori	Jurel	<i>Trachurus</i>	-11,6	12,1	3,1
Poza l'Egua	Jurel	<i>Trachurus</i>	-15,9	9,1	3,2
Colomba	Dorada	<i>Sparidae diplodus</i>	-15,2	8,0	3,1
Colomba	Salmónido	<i>Salmonidae</i>	-12,0	12,4	3,2

Tabla 12: valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de diferentes especies de peces procedentes de distintos yacimientos de la cornisa cantábrica.

Yacimiento	Periodo	Especie	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Abrigo de la Castañera	Bronce Inicial	Ovicáprido	-21,6	3,7
Abrigo de la Castañera	Bronce Inicial	Cerdo	-22	5,2
Abrigo de la Castañera	Bronce Inicial	Cerdo	-21,2	4,9
Abrigo de la Castañera	Bronce Inicial	Cerdo	-23	3

Tabla 13: valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de los restos faunísticos usados para estimar la dieta de los individuos de la Edad del Bronce.



representación visual de estos y poder describir el resultado. Este modelo es el más usado a la hora de estimar la edad de cada una de las secciones (Beaumont 2012, Montgomery *et al* 2012, Fernández-Crespo 2018) En el siguiente capítulo, dedicado a la discusión de los resultados, se usarán y representarán otras metodologías, como es la metodología acumulativa, para estimar el impacto de estas en la representación de los datos y cómo varían los resultados y su interpretación.

8.5.- Valores de dentina de la cueva de Los Canes.

En la figura 22 aparecen representados los valores de dentina del total del conjunto estudiado, agrupados según el diente del cual procedían. Los valores para el $\delta^{13}\text{C}$ se encuentran situados entre -23.47 y -13.70, lo cual indica diferentes fuentes de consumo de carbono, como las plantas C_3 y C_4 , así como presencia de alimentos de origen marino. Por otro lado, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ se sitúan entre 6.5 y 18.36. Esta diferencia de casi un 12‰ indica la presencia de diferentes niveles tróficos dentro de la cadena alimenticia entre los individuos enterrados en la cueva de los Canes. Combinando los datos de los valores de ambos isótopos, se confirma la existencia de dieta marina, dando así lugar a tres grupos:

- El primer grupo está formado por los individuos Mesolíticos, con una dieta basada en el consumo de plantas C_3 , algunos de ellos con un ligero aporte de recursos marinos, y cierto consumo de proteínas de origen animal (Figura 23).
- En el segundo, se encuentran los individuos de la Edad del Bronce (Medio y Final) con valores de carbono compatibles con una alimentación con consumo regular de plantas C_4 , así como un aporte de proteínas de origen animal moderado, al igual que en el anterior (Figura 24).
- El tercer grupo, representado tan solo el individuo magdalenense, Can12.C, el cual refleja un consumo de recursos marinos durante la mayor parte de la secuencia, como se verá más adelante (Figura 23).

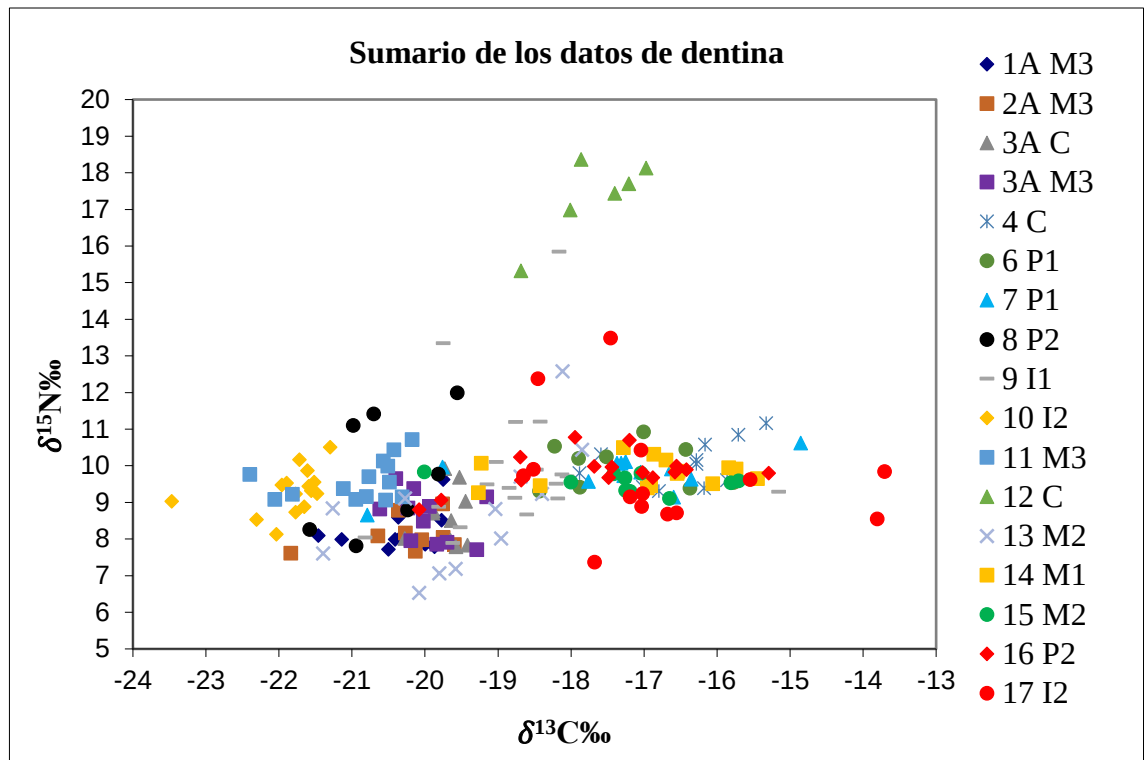


Figura 22: Representación en un eje de coordenadas de todos los resultados procedentes de la cueva de los Canes.

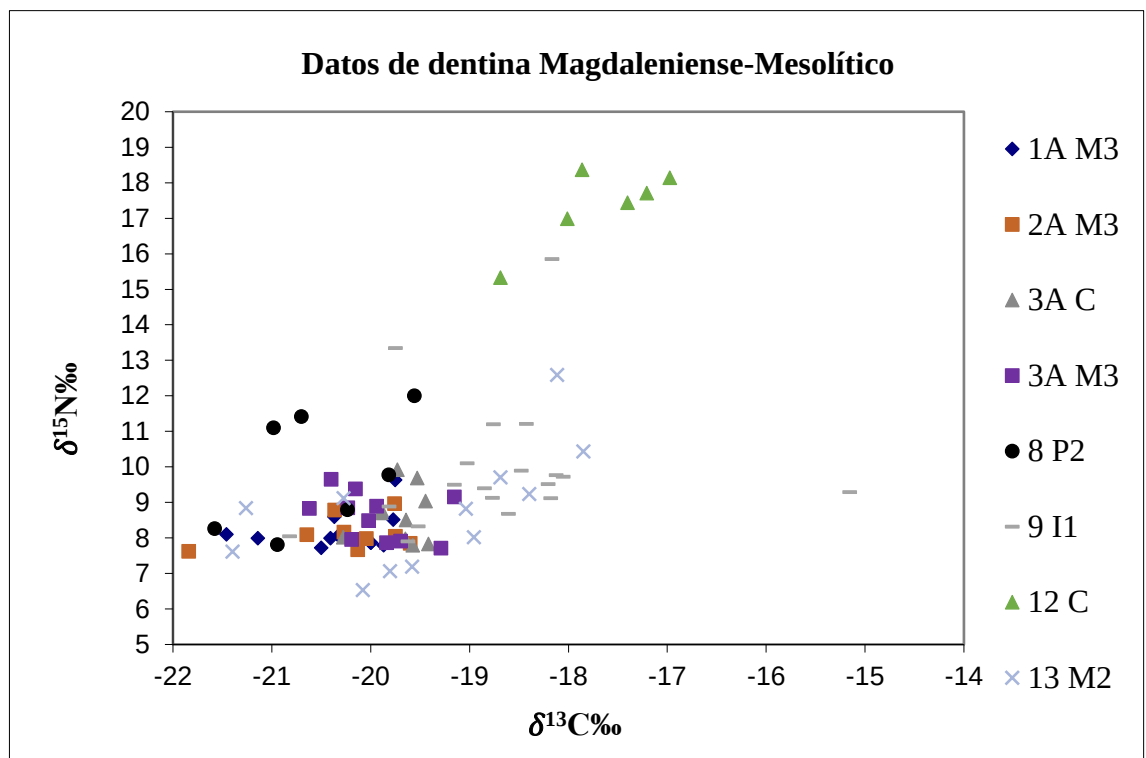


Figura 23: Representación en un eje de coordenadas de los resultados procedentes del individuo magdaleniense y los mesolíticos de la cueva de los Canes.

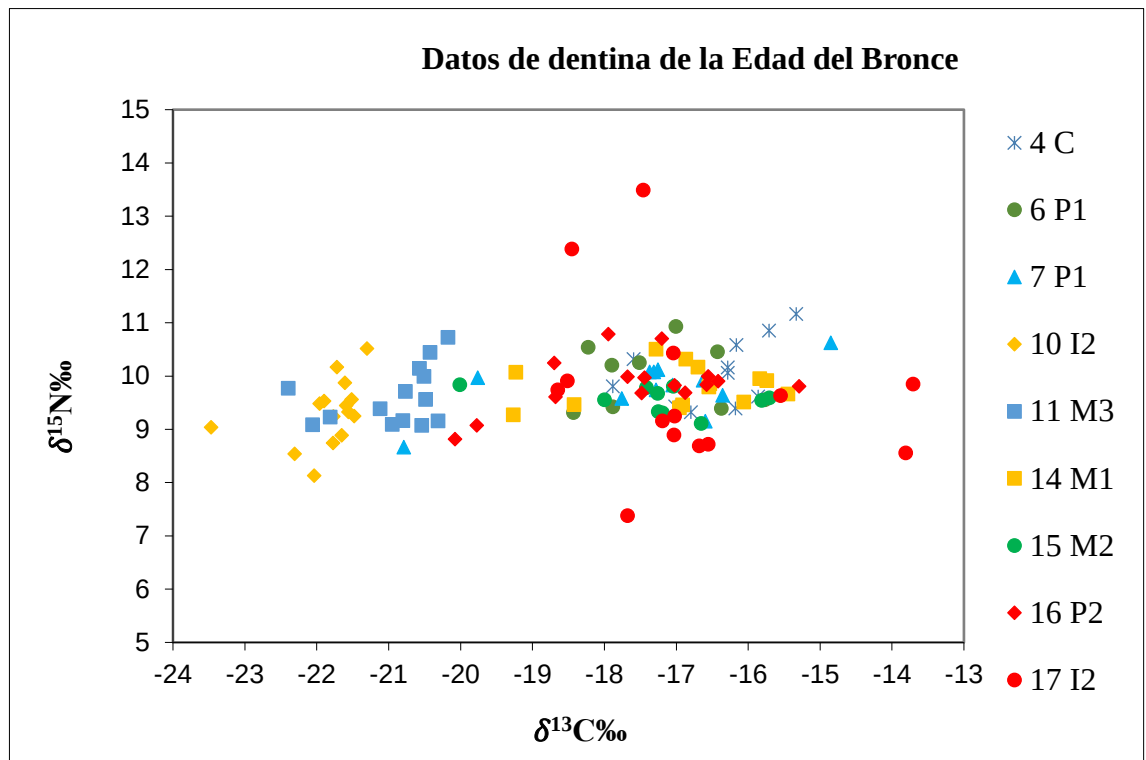


Figura 24: Representación en un eje de coordenadas de los resultados de los individuos de la Edad del Bronce procedentes de la cueva de los Canes.

A continuación, se presentan los datos y gráfica preliminar de cada diente ordenados temporalmente, el más antiguo (Can12.C) primero y así, según los resultados de la datación por ^{14}C . En el siguiente capítulo, se incluye una discusión sobre los diferentes métodos de estimación dental de la edad y cómo estos afectan, o no, a la interpretación de los datos. Para esta primera representación de los mismos, se ha usado el método de AlQahtani (2010) para estimar la edad y tasa de crecimiento de los dientes utilizados.

8.5.1 El diente magdaleniense y los dientes mesolíticos.

- Diente 12 (3364) (tabla 14 y figuras 25 y 26). Se trata de un canino superior, hallado en la UE 10. Fue necesario muestrear dos veces la pieza dental, la primera fue tomando secciones de 1mm de grosor. La longitud total de la pieza era de 16 mm y se obtuvieron 18 secciones: 5 en la corona (4mm), 5 de la primera mitad de la raíz (4,5mm), 5 de la segunda mitad (4,5mm) y finalmente, 3 de la curva (3mm). A la hora de pesar las muestras, no se cumplía el criterio de “la mitad +1”, motivo por el cual se volvió a tomar muestras con *punches* de 1,5mm. Desafortunadamente, al tratarse de un canino y por la morfología de la corona, esta no se pudo volver a muestrear, fusionando las 5 muestras de 1mm tomadas anteriormente, con lo cual el muestreo con este nuevo grosor solamente se tomó en la raíz del diente. Así se obtuvieron 9 muestras de una longitud de la raíz de 11,5mm: 4 de la primera mitad (5mm), 4 de la segunda (5mm) y 1 de la curvatura (1,5mm). Aun así, hubo que fusionar las secciones 6 y 7 para alcanzar el peso mínimo, y descartar las secciones 8 y 9 ya que no alcanzaban el peso mínimo ni podían fusionarse (tampoco lo alcanzaban) por estar situados en dos regiones diferentes. De modo que se analizaron 5 muestras de 1mm, y 7 de 1,5mm.

A pesar de la problemática relativa al muestreo y calidad del diente, los valores de ambos isótopos muestran una diferencia respecto al resto. En el caso de $\delta^{15}\text{N}$, se observa un crecimiento inicial alcanzando el valor más alto en la segunda sección, cuando a esa edad se esperarían un descenso debido al proceso de destete e introducción de nuevos alimentos. Los valores comienzan a disminuir a mitad de la serie, aproximándose a valores similares al principio. Por otro lado, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ sufren un caso parecido de aumento desde el comienzo hasta la mitad de la serie, momento en el que empiezan a disminuir. En ambos casos, la diferencia entre el mayor y el menor valor para ambos isótopos supera el umbral del 3%, lo cual sugiere cambios importantes en la dieta del individuo a lo largo de los años en los que el diente muestreado se desarrolló. Los valores de las secciones procedentes de la raíz muestran una dieta fuertemente basada en alimentos marinos y sostenida en el tiempo, incluso es probable que la alimentación complementaria introducida durante el proceso de destete estuviese compuesta por alimentos marinos procesados de una manera específica para el consumo del lactante. Este individuo resulta interesante ya que, como se mencionó anteriormente, el yacimiento

de los Canes se encuentra en el interior de la actual comunidad de Asturias, y no en la costa. Desafortunadamente este es el único resto que se conservó de este individuo, motivo por el cual no se puede extraer más información relativa a la migración hacia el interior que realizó, probablemente después de los 11,5 años, límite temporal en el análisis de este diente. Sin embargo, existe también la posibilidad de que el consumo de estos recursos marinos se tratase en realidad de alguna especie anádroma, y estos se pescasen y consumiesen cerca de la cueva, como atestiguaría la presencia de arpones y restos de salmón encontrados en el yacimiento.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1_2_3_4_5	0,52	15	60,18	-20	192,16	3,72	3,5
1ª mitad	1	0,45	18,3	54,61	-17,8	154,45	3,29	6
1ª mitad	2	0,43	17,4	67,43	-17,4	192,42	3,32	7
1ª mitad	3	0,41	18,1	61,26	-17	173,9	3,31	8
1ª mitad	4	0,51	17,7	86,19	-17,2	243,48	3,29	9
2ª mitad	5	0,4	18	59,1	-18	169,8	3,35	10
2ª mitad	6_7	0,44	15,3	60,85	-18,7	183,36	3,45	11,5

Tabla 14: datos de la secuencia del diente 12 con la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

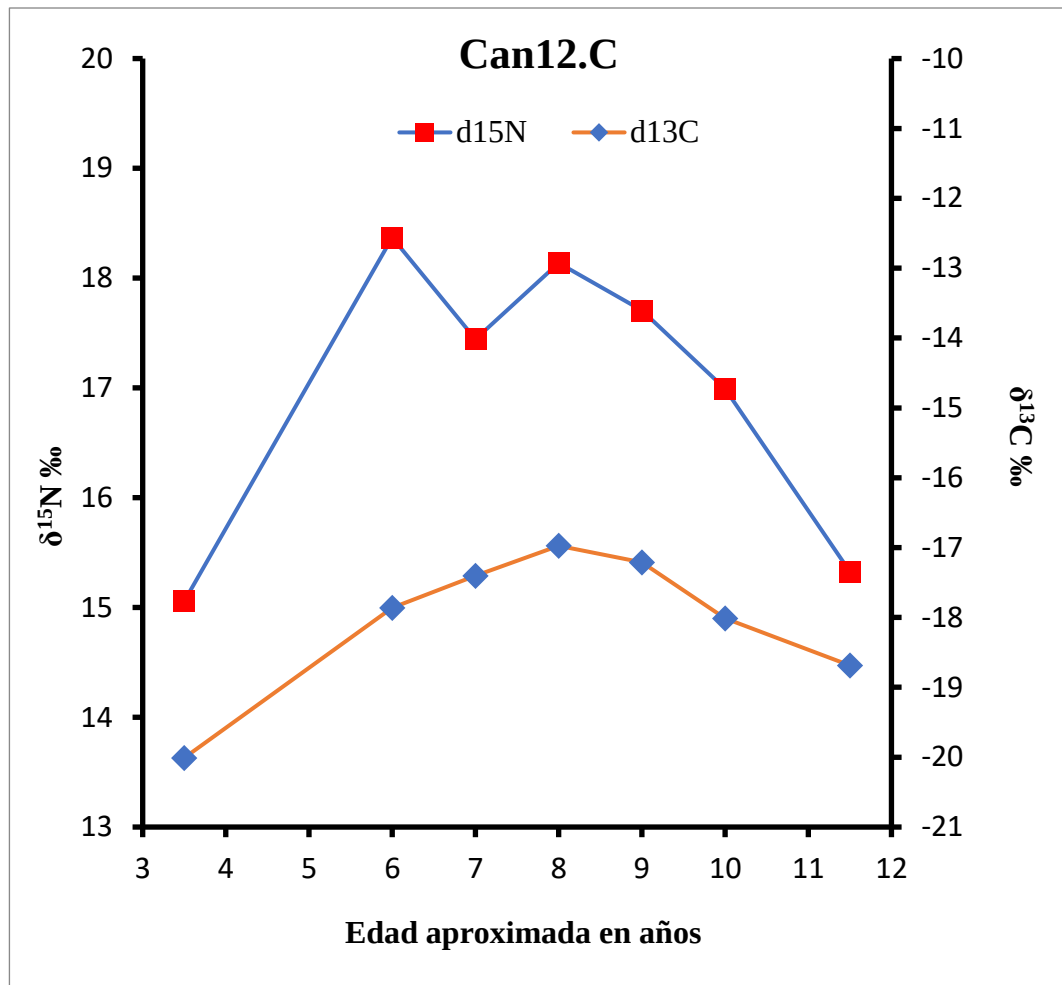


Figura 25: representación preliminar de los datos de las tablas X para la secuencia del diente 12.

Este consumo de recursos marinos es fácilmente observable en la figura 26, donde aparecen los valores de dentina junto a los valores isotópicos del *baseline* creado para este periodo. Así, se puede observar cómo los valores de $\delta^{15}\text{N}$ procedentes de la dentina aparecen un nivel trófico por encima del de los peces, más específicamente del jurel y la dorada, mientras que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ evidencian un consumo tanto de alimentos marinos como de terrestres en la dieta de este individuo.

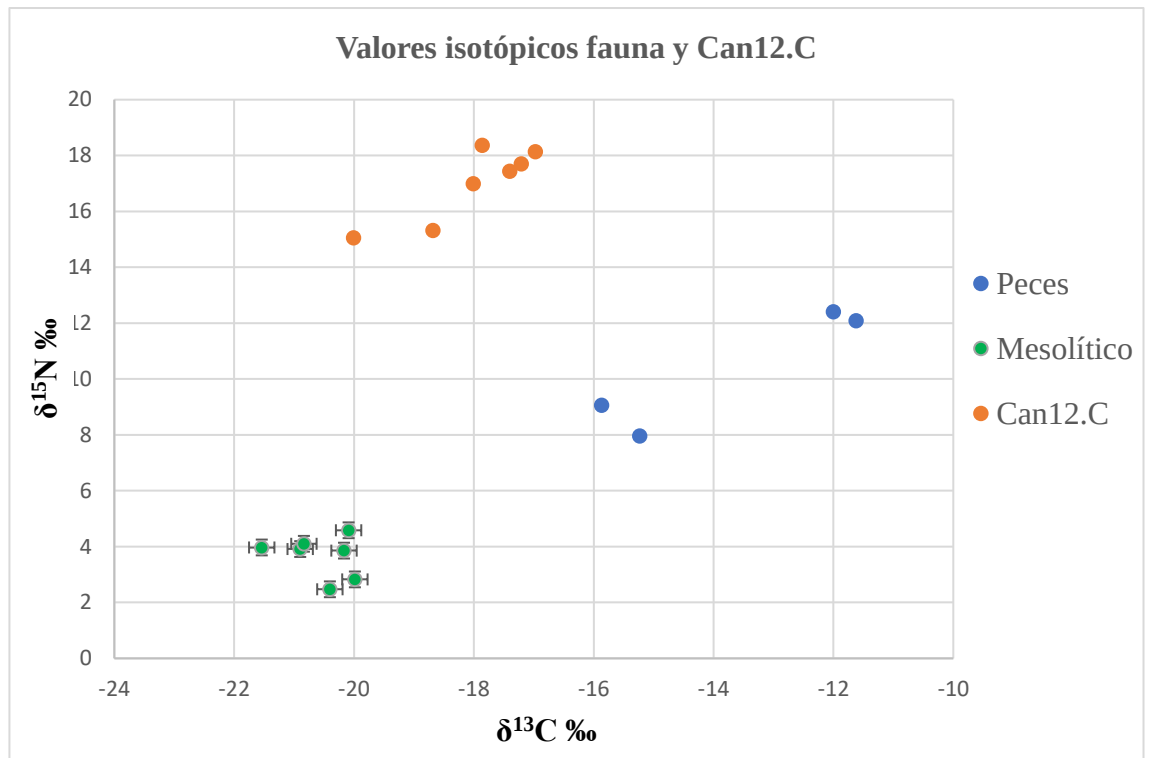


Figura 26: representación de los valores isotópicos de fauna y de peces junto a los valores de dentina del diente Can12.C.

- Diente 9 (150) (tabla 15 y figuras 27 y 28). Se trata de un primer incisivo superior derecho, hallado en el revuelto de la cueva. En una primera toma de muestras usando *punches* de 1mm, se obtuvieron 28 secciones de una longitud de 23mm. Desafortunadamente, el peso de las muestras era muy bajo y fue necesario una segunda toma de muestras con *punches* de 1,5mm. En esta ocasión, de los 23mm se obtuvieron 20 secciones repartidas de la siguiente manera: 7 de la corona (7mm), 7 de la primera mitad de la raíz (8mm), y 6 de la segunda mitad la raíz (8mm). En la gráfica que acompaña a la tabla, se puede observar cómo hay puntos más espaciados en la zona que representa a la corona dental que en la zona que representa a la raíz. Esto se debe a la tasa de crecimiento de cada región, siendo menor en la raíz, por eso los puntos aparecen más espaciados, tasa que se acelera durante la formación de toda la raíz.

Según se observa en la secuencia, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ tienen una tendencia a disminuir desde el principio, Esta tendencia a lo largo de la serie se ve interrumpida por un momento entre los 6 y los 8 años, en los cuales se produce un leve incremento

no compatible con un cambio significativo en la dieta, Por otro lado, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se mantienen constantes, con pequeñas variaciones en torno al 1‰ hasta el penúltimo punto de la serie, la sección 18, que registra un aumento súbito en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del 3,32‰, y seguidamente una reducción del valor de -5.67‰, todo ello en un periodo de tiempo muy corto en el que el individuo sufre un cambio importante en la dieta, en el que momentáneamente adopta otro tipo de alimentación para volver rápidamente al consumo de plantas C_3 que mantenía con anterioridad. Debido a la cronología del diente, lo más probable es que se trate de algún alimento marino con un nivel trófico bajo de los cuales existe testimonio en el yacimiento.

La tendencia en la disminución de los valores de ambos isótopos al comienzo de la secuencia seguramente sea debido al periodo de destete, iniciándose este antes de la primera muestra. Sin embargo, los valores continúan descendiendo hasta los 6 años, y entre los 2,62 y 3,47 se observa una meseta, lo cual dificulta estimar el momento en el que el proceso de destete finaliza, ya que, a nivel isotópico, podría ser cualquiera de los dos, aunque los 6 años sea una edad muy tardía para continuar con un aporte de leche materna como complemento alimenticio.

En este espécimen se puede observar como el peso de algunas secciones es mayor a 0,70mg, el doble de 0,35mg, lo cual significaría que, teóricamente, es posible obtener dos muestras sucesivas de la misma sección. Esto es bastante complicado ya que, primero se debe estar muy seguro del peso y calidad de cada muestra, cosa imposible de saber a simple vista al tomar la muestra. Segundo, al tomar la sección con el *punch* de biopsia, y luego sacarla del mismo para continuar el proceso, pueden darse rotaciones que confundan la direccionalidad del diente, teniendo posterior impacto en el orden de la secuencia.

En la figura 28, en la cual aparecen los valores de dentina de este diente junto con la *baseline* para este periodo, pueden observarse como el individuo se sitúa por encima de los otros animales terrestres, y el consumo de recursos marinos de bajo nivel trófico en torno a los 8,37 años de edad, único momento en el que esto sucede a lo largo de la secuencia de dentina.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	9_1	0,39	15,8	59,93	-18,2	180,45	3,51	0,92
Corona	9_2	0,66	13,3	121,13	-19,7	344,50	3,31	1,77
Corona	9_3	0,95	11,2	166,18	-18,8	463,81	3,25	2,62
Corona	9_4	0,91	11,2	164,06	-18,4	458,34	3,25	3,47
Corona	9_5	0,92	10,1	160,45	-19	459,64	3,34	4,32
Corona	9_6	1,18	8,3	192,23	-19,5	555,85	3,37	5,17
Corona	9_7	0,81	7,9	121,86	-19,6	364,74	3,49	6,02
1ª mitad	9_8	0,70	8,8	100,81	-19,8	294,29	3,40	6,57
1ª mitad	9_9	0,60	8,7	88,31	-18,6	248,24	3,27	6,71
1ª mitad	9_10	1,57	9,1	240,43	-18,7	682,25	3,31	6,85
1ª mitad	9_11	0,60	9,1	80,61	-18,2	229,93	3,32	6,99
1ª mitad	9-12	0,36	9,4	55,97	-18,8	162,25	3,38	7,13
1ª mitad	9_13	0,73	9,5	90,60	-19,1	262,46	3,37	7,27
1ª mitad	9_14	0,40	9,76	57,87	-18,1	168,41	3,39	7,41
2ª mitad	9_15	0,60	9,71	82,44	-18,0	238,88	3,38	7,62
2ª mitad	9_16	0,56	9,51	73,38	-18,2	211,17	3,35	7,87
2ª mitad	9_17	0,42	9,89	79,46	-18,5	223,18	3,27	8,12
2ª mitad	9_18	0,67	9,29	117,63	-15,1	328,70	3,25	8,37
2ª mitad	9_19_20	0,66	8,04	113,40	-20,8	321,54	3,30	10

Tabla 15: datos relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección de la secuencia del diente 9.

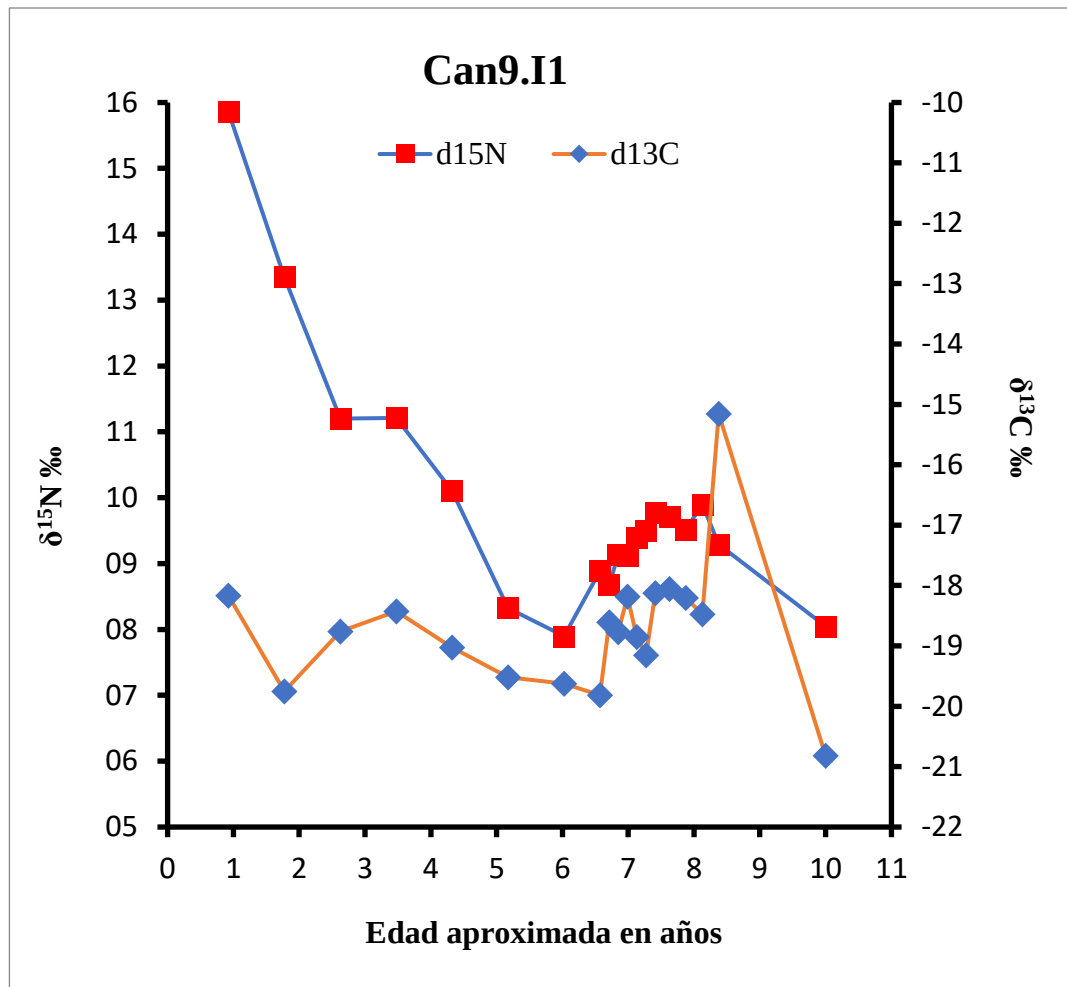


Figura 27: representación preliminar de los datos de las tablas X para la secuencia del diente 9.

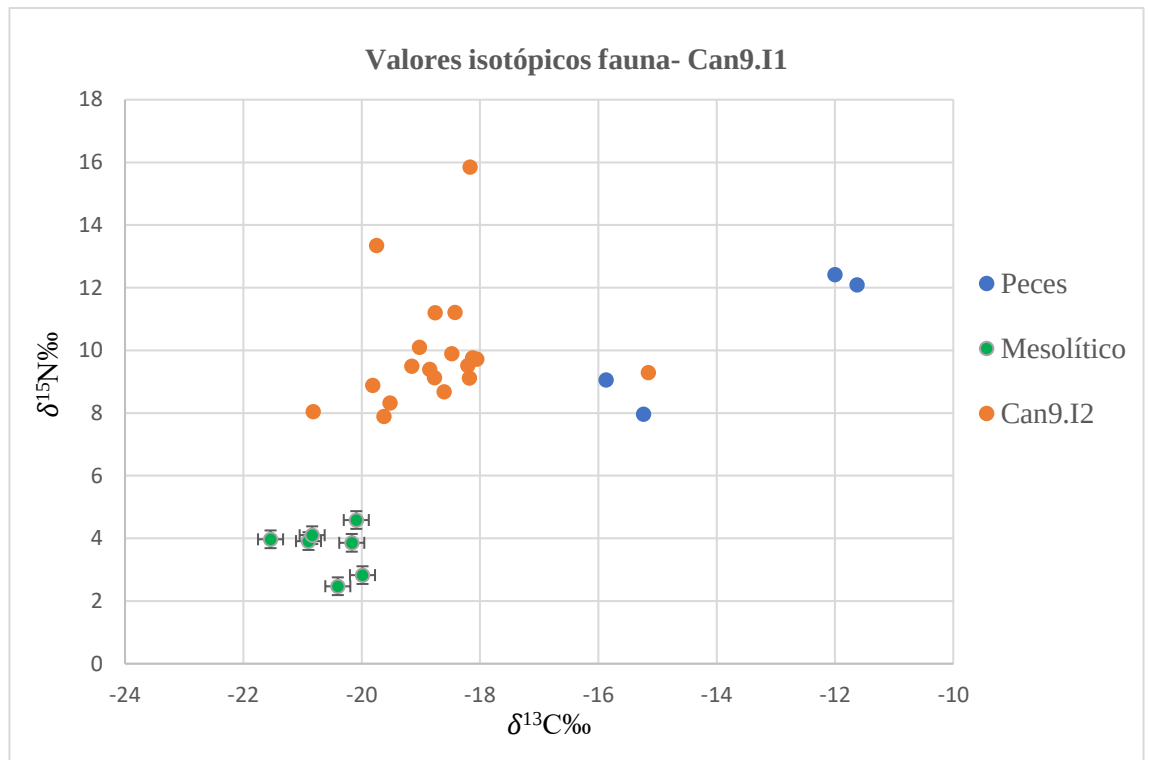


Figura 28: representación de los valores isotópicos de fauna y de peces junto a los valores de dentina del diente Can9.I1.

- Diente 13 (12646) (tabla 16 y figuras 29 y 30). Se trata de un segundo molar, encontrado en la UE 5. Primero se extrajeron 21 secciones usando los *punches* de 1mm de una longitud de 16mm, repartidos de la siguiente manera: 6 en la corona (5mm), 4 en la primera mitad de la raíz (4mm), y 11 desde la bifurcación hasta el final del diente (7mm). Al pesar las muestras, se observó que aquellas procedentes del tercer tramo (bifurcación-final del diente) no tenían en peso adecuado, motivo por el cual se repitió el muestreo en esta zona únicamente con *punches* de 1,5mm. De esta región de 7mm se obtuvieron 6 muestras. Así, se analizaron 10 muestras de 1mm, y 6 de 1,5mm.

Dentro de la secuencia, se observa como los valores de ambos isótopos se correlacionan de manera positiva durante la mayor parte de las muestras. Tanto el $\delta^{15}\text{N}$ como el $\delta^{13}\text{C}$ comienzan la serie con un descenso en sus valores para, tras la 3ª sección en el caso del primero y la 2ª sección en el caso del segundo, ir aumentando el valor hasta la 6ª sección, donde los valores de ambos comienzan a disminuir de nuevo. A partir de la 9ª sección se produce una divergencia de valores, donde el $\delta^{15}\text{N}$ comienza a ascender de

nuevo, mientras que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ disminuyen, repuntan y vuelven a disminuir. Los valores del principio y la edad asignada y esas secciones son compatibles con un periodo de destete que finalizó a los 4,76 años. Tras esta etapa, hasta la sección 6 (7 años), la dieta tuvo un contenido proteico importante con consumo tanto de plantas C_3 como C_4 , momento en el que se elimina la proteína animal de la dieta y se produce el valor mínimo de $\delta^{15}\text{N}$. La “burbuja” producida entre los 11 y los 14 años puede deberse a un periodo de estrés desde los 11 a los 12,5, y su posterior recuperación desde este último momento hasta los 14. Con los últimos valores de la secuencia parece iniciarse otra situación de estrés, iniciándose a los 14 y durando al menos hasta los 15,5, momento en el que la secuencia acaba. Resultaría tentador asumir que este periodo de estrés fuese la causa de muerte del individuo, sin embargo, y al tratarse de un diente aislado, no es posible asegurar este hecho.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1	0,42	12,6	83,34	-18,1	228,14	3,19	2,78
Corona	2_3	0,72	9,1	92,92	-20,3	260,87	3,27	3,82
Corona	4	0,47	8	57,47	-19	160,23	3,25	4,76
Corona	5	0,30	9,2	47,12	-18,4	131,12	3,24	5,42
Corona	6	0,49	9,7	52,73	-18,7	153,03	3,38	6,08
Raíz	7	0,35	10,4	55,54	-17,8	157,32	3,30	7
Raíz	8	0,41	8,8	68,14	-19	196,75	3,36	8
Raíz	9_10	0,51	7	77,34	-19,8	228,43	3,44	9,5
Bifurcación	11	0,52	6,5	64,81	-20	191,93	3,45	11
Bifurcación	12_13	0,66	7,6	105,07	-21,4	316,92	3,51	12,5
Bifurcación	14	0,42	7,2	79,20	-19,6	226,44	3,33	14
Bifurcación	15_16	0,66	8,8	127,63	-21,3	375,21	3,42	15,5

Tabla 16: datos relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección de la secuencia del diente 13.

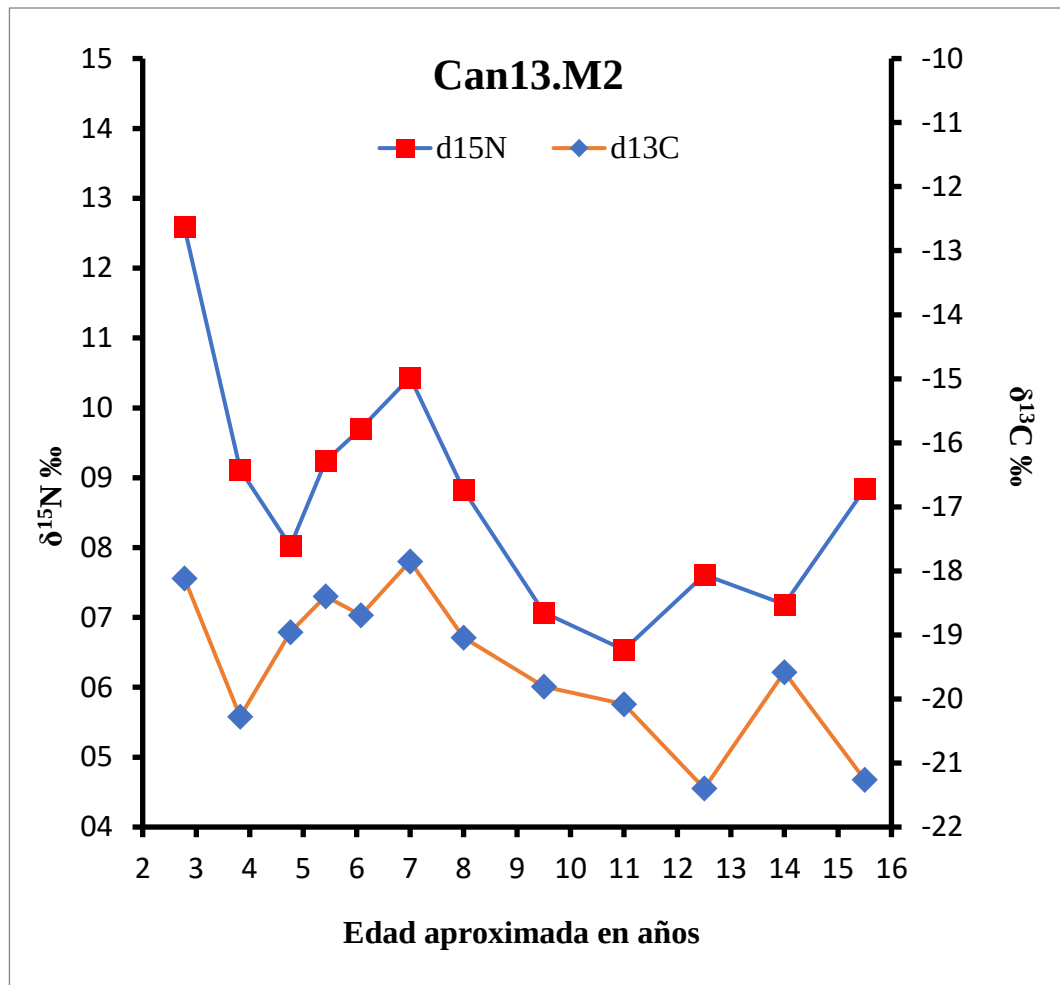


Figura 29: representación preliminar de los datos de las tablas X para la secuencia del diente 13.

En la figura 30, donde se representan juntos el *baseline* de este periodo y los valores de la dentina, puede apreciarse el consumo mayoritario de recursos terrestres. Si bien parece que alguno de los valores más altos de $\delta^{15}\text{N}$ pueda deberse a la incorporación momentánea de recursos marinos en la dieta, la edad a la cual se manifiestan estos valores, en torno a los 2,78 años, parece inclinar la explicación hacia la lactancia y el posterior proceso de destete.

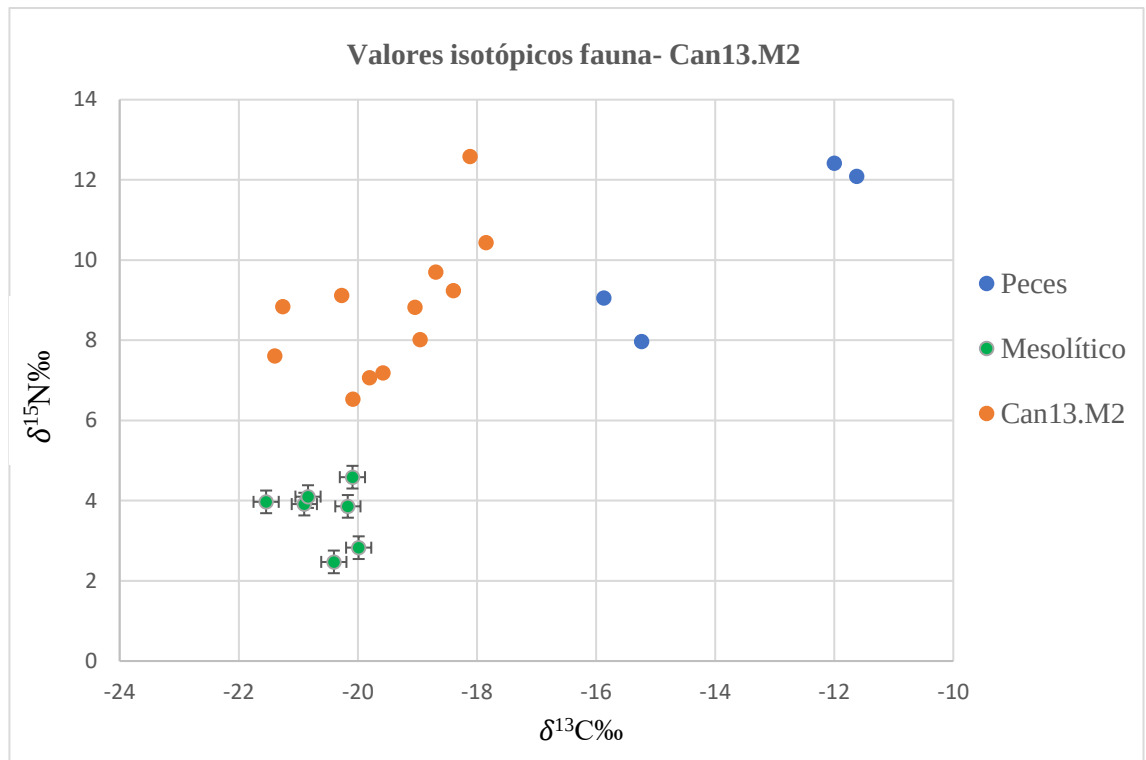


Figura 30: valores isotópicos de la *baseline* de fauna junto con los valores de dentina del diente Can13.M2

- Diente 8 (7607) (tabla 17 y figuras 31 y 32). Se trata de un segundo premolar en desarrollo, procedente de la UE 6-A. Se tomaron *punches* de 1mm de grosor a lo largo de la longitud del diente, obteniéndose así 14 secciones: 7 de la corona (6mm), 4 de la primera mitad de la raíz (4mm), y 3 desde la bifurcación hasta el final de la pieza (3mm). La secuencia de valores de $\delta^{15}\text{N}$ muestra tendencia a una reducción continua durante toda la serie, indicando una disminución constante en el consumo de proteínas de origen animal. Por otro lado, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ muestran cierta variación dentro de un pequeño rango, pero también con tendencia a disminuir. Esta no es significativa, siendo estos pequeños cambios muy constantes a lo largo de toda la secuencia, indicando una dieta basada en plantas C_3 . Existe la posibilidad, al menos por la edad de las primeras muestras, que este descenso en los valores de ambos isótopos pudiera estar relacionado con el proceso de destete y la introducción de una dieta baja en proteínas de origen animal. Sin embargo, se debe ser cauto con esta interpretación porque la misma valdría para justificar un consumo de leche materna hasta una edad muy tardía, al final de la secuencia.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1_2	0,45	12	59,20	-19,6	167,86	3,30	3,92
Corona	3	0,72	11,1	95,42	-21	269,30	3,29	4,55
Corona	4	0,67	11,4	123,85	-20,7	343,01	3,23	4,97
Corona	6_7	0,48	9,8	54,90	-19,8	157,53	3,34	6,02
Raíz	8	0,52	8,8	75,44	-20,2	218,67	3,38	7,16
Raíz	10	0,70	8,3	104,61	-21,6	305,28	3,40	9,82
Bifurcación	12_13_14	0,36	7,8	56,53	-20,9	175,42	3,61	12,5

Tabla 17: datos relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección de la secuencia del diente 8.

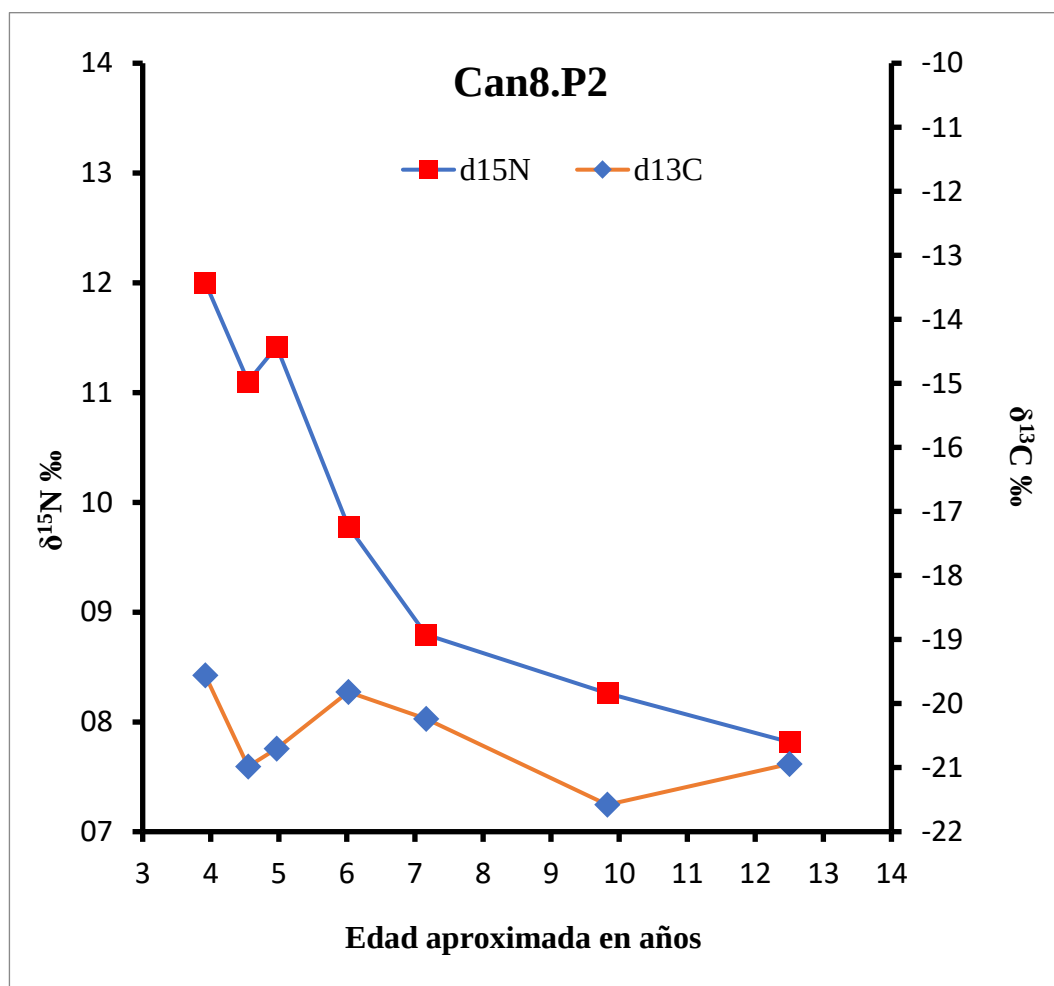


Figura 31: representación preliminar de los datos de las tablas X para la secuencia del diente 8.

En la figura 32, donde se representan los valores de dentina de dentina junto al *baseline* de este periodo, puede observarse un consumo exclusivo de recursos terrestres durante toda la secuencia de dentina.

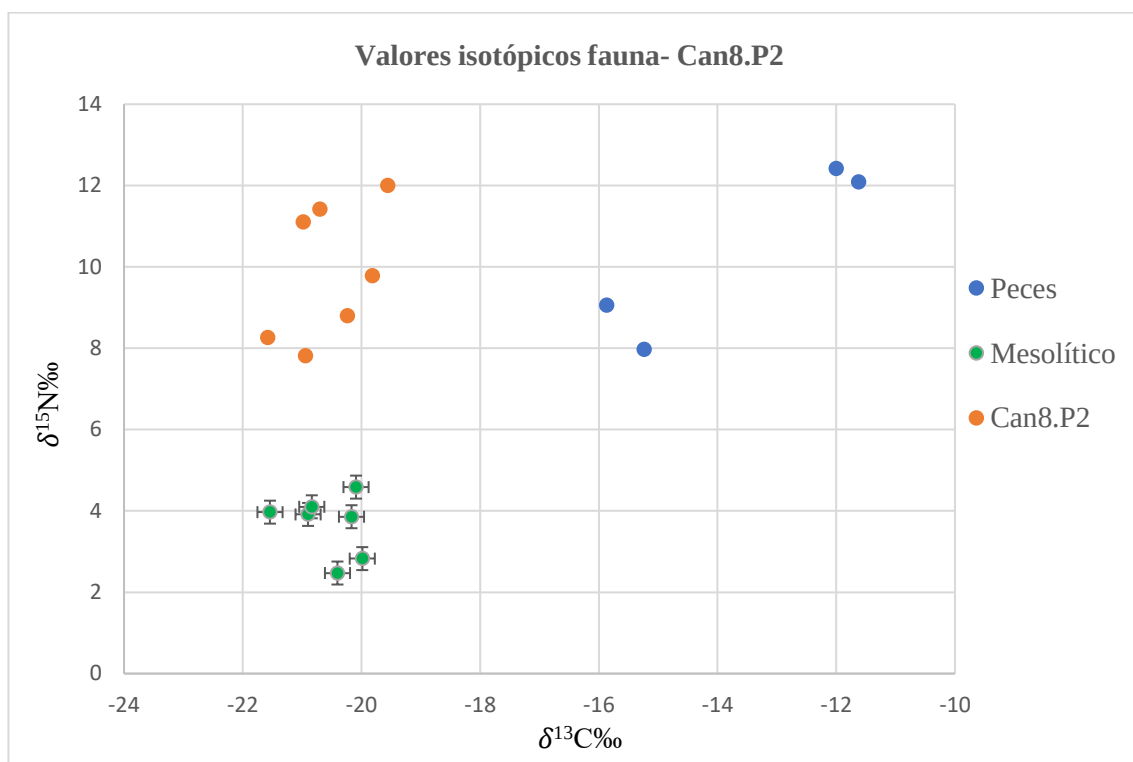


Figura 32: gráfica con los valores isotópicos del *baseline* y los valores de dentina del diente Can8.P2.

- Diente 3C (10204) y 3M3 (9900). En esta ocasión se analizaron dos dientes procedentes del mismo individuo: el varón adulto de la estructura 6-III. Respecto al primero, el canino (Tabla 18 y 19, y figuras 33 y 34), fue un muestreo complejo ya que la zona más distal del diente estaba rota diagonalmente, afectando a la transición entre la primera mitad y la segunda mitad de la raíz. La estrategia que se siguió fue la siguiente: medir el diente completo con ambos fragmentos unidos y realizar la clasificación anatómica que se siguió con el resto de los dientes de una sola raíz: corona, primera mitad y segunda mitad. A continuación, se tomaron los *punches* de un lado hasta la zona de fractura, que no coincidía con el final de la raíz, a esta serie se le denominó con un “a” al lado del número de la sección. Entonces se muestreó el lado contrario, desde la fractura

hasta el final de la raíz, siendo esta serie la “b”. Así se obtuvo cierto solapamiento entre ambas secuencias que permitió, no solo analizar toda la pieza dental, sino ver posibles diferencias en el desarrollo entre un lado y el otro. Mientras que la longitud total del diente eran 15mm, del primer fragmento se obtuvieron un total de 14 *punches*: 5 para la corona (4 mm), 6 para la primera mitad de la raíz (5.5 mm) y 3 desde el comienzo de la segunda mitad hasta la zona en la que el diente se fragmentó. Del total del segundo fragmento, se obtuvieron 10 fragmentos: 3 de la primera mitad de la raíz, y 7 de la segunda mitad, aunque por bajo peso no pudieron usarse 3 de ellos. Se produjo así un solapamiento entre 6 secciones (3 de la primera mitad y 3 de la segunda mitad de la raíz).

La secuencia “a” comienza con un descenso en los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ entre los 2 y los 4,5 años, probablemente debido como se discutirá posteriormente al final del periodo de destete. Desde los 5,9 hasta los 7,9 años los valores aumentan, para volver a disminuir a los 9,1 y aumentar de nuevo a los 11 años, probablemente debido a un aumento en el consumo de proteínas, ya que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ no covarían positivamente. Durante este periodo entre los 5,9 y los 9,1 años se observa además una covarianza negativa entre los valores de ambos isótopos, informando así de un periodo de estrés prolongado. En este caso, el estrés se produjo entre los 5,9 y los 6,7 años, momento en el que el individuo comenzó a recuperarse. Por lo que respecta a los valores de $\delta^{13}\text{C}$, se mantienen constantes y en torno a -19.5‰ a lo largo de la secuencia “a”.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	N _(muestra)	$\delta^{13}\text{C}$	C _(muestra)	C:N ratio	Edad
Corona	3C_1_2_3 ^a	0,55	9,9	91,95	-19,7	255,41	3,24	2
Corona	3C_4_5 ^a	0,53	7,8	57,82	-19,6	164,22	3,31	4,5
1ª mitad	3c-6 ^a	0,39	7,8	61,16	-19,4	172,53	3,29	5,9
1ª mitad	3C_7 ^a	0,46	8,7	53,97	-19,9	150,22	3,24	6,7
1ª mitad	3C_8_9 ^a	0,63	8,5	108,07	-19,6	303,17	3,27	7,9
1ª mitad	3C-10 ^a	0,36	8	56,40	-19,6	160,00	3,30	9,1
2ª mitad	3C_12_13_14 ^a	0,45	9,7	92,32	-19,5	274,19	3,46	11

Tabla 18: datos relativos a la región anatómica, el peso (razón de las fusiones), valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y edad estimada de cada sección de la secuencia “a” del canino del individuo 3.

Respecto a la secuencia “b”, se observa un leve incremento al comienzo de la serie tanto en el $\delta^{15}\text{N}$ como en el $\delta^{13}\text{C}$, entre la primera y la segunda sección, con un ligero descenso entre la segunda y la tercera casi imperceptible.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
1ª mitad	3C_9_10_11b	0,38	8	59,53	-20,3	174,96	3,42	8,5
2ª mitad	3C_15_16b	0,45	9	63,49	-19,4	183,90	3,37	10,5
2ª mitad	3C_17_18b	0,34	8,8	54,34	-19,9	157,32	3,37	14

Tabla 19: datos acerca de la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y edad estimada de cada sección de la secuencia “b” del canino 3.

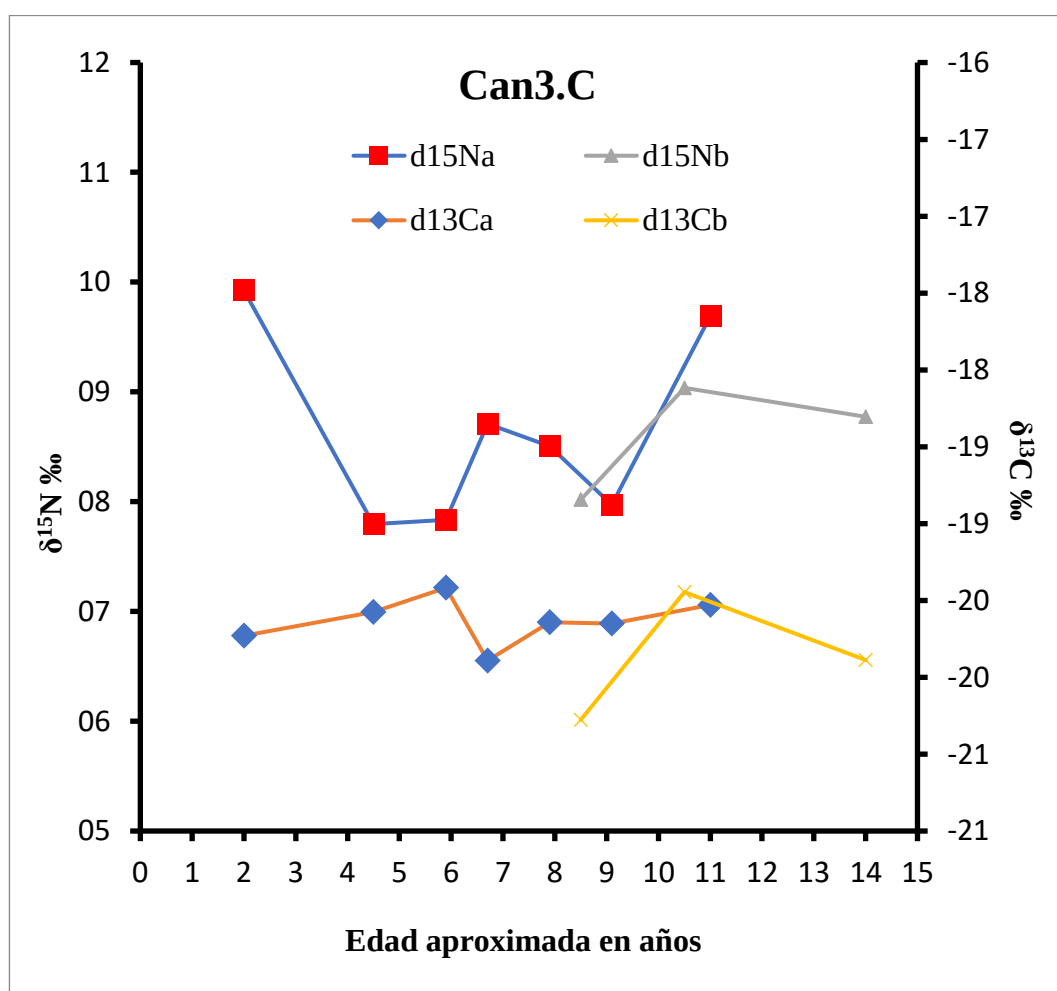


Figura 33: representación preliminar de los datos de las tablas X para ambas secuencias del canino 3.

En la figura 34, donde aparecen los valores de dentina de ambas partes del diente Can3.C junto con el *baseline*, puede observarse este consumo exclusivo de recursos terrestres, y hasta dos niveles tróficos por encima de los animales terrestres, evidenciando un alto consumo de recursos proteicos en este individuo.

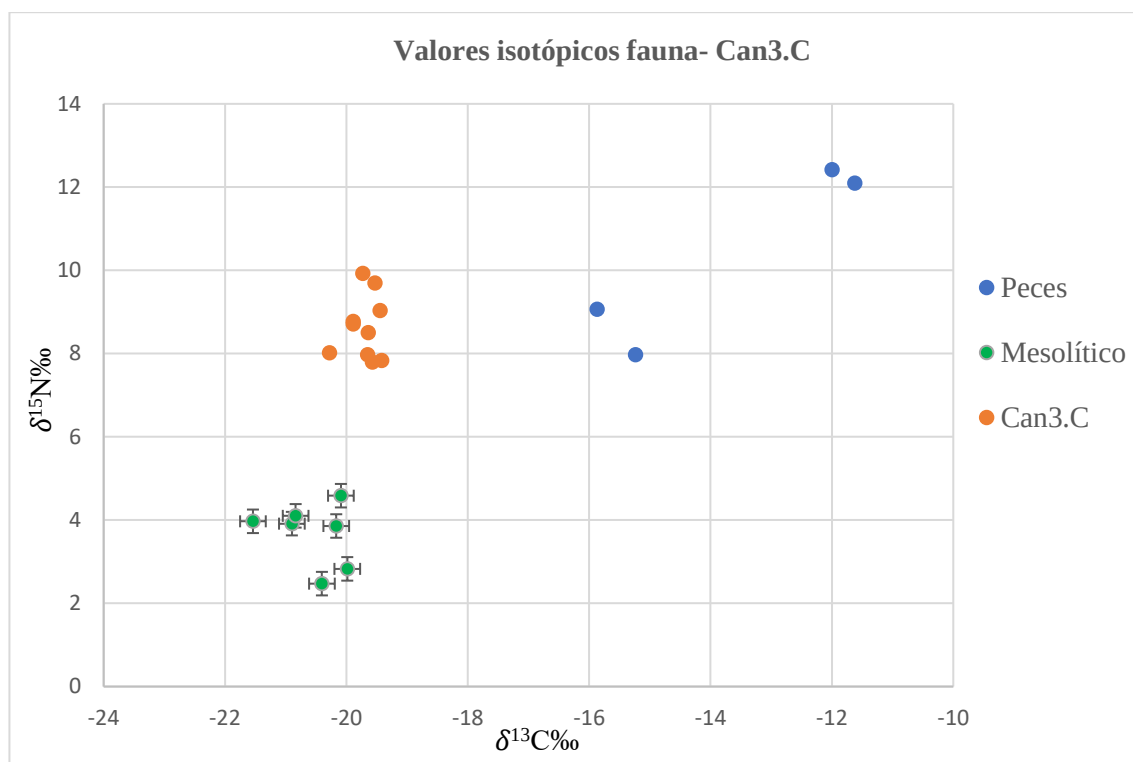


Figura 34: gráfica con los valores isotópicos de dentina de ambas partes del diente Can3.C y los valores del *baseline* para este periodo.

Por su parte, hubo cierta problemática con el muestreo del tercer molar del individuo enterrado en la estructura 6-III (tabla 20 y figuras 35 y 36). El diente tenía una longitud de 15 mm, de los cuales se obtuvieron 17 secciones de 1mm de grosor en una primera toma de muestras: 6 pertenecientes a la corona (4 mm), 4 de la primera mitad (4.5 mm) y 4 de la segunda mitad (4.5 mm) y 3 secciones de la curvatura (2mm). Añadiéndose una categoría extra, la curva, una fuerte curvatura existente al final de la raíz (técnicamente, de hecho, parte de la segunda mitad), presente en algunos dientes y cuya presencia había que tener en cuenta a la hora de analizar el crecimiento dental en dicha zona y cómo eso podía afectar a la representación de los ratios de isótopos. Sin embargo, al pesar las secciones se comprobó que los pesos no eran suficientes, ni

cumplían el criterio de “la mitad+1”, con lo cual hubo que muestrear de nuevo la región de la corona y la primera mitad de la raíz con *punches* de 1,5mm. Desafortunadamente, la segunda mitad y la curvatura no tenían suficiente material para otro muestreo. De esta manera se obtuvieron 15 secciones: 4 para la corona y 4 para la primera mitad de 1,5mm, y 4 para la segunda mitad y 3 para la curva de 1mm.

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ sufren un incremento entre la segunda y la tercera sección, momento en el que se produce una disminución para luego volver a ascender tras la cuarta sección, hasta la sexta. En ese momento se vuelve a producir un descenso en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre la sexta y octava sección, que ascienden una vez más hacia el final de la secuencia. Por su parte, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ también varían: entre la segunda y la tercera sección se produce una disminución en los valores, que aumentan entre la tercera y la quinta. Posteriormente, entre la quinta y la sexta, los valores vuelven a disminuir para permanecer estables el resto de la secuencia.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	3M3_1	0,39	8	61,08	-20,2	177,72	3,39	9,12
Corona	3M3_2	0,35	7,9	57,47	-19,8	162,35	3,29	10,37
Corona	3M3_3	0,67	8,8	123,75	-20,6	345,14	3,25	11,62
Corona	3M3_4	0,91	8	175,93	-19,7	489,97	3,24	12,87
1ª mitad	3M3_5	0,55	9,1	138,61	-19,1	380,30	3,20	13,87
1ª mitad	3M3_6	0,69	9,6	117,55	-20,4	334,27	3,31	14,62
1ª mitad	3M3_7	0,60	8,9	80,13	-19,9	231,01	3,36	15,37
1ª mitad	3M3-8	0,36	8,5	57,84	-20	164,60	3,31	16,12
2ª mitad	3M3_13_14	0,45	8,8	53,89	-20,2	159,49	3,45	18
Curva	3M3_15_16_17	0,46	9,4	51,12	-20,1	150,95	3,44	21,5

Tabla 20: datos de la secuencia del 3º molar relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

Al observar la gráfica correspondiente a este diente (figura 30), se observan dos momentos de covarianza negativa entre ambos isótopos. El primero entre los 10,37 y los 12,87 años, debido muy probablemente a un periodo de estrés sufrido entre los 10,37 y los 11,62 y su posterior recuperación. El segundo se produce justo después, aunque los

valores de $\delta^{13}\text{C}$ llevan cierto retraso respecto a los valores de $\delta^{15}\text{N}$. Este periodo de estrés comenzaría en torno a los 12,87 para el $\delta^{15}\text{N}$ y a los 13,87 para el $\delta^{13}\text{C}$, y duraría hasta los 14,62 años, momento en el que inicia la recuperación del individuo, que parece hacerse efectiva alrededor de los 16 años.

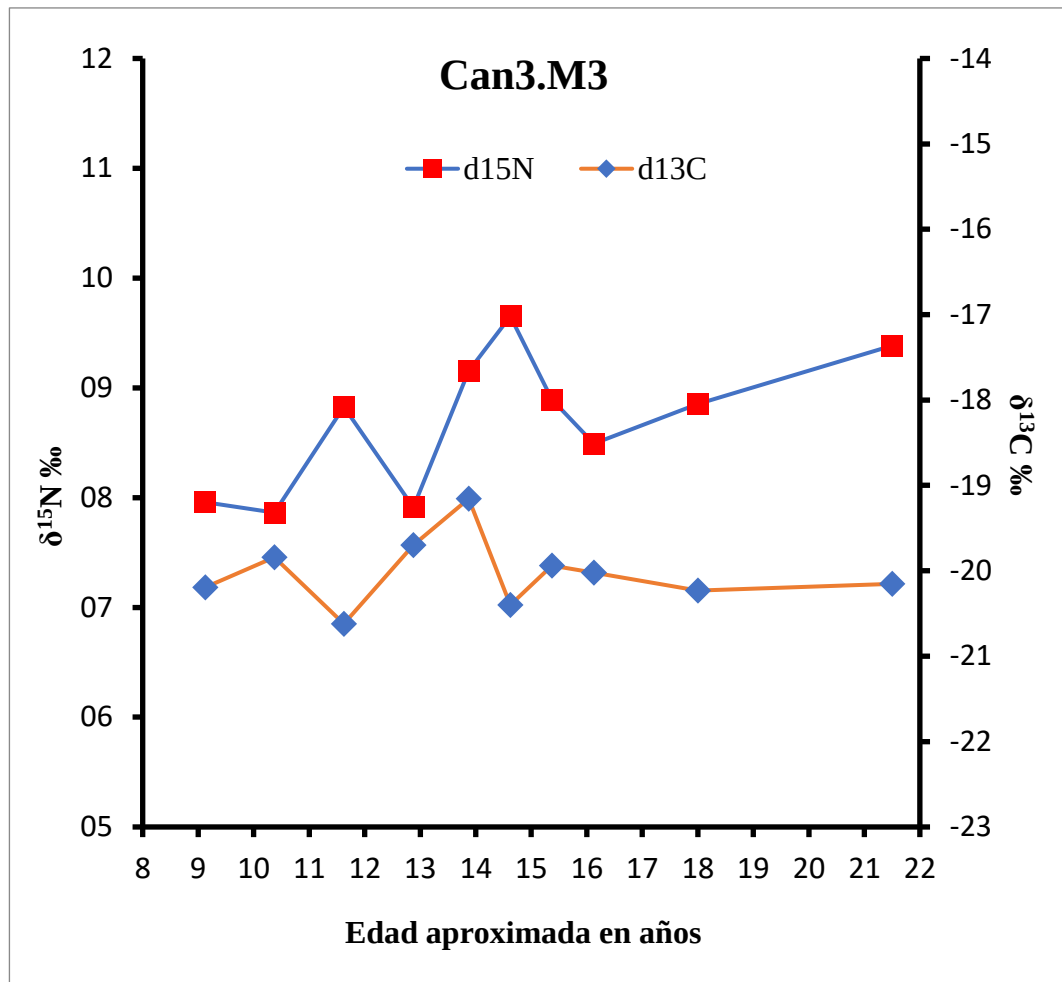


Figura 35: representación preliminar de los datos de las tablas X para ambas secuencias del 3º molar 3.

La figura 36, donde se pueden observar los valores isotópicos de fauna y de este diente, indica un consumo de recursos terrestres de manera exclusiva. La siguiente figura (figura 32), donde a la anterior gráfica se unen los valores de dentina del canino de este individuo, se puede apreciar como este consumo de recursos terrestres es mantenido durante años.

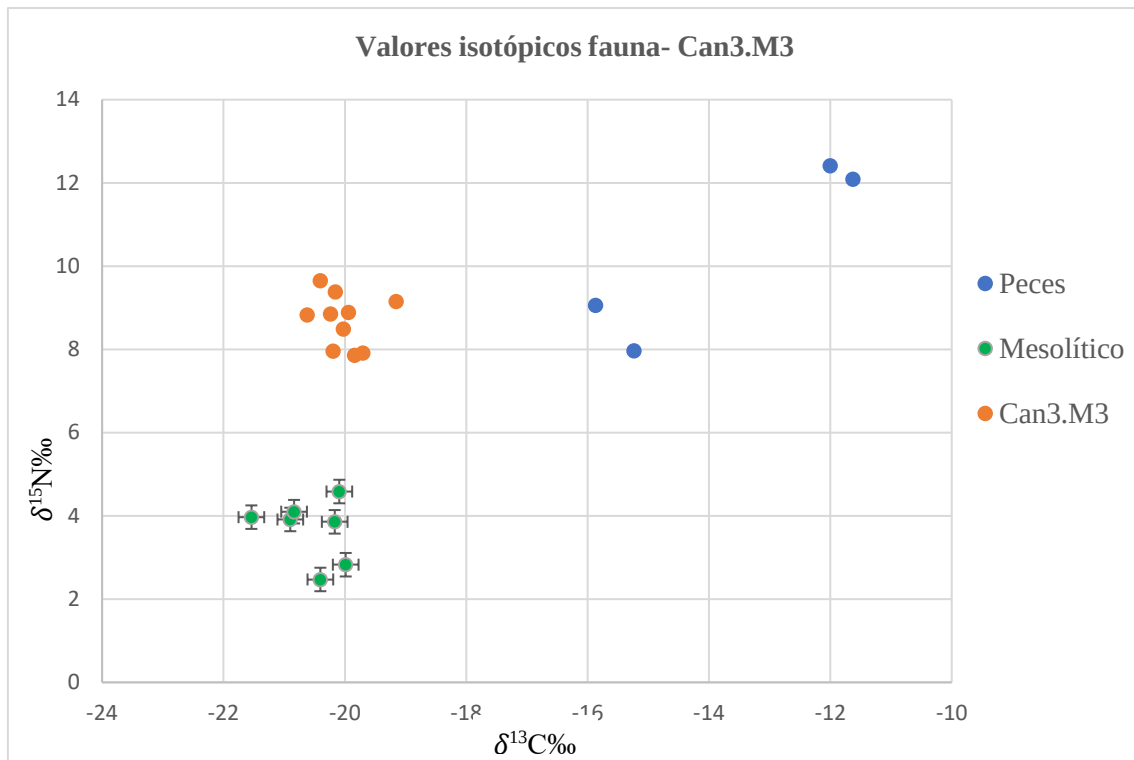


Figura 36: representación de los valores isotópicos de dentina de Can3.M3 junto con los valores de fauna y peces.

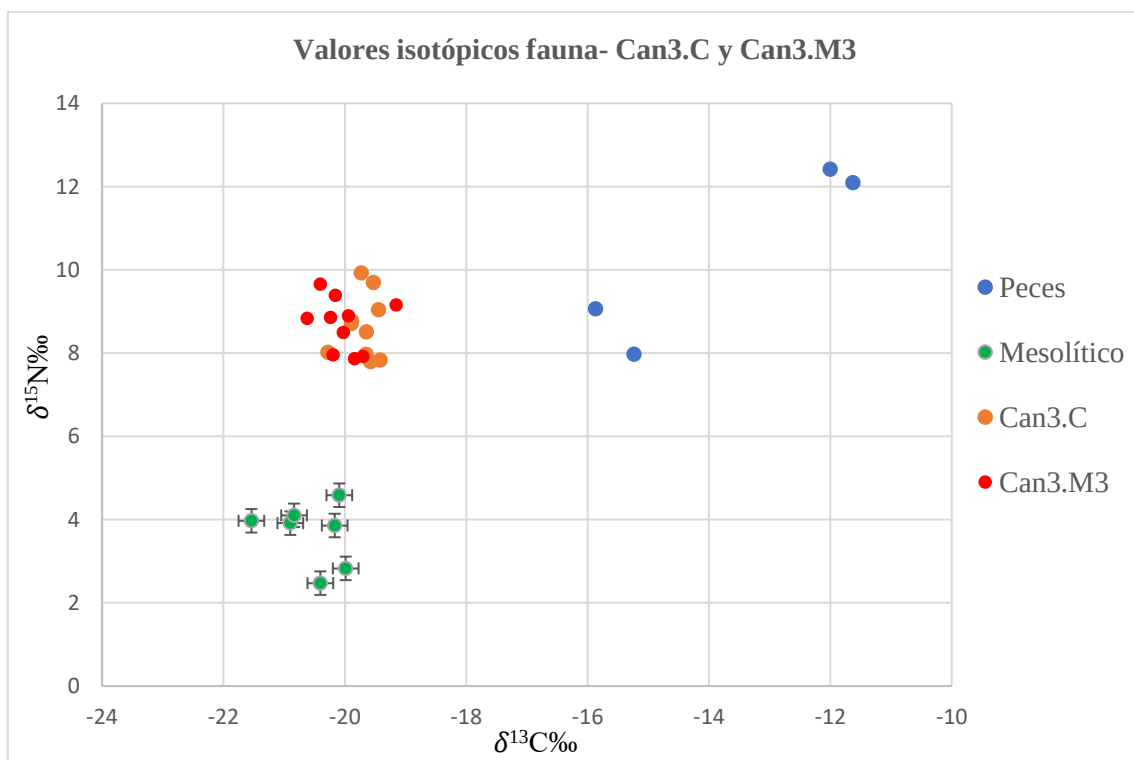


Figura 37: valores isotópicos de dentina de los dos dientes (canino y tercer molar) del individuo de sexo masculino adulto de la estructura 6-III junto con los valores del *baseline* para este periodo.

- Diente 2 (9603) (tabla 21 y figuras 38 y 39). Se trata de un tercer molar en desarrollo del individuo juvenil encontrado en la estructura 6-II, lo cual conlleva dificultades en la interpretación y representación de los datos como se discutirá posteriormente. Además, ya se había realizado un análisis de los isótopos de carbono y nitrógeno previamente (Arias 2005) sobre colágeno procedente de dos huesos diferentes. El diente medía una longitud total de 10 mm, de la cual se pudieron obtener 13 fragmentos de 1mm de grosor: 6 de la corona (4 mm), 5 de la primera mitad de la raíz hasta la bifurcación (4 mm) de los cuales dos no pudieron usarse ni fusionar por el poco peso de cada uno, y 2 (2 mm) desde la bifurcación hasta el final del diente, que no coincide con el final de la raíz ya que se encontraba en desarrollo en el momento de la muerte del individuo y cuyo uso se descartó debido a que el valor del C:N ratio sobrepasaba el límite superior.

La serie comienza con una disminución en el valor de $\delta^{15}\text{N}$ comprendido desde un poco antes de los 9 años, hasta casi los 12, todas secciones pertenecientes a la corona del diente, momento en el que se produce un aumento en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ para luego descender. Por otro lado, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se mantienen estables, entre -21 y -20‰. Los valores observados a lo largo de la serie son compatibles con una dieta mixta basada en plantas C_3 . El incremento en el valor de $\delta^{15}\text{N}$ en la quinta sección podría deberse a un aumento en el consumo de proteínas de origen animal, aunque es demasiado pequeño para considerarse un cambio en el nivel trófico del individuo.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1	0,35	8,8	57,36	-20,4	157,92	3,21	8,85
Corona	2_3	0,53	8,2	57,05	-20,3	162,11	3,31	9,9
Corona	4	0,49	8	54,63	-20	154,47	3,29	10,95
Corona	5	0,44	7,7	63,05	-20,1	176,62	3,26	11,65
Raíz	7_8	0,41	9	64,17	-19,7	177,87	3,23	12,9
Raíz	10_11	0,44	8	66,36	-20,6	202,42	3,55	15,6
Bifurcación	12_13	0,3	7,6	42,86	-21,8	148,68	4,04	16,5

Tabla 21: datos relativos a la situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y la edad estimada de las secciones del diente 2.

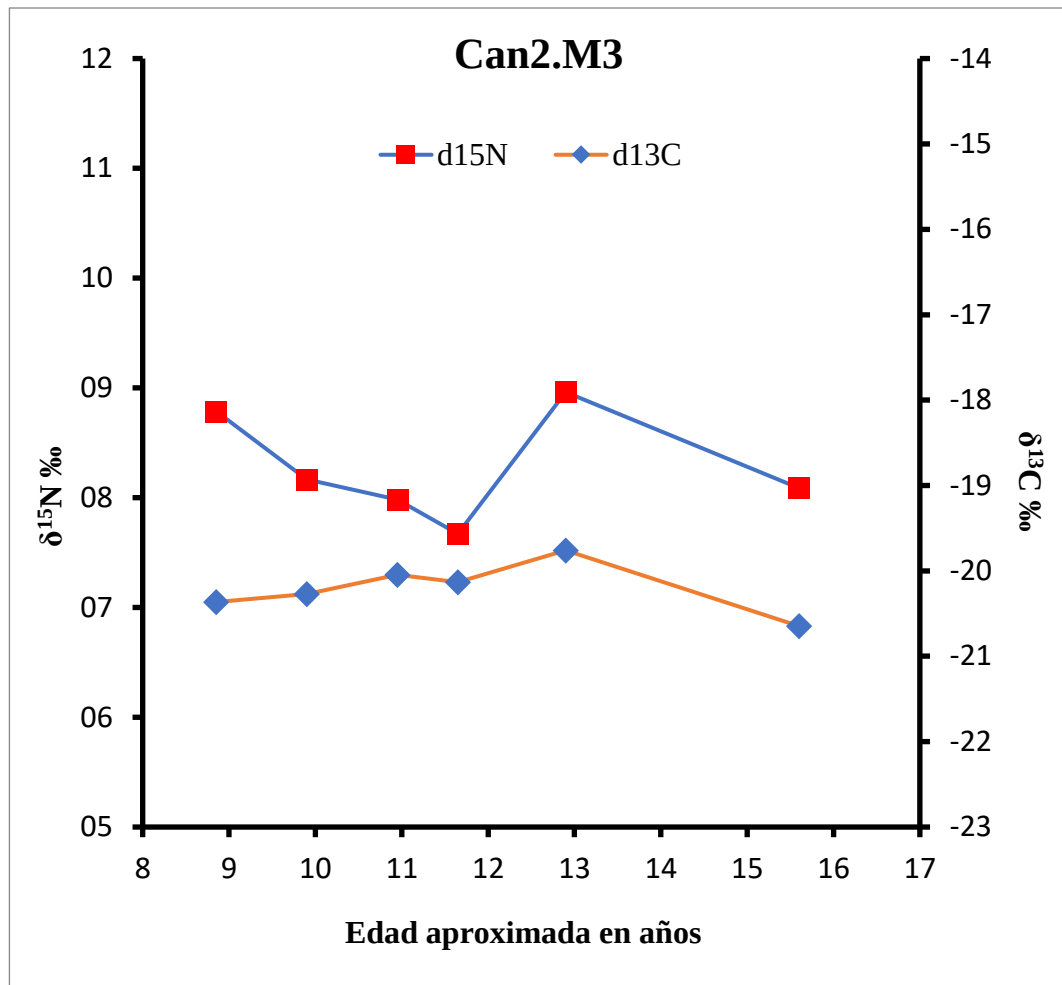


Figura 38: representación de los valores de la secuencia de dentina del diente Can2.M3

La figura 39, donde se muestran los valores isotópicos de dentina junto al *baseline*, puede observarse un consumo exclusivo de recursos terrestres durante toda la secuencia.

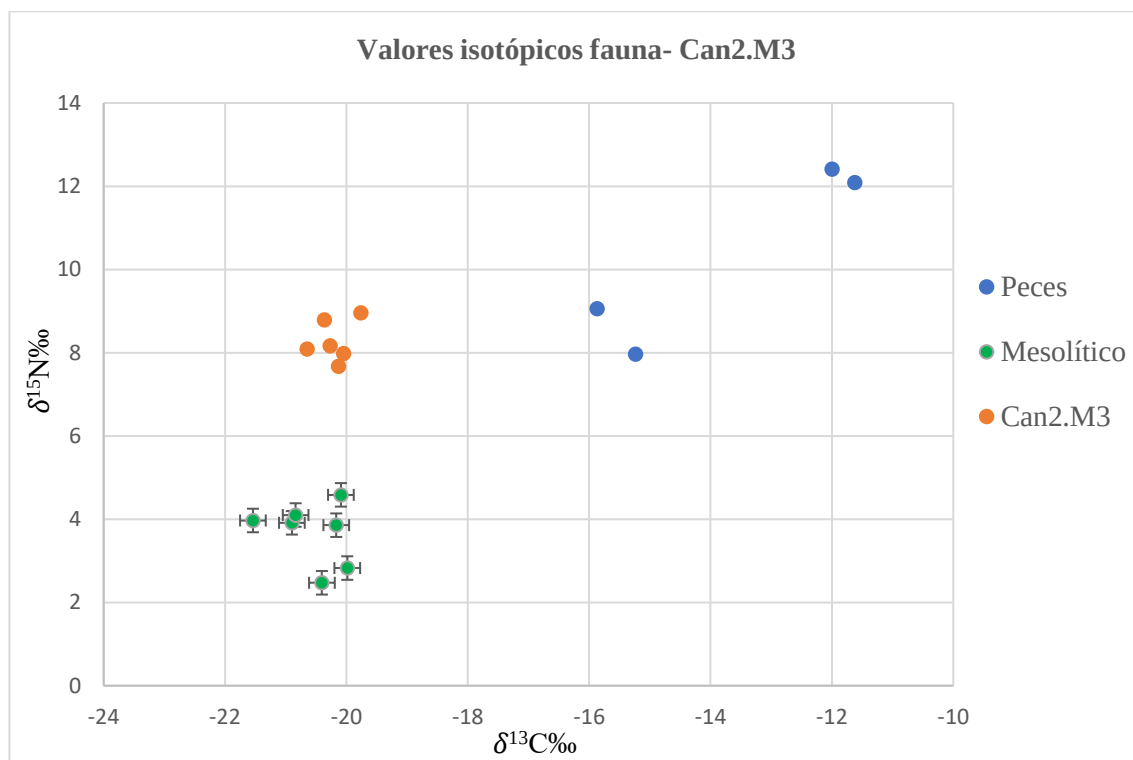


Figura 39: valores de la secuencia de dentina del diente Can2.M3 junto con los valores de fauna mesolítica y de restos de peces.

- Diente 1 (5238) (tabla 22 y figuras 40 y 41). Se trata de un tercer molar, encontrado en la estructura 6-I y que pertenece al segundo individuo encontrado en la misma y representado solamente por este resto, no a la mujer de avanzada edad. En este caso, la longitud total del diente fue de 15 mm, obteniendo del mismo 19 secciones de dentina de 1 mm de grosos: 6 de la corona dental (4 mm), 6 de la región situada entre el comienzo de la raíz y la bifurcación de la misma (5.5 mm) y 7 de la tercera y última sección, desde la bifurcación de las raíces al final de la misma (5.5 mm). Puede observarse, además, como fue necesario fusionar varios *punches* para alcanzar el peso mínimo necesario para el espectrómetro de masas, representado por el número de cada sección separado por un guion bajo, esto se repite a lo largo de toda la serie de dientes estudiados. A continuación aparecen los valores corregidos de $\delta^{15}\text{N}$ Y $\delta^{13}\text{C}$ y el C:N ratio. Según

puede observarse por el C:N ratio, todas las secciones de dentina entran dentro del rango de calidad de van Kilnken (1999), situado entre 2.9 y 3.6, incluso dentro del rango usado por los investigadores del laboratorio de Oxford, más restringido, siendo su límite superior 3.4.

Al comienzo de la serie se observa una disminución en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre los 9 y los 12 años, todos correspondientes a secciones procedentes de la corona dental. Desde ese momento, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de las consecutivas secciones se sitúan en torno a 8, salvo por un repunte momentáneo en el penúltimo punto (secciones 17 y 18) que no llega a alcanzar siquiera los niveles de la reducción inicial. Respecto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$, la mayoría de se sitúa en torno a un valor de -20‰, con la excepción de dos secciones, la última procedente de la corona, y la primera procedente de la raíz, cuyos valores son más negativos. Estos valores no evidencian un mayor consumo de plantas C_3 en la dieta ya que los cambios en los mismos no son suficientes para considerar esa posibilidad.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1_2_3	0,45	9,6	102,36	-19,7	289,98	3,30	9,74
Corona	4	0,50	8,5	111,98	-19,8	304,54	3,17	11,42
Corona	5_6	0,65	8	105,46	-21,1	296,63	3,28	12,66
Raíz	7_8	0,71	8,1	102,90	-21,5	288,68	3,27	14,00
Raíz	9_10	0,45	7,9	62,37	-20,1	178,54	3,33	15,00
Raíz	11_12	0,51	7,8	78,79	-19,9	223,33	3,30	16,00
Bifurcación	13_14	0,59	8,0	70,08	-20,3	201,79	3,35	17,00
Bifurcación	15	0,46	8	53,55	-20,4	155,22	3,38	17,75
Bifurcación	16	0,38	7,9	59,95	-20	167,79	3,26	18,25
Bifurcación	17_18	0,42	8,60	74,48	-20,4	209,64	3,28	19,00
Bifurcación	19	0,40	7,73	61,01	-20,5	174,67	3,33	21,00

Tabla 22: datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente 1.

El conjunto de los datos es compatible con una dieta basada en alimentos de origen terrestre, con una base de plantas C_3 con consumo ocasional de proteínas de origen animal. La disminución en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ durante las primeras secciones

probablemente se deba a una disminución en el consumo cárnico, pero sin representar un cambio significativo en el nivel trófico en el cual se encontraba el individuo ya que, en estos últimos, los cambios que los caracterizan son mayores (3-5‰). El remonte hacia el final de la serie podría tener dos posibles causas: la primera sería un pequeño episodio de estrés, en el que los valores de ambos isótopos covarían negativamente, o un mayor consumo de carne durante ese periodo. La primera causa quedó rechazada debido a que los cambios en los valores no eran suficientes. En el caso de la depresión observada en los valores del carbono, pueden deberse al consumo de algún vegetal con valores más negativos de lo normal, sin que esto parezca suponer un cambio importante en la dieta del individuo.

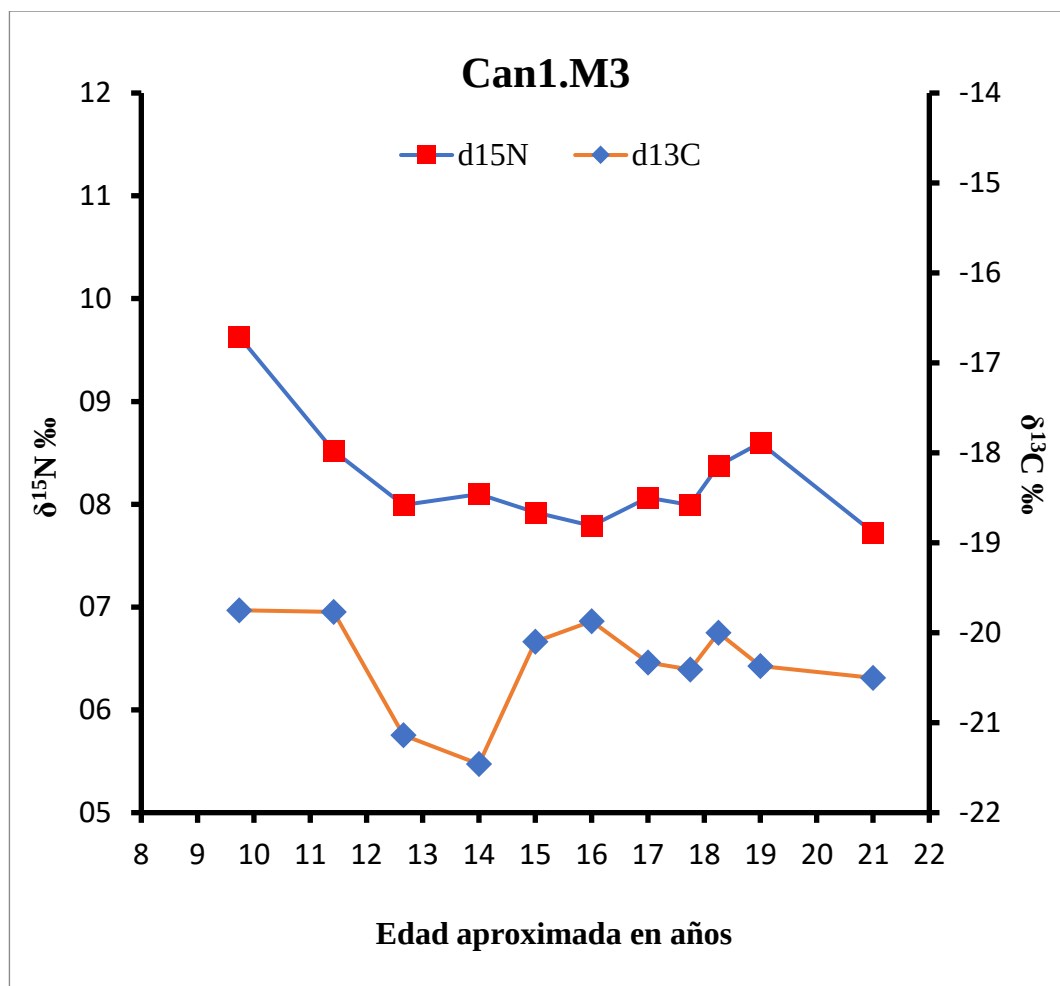


Figura 40: representación de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ procedentes del diente Can1.M3

La combinación de los valores isotópicos de dentina junto con el *baseline* (figura 41) evidencia un consumo exclusivo de recursos terrestres durante los años de desarrollo de este diente. Dos de los valores de dentina, procedentes de las secciones 5_6 y 7_8, entre los 12,66 y los 14 años, muestran valores de $\delta^{13}\text{C}$ más negativos que el resto de la muestra, y pueden deberse a un cambio en la dieta del individuo probablemente a un mayor consumo de carne de cérvidos durante esos momentos antes de volver a una dieta basada en el consumo de ovicápridos.

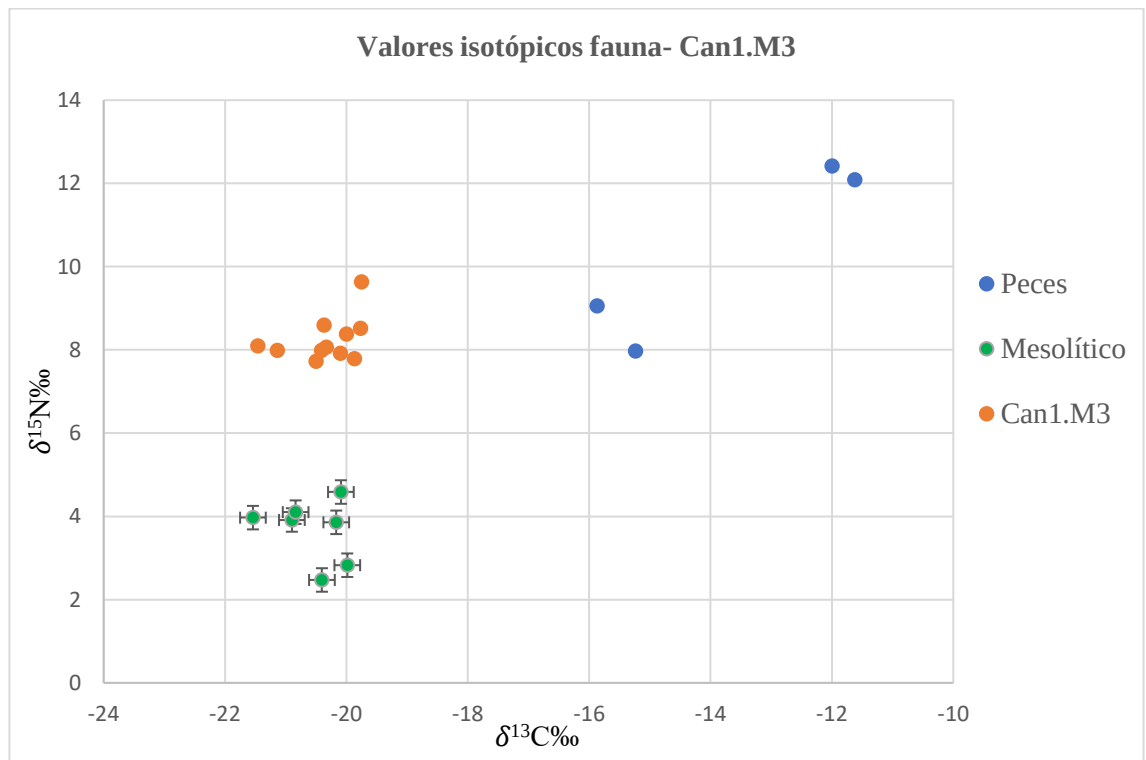


Figura 41: gráfica con los valores isotópicos del *baseline* para el periodo mesolítico y de la secuencia de dentina del diente Can1.M3.

8.5.2 Dientes de la Edad del Bronce.

- Diente 11 (1124) (tabla 23 y figuras 42 y 43). Se trata de un tercer molar, hallado en la UE 7. De la pieza, que medía 14mm, se obtuvieron 20 secciones de 1mm de grosor: 6 de la corona (3mm), 10 de la raíz (8mm) y 4 desde la bifurcación de la raíz hasta el final de la misma (3mm). Los valores de ambas secuencias ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) son bastante estables a lo largo de toda la serie, sin variaciones que sugieran importantes cambios en la dieta, de hecho, la diferencia entre el mayor y el menor valor de $\delta^{15}\text{N}$ es de 1,65‰, y en el caso de $\delta^{13}\text{C}$ de 1,88‰, compatibles con una dieta durante todos los años en los que se desarrolló el diente basada en plantas C_3 y proteínas de origen animal.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	2	0,45	10,4	58,76	-20,4	162,08	3,21	9,74
Corona	3_4	0,55	10,7	120,73	-20,8	328,20	3,17	11
Corona	5	0,46	9,8	72,53	-22,4	492,05	7,91	12,23
Corona	6	0,71	9,2	97,74	-21,8	275,46	3,28	13,06
Raíz	7_8	0,44	9,1	60,49	-20,9	183,16	3,53	13,8
Raíz	9_10	0,56	9,4	59,13	-21,1	174,01	3,43	14,4
Raíz	11	0,35	9,6	55,76	-20,5	155,94	3,26	14,85
Raíz	12	0,36	9,7	56,76	-20,8	159,52	3,27	15,15
Raíz	13	0,39	10	62,07	-20,5	175,79	3,30	15,45
Raíz	14	0,51	9,1	82,96	-20,3	232,23	3,26	15,75
Raíz	15_16	0,72	9,1	91,74	-22	260,35	3,31	16,2
Bifurcación	17	0,54	9,1	61,33	-20,5	175,31	3,33	17,25
Bifurcación	18	0,52	9,2	56,51	-20,8	160,70	3,31	18,75
Bifurcación	19_20	0,61	10,1	94,27	-20,6	265,06	3,28	21,5

Tabla 23: datos de la secuencia del diente 11 relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

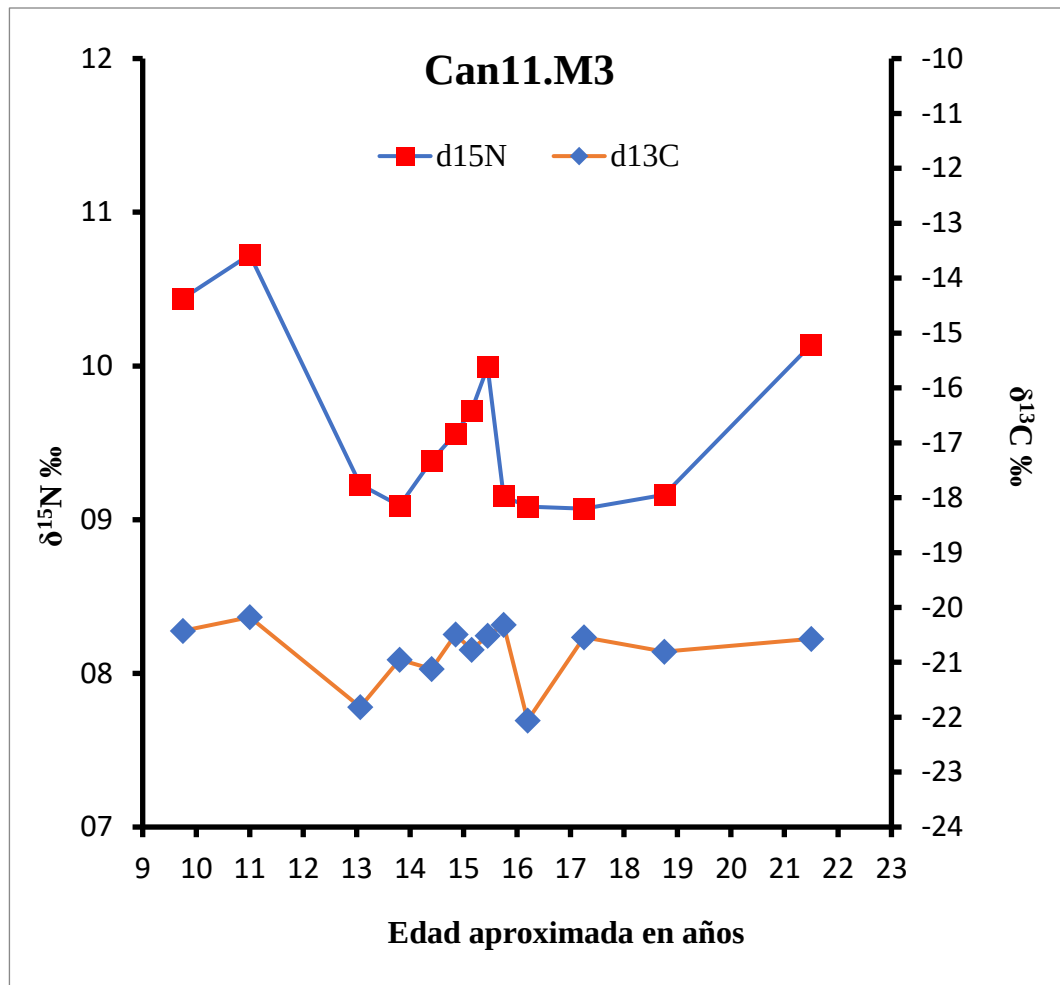


Figura 42: representación preliminar de los datos de las tablas X para la secuencia del diente 11.

En la figura 43 pueden observarse los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina de este diente y de la fauna de la Edad del Bronce del yacimiento de Abrigo de la Castañera (Jones et al 2019) seleccionada para este momento. Todos los valores de dentina muestran una dieta basada en el consumo de recursos terrestres de manera exclusiva.

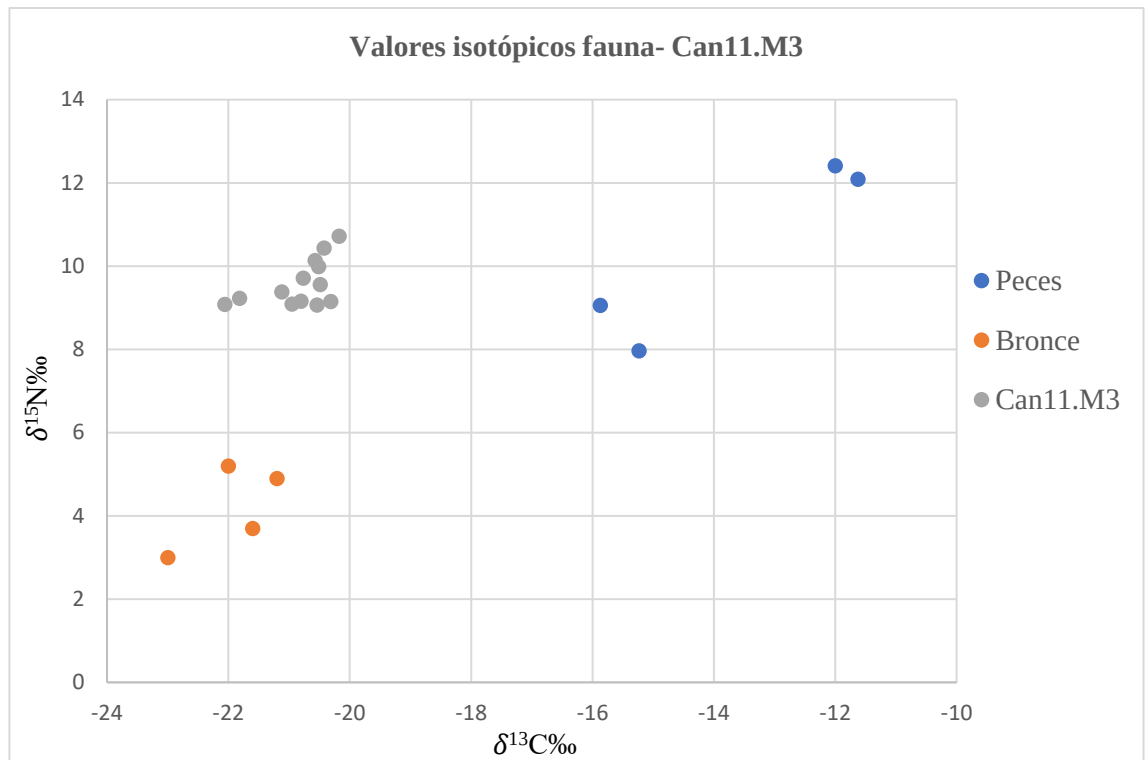


Figura 43: valores isotópicos de fauna de la edad del Bronce y de restos de peces, junto con los del diente Can11.M3

- Diente 10 (415) (tabla 24 y figuras 44 y 45). Se trata de un segundo incisivo, encontrado en la UE 8. De un total de 18.5mm de obtuvieron 22 secciones de 1mm de grosor: 6 de la corona (6mm), 10 de la primera mitad de la raíz (6.25mm) y 6 de la segunda mitad (6.25mm). La última sección no se usó debido a que el C:N ratio era muy elevado, sobrepasando el límite superior aconsejado.

A lo largo de la secuencia se observa variación en los valores de $\delta^{15}\text{N}$, empezando con un aumento al principio de la secuencia en vez de la esperada disminución en estos, propia del periodo de destete, que se ha podido observar en casos anteriores para la misma edad si bien estos se trataban de individuos más antiguos. Este aumento conduce al valor máximo para el $\delta^{15}\text{N}$ en la tercera sección, de 10,51‰, momento en el que la secuencia tiene un ligero repunte para continuar variando a lo largo de la misma, descendiendo incluso hasta el valor mínimo de 8.13‰. Esta diferencia de valores (2,38‰) no es suficiente para hablar de un cambio en el nivel trófico del individuo, con lo cual debe relacionarse con diferencias no

significativas en el consumo de proteínas de origen animal, quizá incluso con variaciones a nivel estacional. Otra posible interpretación a estos cambios en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ puede ser el consumo de leguminosas, ya que estas fijan nitrógeno atmosférico, lo cual puede elevar los valores de este isótopo en los tejidos. Esto es aplicable además a todos los individuos de la Edad del Bronce de la muestra. Por su lado, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se mantienen estables a lo largo de la secuencia, mostrando una dieta basada en plantas C_3 .

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1_2	0,70	9	59,17	-23,5	172,17	3,39	2,17
Corona	3_4	0,77	9,5	86,25	-21,9	240,81	3,25	3,5
Corona	5_6	0,50	10,5	111,55	-21,3	305,48	3,19	4,83
1ª mitad	7_8	0,46	10,2	47,71	-21,7	132,85	3,24	5,7
1ª mitad	9	0,41	9,5	50,62	-21,5	144,61	3,33	6
1ª mitad	10	0,52	9,3	35,92	-21,5	106,47	3,45	6,2
1ª mitad	11_12	0,58	8,7	41,58	-21,8	123,42	3,46	6,5
1ª mitad	13	0,51	9,9	62,78	-21,6	178,66	3,31	6,8
1ª mitad	14	0,47	9,2	42,56	-21,8	123,96	3,39	7
1ª mitad	15	0,43	8,9	50,80	-21,6	146,37	3,36	7,2
1ª mitad	16	0,34	9,2	47,54	-21,5	134,00	3,28	7,4
2ª mitad	17	0,54	9,5	36,67	-22	107,41	3,41	7,75
2ª mitad	18	0,47	8,1	21,25	-22	63,68	3,49	8,25
2ª mitad	19_20	0,41	9,4	49,90	-21,6	140,16	3,27	9
2ª mitad	21	0,49	8,5	14,74	-22,3	50,622	4,00	10,5

Tabla 24: datos de la secuencia del diente 10 relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

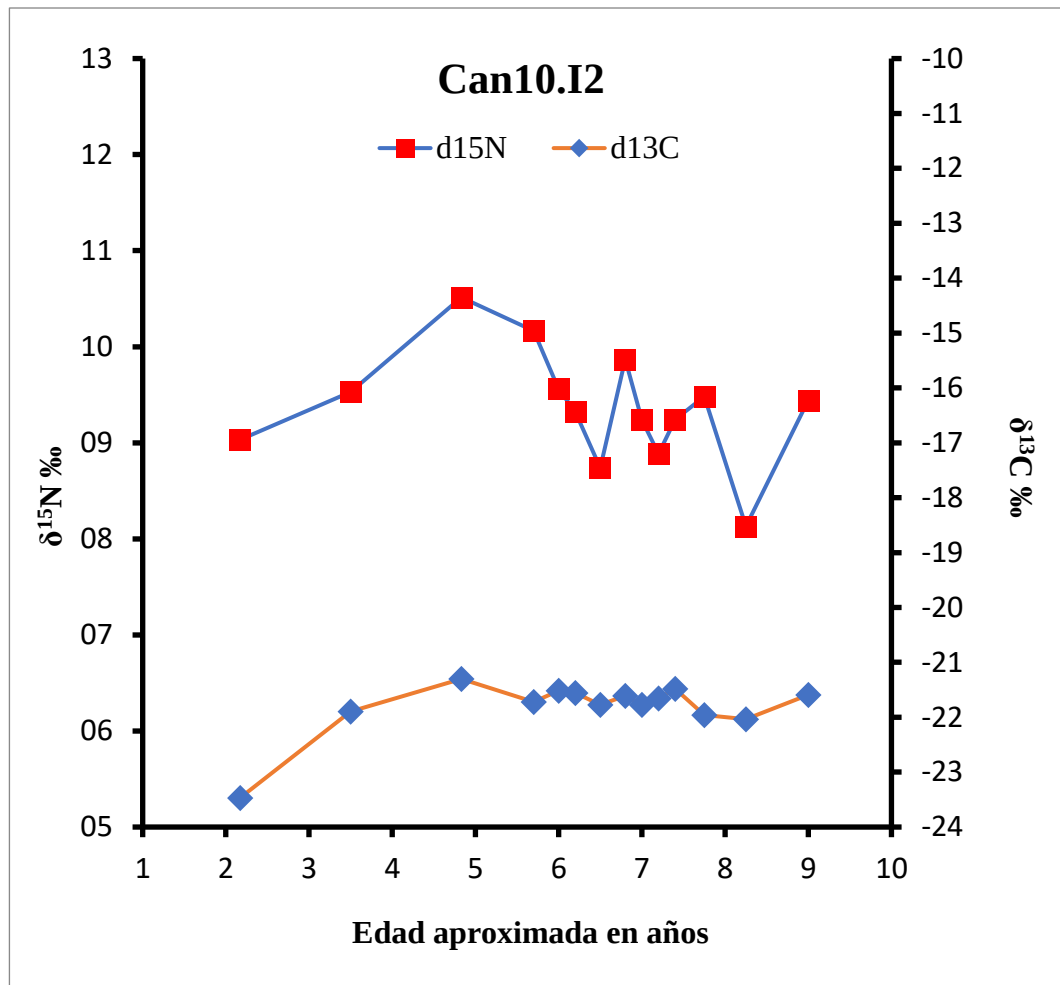


Figura 44: representación de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ del diente Can10.I2

En la gráfica 45, donde se representan los valores isotópicos de la fauna y este diente, puede observarse un consumo exclusivo de recursos terrestres, con unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ muy centrados excepto por el primer valor de la secuencia, probablemente relacionado con la lactancia materna.

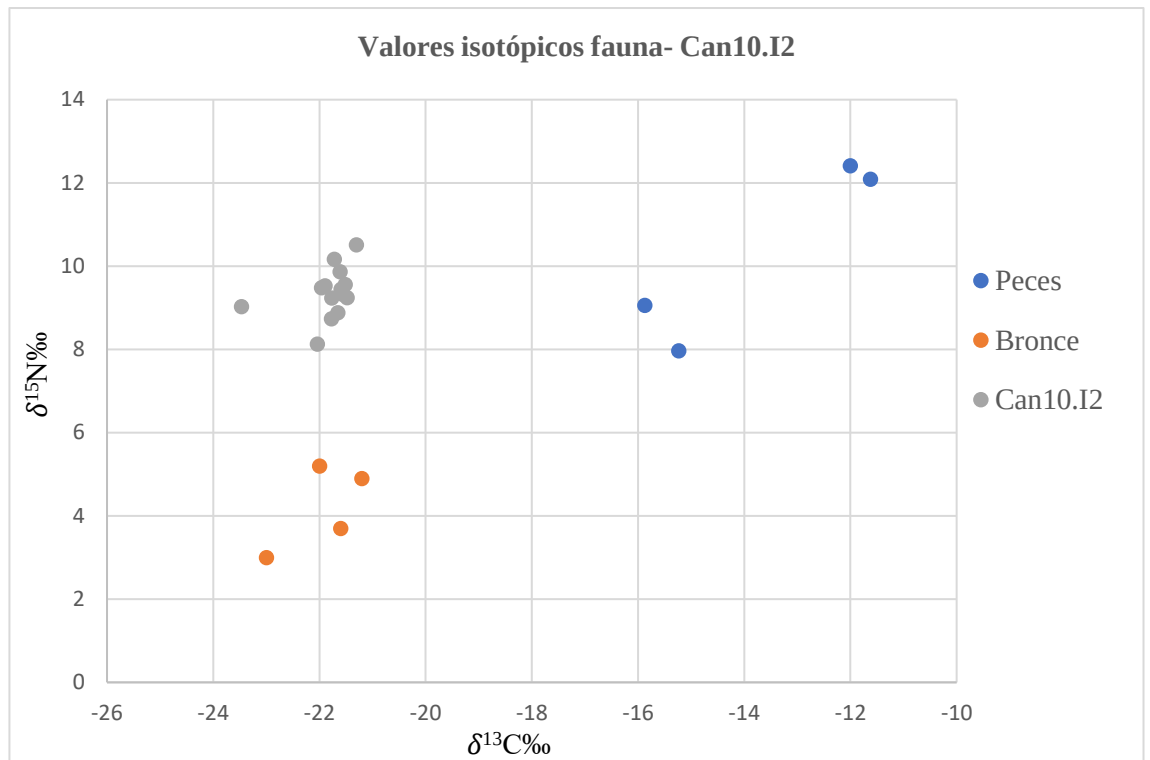


Figura 45: gráfica con los valores isotópicos de fauna y del diente Can10.I2.

- Diente 15 (12998) (Tabla 25 y figuras 46 y 47). Se trata de un segundo molar sin completar su desarrollo, encontrado en la UE 7 durante la campaña de 1986. Se realizó primero un muestreo usando los *punches* de biopsia de 1mm sobre una longitud de 13 mm, obteniéndose así 14 secciones: 3 de la corona (3mm), 7 de la raíz (6mm) y 4 desde la bifurcación hasta el final del diente (4mm). Durante el pesaje se observó que los pesos no eran adecuados, con lo cual hubo que repetir el muestreo tomando *punches* de 1,5mm de grosor, obteniéndose así 10 secciones: 3 en la corona, 4 en la raíz, y 3 desde la bifurcación hasta el final. Según se puede observar en la tabla 25, todos los C:N ratios estaban entre el umbral recomendado (2,9 – 3,6) con la excepción del último. Sin embargo, esta sección muestra unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ que merecen comentarse teniendo siempre en cuenta lo poco fiable que es ese punto.

Los valores de la serie son compatibles con una dieta basada en plantas C_4 , con un aporte proteico de origen animal ocasional. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ se mantienen estables a lo largo de la toda la secuencia, indicando un consumo de proteínas de origen animal continuo y sin cambios. De hecho, no se observa ninguna disminución

en los valores al comienzo de la serie, en torno a los 3 años, relativa a un posible proceso de destete, como sí ocurre en otros individuos a esta edad. Por su parte, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ también se mantienen estables en torno a -17‰ excepto entre la sección 3 y 4, donde se produce un incremento que no supone un cambio importante en la dieta, y la última sección donde sí se produce un descenso drástico de $2,74\text{‰}$. El primero puede interpretarse como un aumento del consumo de plantas C_3 en la dieta, mientras que en el segundo caso hay un cambio hacia un consumo muy alto de plantas C_3 en un espacio de tiempo muy corto. Aunque conviene recordar que el ratio C:N de este último punto está fuera del rango recomendado, con lo cual no es una muestra fiable.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1	1,38	9,8	232,31	-17	642,58	3,22	3,33
Corona	2	0,76	9,1	120,89	-16,6	335,20	3,23	5
Corona	3	1,11	9,6	202,47	-15,7	559,03	3,22	6,65
Raíz	4	1,32	9,5	218,79	-15,8	613,87	3,27	7,87
Raíz	5	1,06	9,8	186,97	-17,4	534,57	3,33	8,62
Raíz	6	1,21	9,5	200,51	-18	570,14	3,31	9,37
Raíz	7	1,60	9,3	254,75	-17,2	723,47	3,31	10,12
Bifurcación	8	1,20	9,3	199,08	-17,2	579,14	3,39	10,83
Bifurcación	9	0,52	9,7	66,62	-17,3	203,35	3,56	11,5
Bifurcación	10	0,43	9,8	66,28	-20	222,28	3,91	12,15

Tabla 25: datos relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección de la secuencia del diente 15.

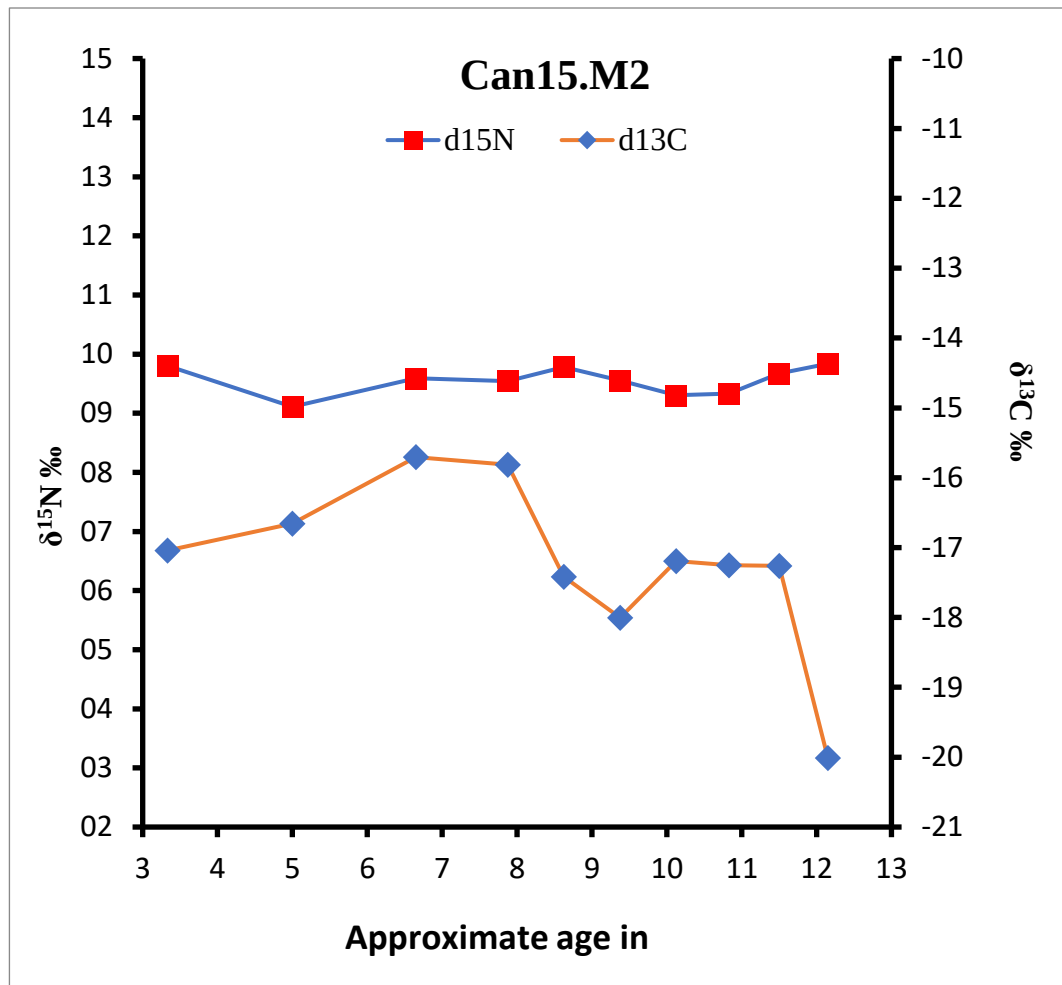


Figura 46: representación de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ del diente Can15.M2

En la figura 47, donde aparecen representados los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina de este diente y de la fauna de este periodo, se pueden observar valores de $\delta^{13}\text{C}$ compatibles con consumo de plantas C_4 , si bien al final de la secuencia estos valores se hacen más negativos, indicando un aumento en el consumo de plantas C_3 . Debido a los valores de $\delta^{15}\text{N}$, muy cercanos al de los peces analizados, se ha descartado el consumo de recursos marinos como la explicación a los mismos.

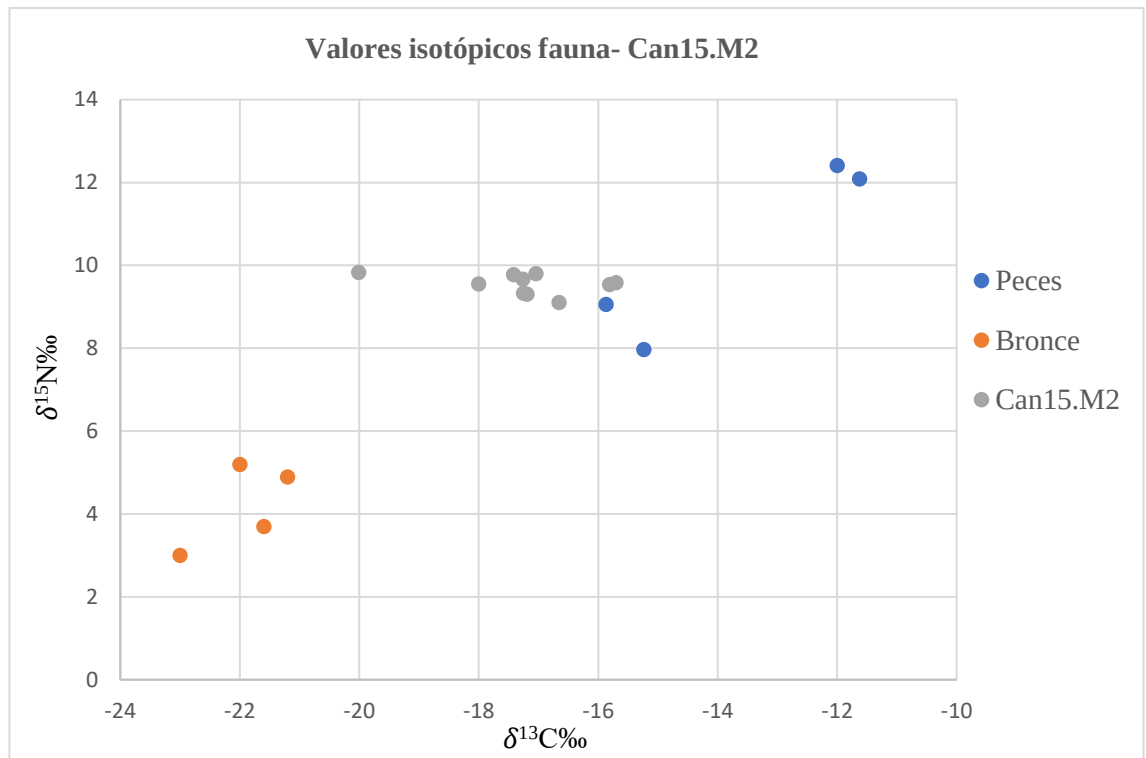


Figura 47: valores isotópicos de fauna de la Edad del Bronce y de peces junto a los valores del diente Can15.M2.

- Diente 16 (13254) (tabla 26 y figuras 48 y 49). Se trata de un segundo premolar superior sin acabar de desarrollarse de 18mm de longitud encontrado en la UE 7. Se obtuvieron 20 secciones de 1mm: 6 de la corona (5mm), 6 de la primera mitad de la raíz (5mm), 5 de la segunda mitad (5mm), y 3 de la curva final (3mm). Desgraciadamente, el peso era muy bajo y había que fusionar muchas secciones para llegar al mínimo, no siendo productivo realizar el análisis. Se decidió entonces volver a muestrear la secuencia, por el lado contrario al primer muestro, usando *punches* de 1,5mm. En esta ocasión se obtuvieron 15 secciones repartidas de la siguiente forma: 4 en la corona (5mm), 3 en la primera mitad de la raíz (4,5mm), 4 en la segunda mitad (4,5mm) y 4 en la curva (4mm).

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ son bastante estables a lo largo de la secuencia, con dos picos en la 3ª, y en la 7ª y 8ª sección, cuyo origen puede estar en un pequeño incremento en el consumo de proteínas de origen animal o en un corto periodo de estrés mínimo, nada grave. En cambio, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían a lo largo de la secuencia, donde se observa una dieta basada en plantas C_4 hasta los 7,16 años,

momento en el que se introdujeron en la dieta plantas C_3 , como se puede observar por el descenso en los valores de este isótopo. Desde los 10,68 años y hasta los 11,80, se retorna a una alimentación basada en plantas C_4 , que vuelve a cambiar a partir de este momento de nuevo hacia el consumo de plantas C_3 , donde acaba la secuencia de dentina.

La gráfica 45, donde se representan juntos los valores isotópicos de dentina y del *baseline* de fauna, se puede observar una dieta con consumo de recursos C_4 , no marinos, y con una tendencia a un mayor consumo de plantas C_3 al final de la secuencia. Este consumo de recursos C_4 estará ya presente en los siguientes individuos, todos ellos procedentes de la Edad del Bronce Final.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}N$	$N_{(muestra)}$	$\delta^{13}C$	$C_{(muestra)}$	C:N ratio	Edad
Corona	1	0,34	10	54,92	-16,6	153,91	3,26	3,87
Corona	2	0,84	10	150,10	-17,4	419,69	3,26	4,62
Corona	3	0,63	10,7	117,46	-17,2	325,85	3,23	5,37
Corona	4	0,71	9,8	99,09	-17	277,63	3,26	6,12
1ª mitad	5	0,88	9,8	160,59	-15,3	450,17	3,27	7,16
1ª mitad	6	1,05	9,7	180,71	-16,9	517,14	3,33	8,5
1ª mitad	7	0,68	10,8	113,92	-17,9	325,79	3,33	9,82
2ª mitad	8	0,69	10,2	115,41	-18,7	327,67	3,31	10,68
2ª mitad	9	0,62	9,7	98,82	-17,5	279,86	3,30	11,05
2ª mitad	10	0,61	9,9	90,90	-16,4	259,78	3,33	11,43
2ª mitad	11	0,60	9,8	86,21	-16,6	246,06	3,32	11,80
Curva	12	0,48	10	53,92	-17,7	157,04	3,39	12,18
Curva	13	0,35	8,8	55,24	-20,1	160,07	3,38	12,55
Curva	14	0,37	9	54,46	-19,8	164,17	3,51	12,93
Curva	15	0,33	9,6	50,39	-18,7	153,27	3,54	13,30

Tabla 26: datos de la secuencia del diente 16 relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

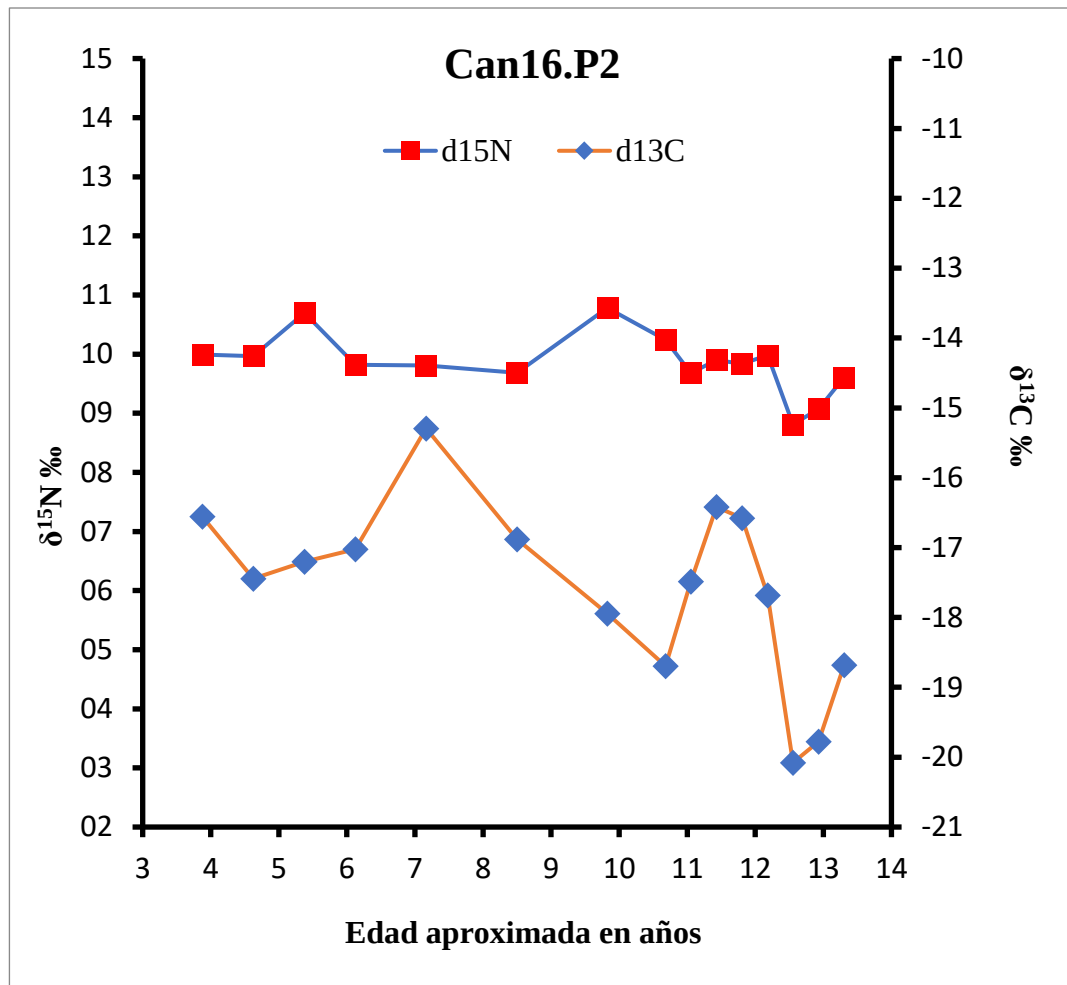


Figura 48: representación preliminar de los datos de las tablas X para la secuencia del diente 16.

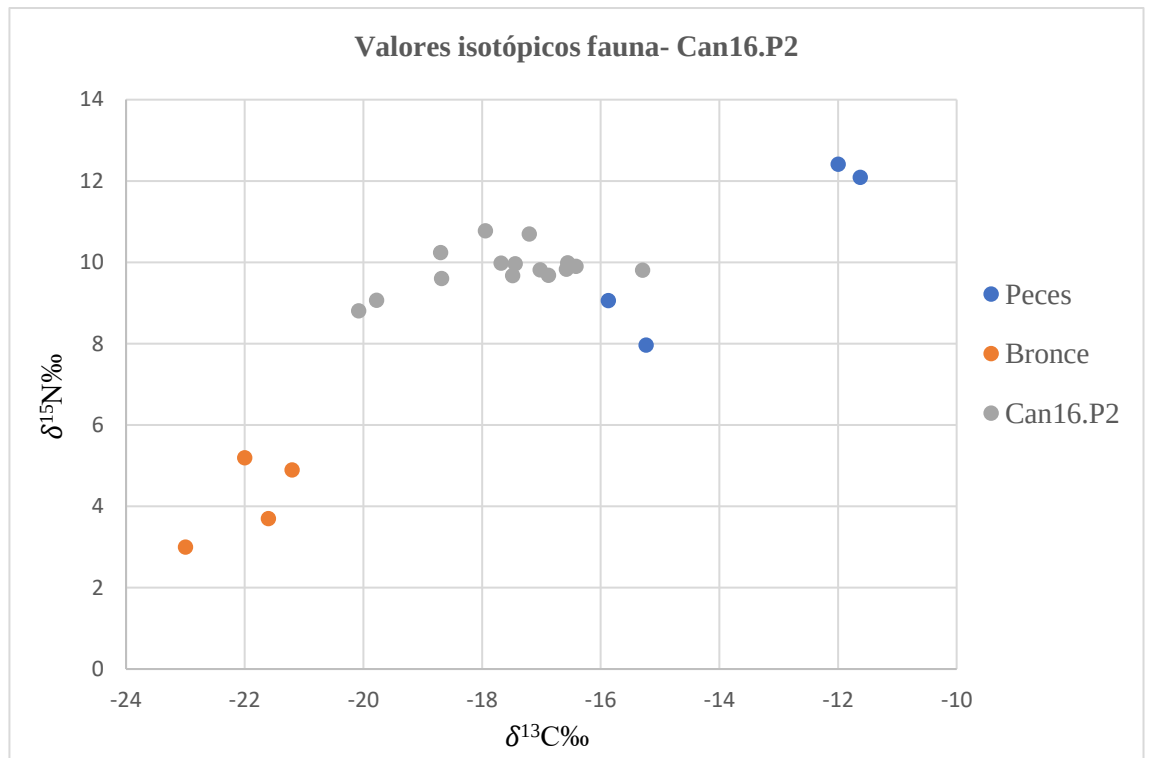


Figura 49: valores isotópicos de restos de fauna y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del diente Can16.P2.

- Diente 4 (2152) (tabla 27 y figuras 50 y 51). Se trata de un canino, encontrado en la UE 7. En un primer muestreo se obtuvieron 17 secciones de 1mm (5 corona, 5 primera mitad de la raíz, 5 segunda mitad, y 2 curva) de un diente de 15 mm. Sin embargo, el peso de las muestras no fue suficiente, ni siquiera fusionando, y se volvió a muestrear el diente tomando secciones de 1.5mm. Se obtuvieron un total de 13 fragmentos: 5 de la corona (6 mm), 3 de la primera mitad de la raíz (3.5 mm), 3 de la segunda mitad de la raíz (3.5 mm) y 2 de la curva (2 mm).

A comienzo de la secuencia de valores de $\delta^{15}\text{N}$ se mantienen estables durante las 3 primeras muestras, tras las cuales se observa una disminución en los valores y una pequeña meseta entre los 4 y los 6,16 años, momento en el que los valores vuelven a recuperarse a niveles incluso superiores al anterior a la depresión (7,5 años). Tras este repunte, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ comienzan a bajar paulatinamente hasta el final de la secuencia. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían bastante en comparación con los dientes anteriormente mencionados, sufriendo cambios abruptos que parecen indicar cambios

en la dieta del individuo. Se produce un enriquecimiento en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre el primer y el cuarto año de vida, (de primera a tercera sección), llegando hasta valores bastante claros de plantas C_4 , para en el siguiente paso de la secuencia bajar y volver a subir seguidamente. Una vez que se alcanza el máximo valor de $\delta^{13}\text{C}$, este va disminuyendo hasta el final de la serie, con valores muy similares a los del comienzo de la misma.

Al no observarse el típico patrón de destete, en el cual ambos isótopos covarían positivamente, primero con un aumento de los valores y, posteriormente cuando se inicia el proceso de destete, una disminución en los estos cabe esperar que este proceso se iniciara antes del comienzo de la secuencia, y no haya sido posible registrarlo, lo cual es llamativo ya que la primera muestra proporciona información de la dieta del individuo al año y medio de vida. Los cambios en los valores asociados al $\delta^{15}\text{N}$ a lo largo de la secuencia probablemente están mostrando diferencias en el consumo de proteínas a lo largo del ciclo vital del individuo, mientras que los cambios en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se deben a momentos en los que el individuo consumió más plantas C_4 o una dieta mixta C_3 - C_4 .

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1_2	0,50	10,3	106,90	-17,6	296,89	3,24	1,5
Corona	3	0,51	10	93,73	-16,3	259,98	3,23	3,0
Corona	4	0,67	10,8	130,04	-15,7	359,93	3,22	4,0
Corona	5	0,83	9,4	142,83	-17	404,24	3,30	5,0
1ª mitad	6	0,56	9,4	66,98	-16,2	192,66	3,35	6,16
1ª mitad	7	0,66	11,2	122,75	-15,3	343,84	3,26	7,5
1ª mitad	8	0,47	10,6	48,43	-16,2	140,67	3,38	8,83
2ª mitad	9	0,59	10,1	78,87	-16,3	224,56	3,32	10,0
2ª mitad	10	0,59	9,6	79,83	-15,9	228,12	3,33	11,0
2ª mitad	11	0,30	9,3	46,59	-16,8	137,08	3,43	12,0
Curva	12_13	0,44	9,8	64,65	-17,9	194,28	3,50	14,0

Tabla 27: datos de la secuencia del diente Can4.C relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

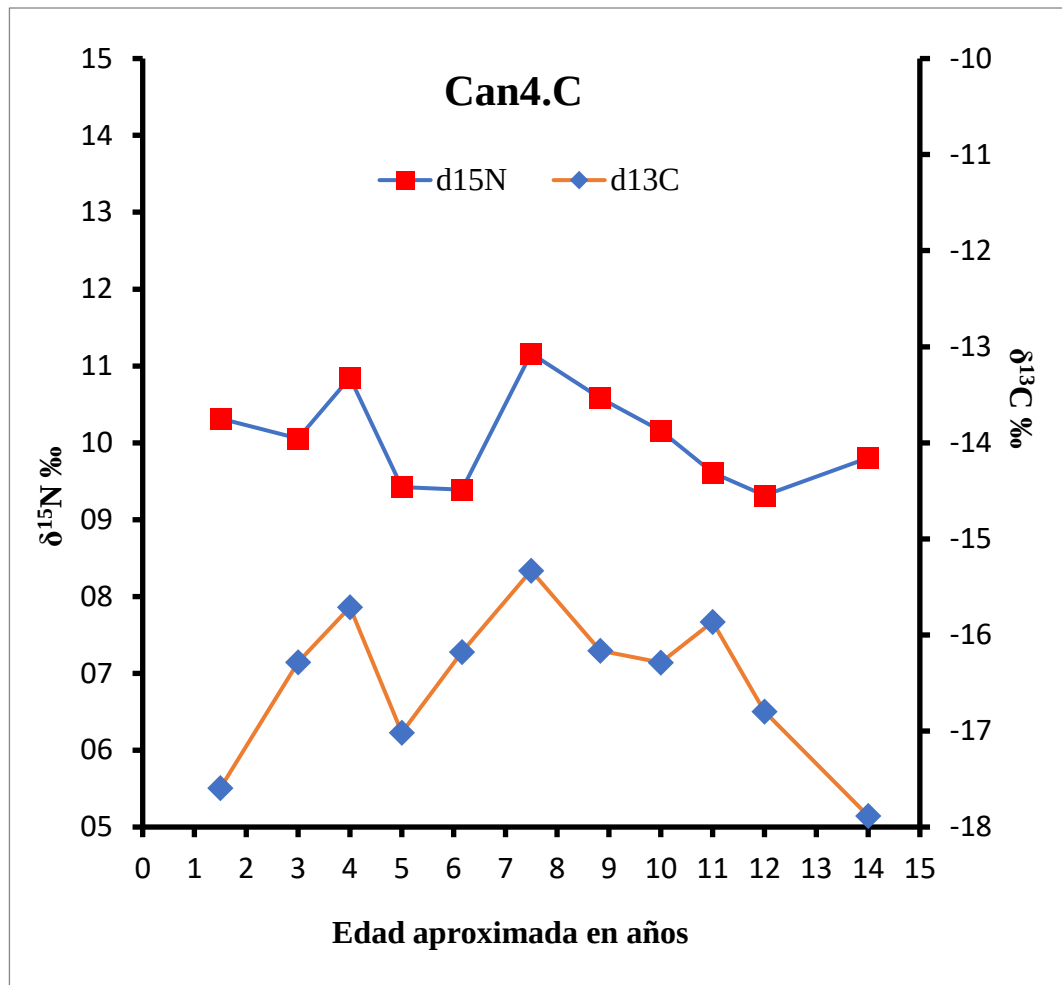


Figura 50: representación de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ para la secuencia de dentina del diente Can4.C

En la figura 51, donde aparecen representados los valores isotópicos tanto de la secuencia de dentina como de la fauna, se puede observar una dieta con consumo de plantas C_4 y, probablemente, un consumo puntual de recursos marinos en torno a los 7,5 años.

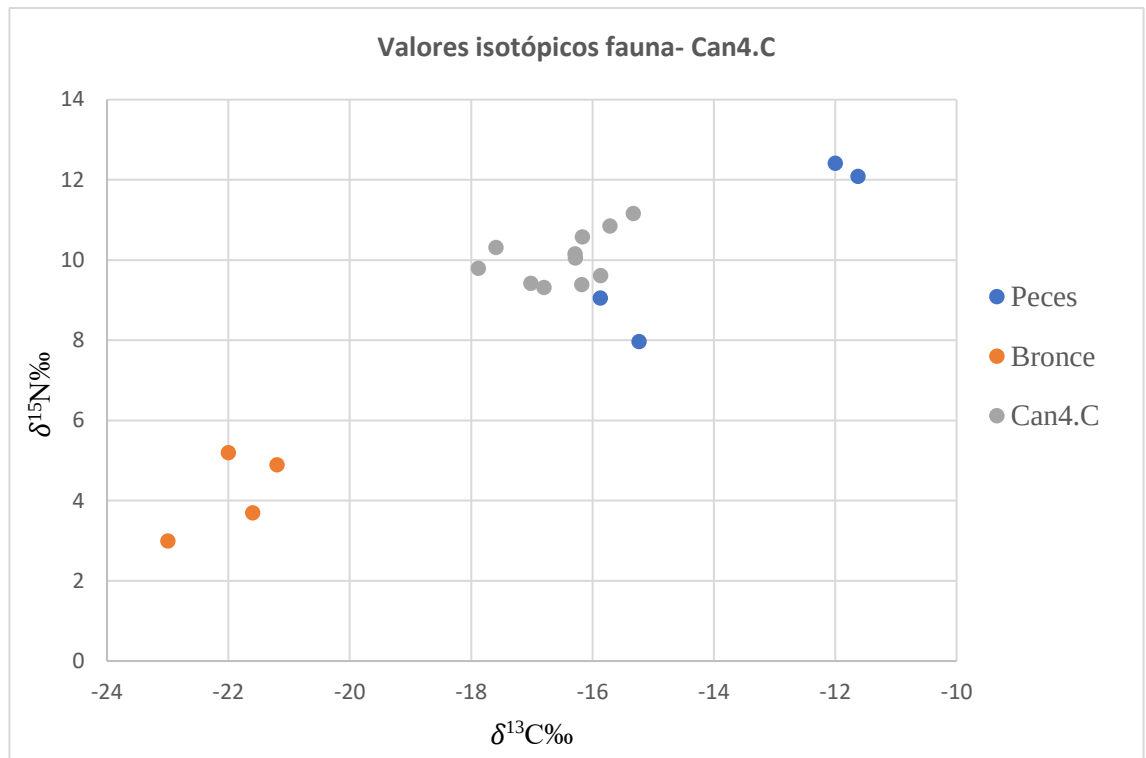


Figura 51: valores isotópicos de la fauna de la Edad del Bronce y de la secuencia de dentina del individuo Can4.C

- Diente 14 (12845) (tabla 28 y figuras 52 y 53). Se trata de un primer molar encontrado en la UE 7. De una longitud total de 15mm, se extrajeron un total de 17 secciones ordenadas de la siguiente manera: 6 de la corona (5mm), 5 de la primera mitad de la raíz (5mm), y 6 desde la bifurcación de las raíces hasta el final del diente, que no había completado aún el desarrollo.

A lo largo de la secuencia, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ se mantienen constantes, lo cual es llamativo ya que, teniendo en cuenta el rango de edad registrado en los valores (0,66 hasta los 7,3 años), debería aparecer variación debido al periodo de destete durante el cual los valores del lactante están un nivel trófico (3-5‰) por encima de la madre. Esto parece indicar un destete muy temprano, antes de los 8 meses de edad, la edad registrada por la primera sección, y además realizado de manera exitosa, ya que se puede observar cómo el individuo sobrevivió al menos varios años después del fin de este proceso. Desafortunadamente, al tratarse de un diente aislado es imposible conocer la edad de muerte de este individuo.

Respecto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$, se mantienen estables y compatibles con una dieta basada en plantas C_4 hasta que se produce una bajada repentina en los valores a partir de los 3 años compatibles con un mayor consumo de plantas C_3 en la dieta, que dura hasta los 5 años, momento en el que se empiezan a recuperar los valores hasta niveles previos, indicando un retorno al consumo de plantas C_4 . Sin embargo, se observa otra disminución abrupta en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ alrededor de los 7 años de edad, afectando a la penúltima y última sección de dentina, muy próximas entre sí en el tiempo y con valores que indican un consumo de plantas C_3 . Al acabar en ese momento la secuencia, no es posible comprobar si esto corresponde a un cambio permanente o, como se observa con anterioridad entre los 2,9 y 5,1 años, a un episodio en el que se recurre más al consumo de plantas C_3 .

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	$\text{N}_{(\text{muestra})}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\text{C}_{(\text{muestra})}$	C:N ratio	Edad
Corona	1	0,47	10,2	56,18	-16,7	159,34	3,30	0,66
Corona	2	0,45	10,5	57,67	-17,3	158,06	3,19	0,99
Corona	3	0,44	9,4	61,96	-16,9	173,37	3,26	1,32
Corona	4	0,47	9,8	56,67	-16,5	158,64	3,26	1,65
Corona	5	0,38	9,8	58,45	-16,5	161,83	3,23	1,98
Corona	6	0,51	9,9	80,14	-15,7	222,08	3,23	2,31
Raíz	7	0,36	9,7	56,30	-15,4	157,65	3,26	2,9
Raíz	8_9	0,50	10,3	92,56	-16,9	256,37	3,23	4,1
Raíz	10	0,40	9,5	59,72	-18,4	166,51	3,25	5,3
Raíz	11	0,38	9,5	59,78	-16,1	168,00	3,27	6,1
Bifurcación	12_13	0,58	9,4	64,66	-16,9	186,14	3,35	6,66
Bifurcación	14	0,32	9,9	52,35	-15,8	146,33	3,26	6,9
Bifurcación	15	0,43	10,1	79,84	-19,2	224,14	3,27	7,06
Bifurcación	16_17	0,44	9,26	61,84	-19,3	179,84	3,39	7,3

Tabla 28: datos de la secuencia del diente Can14.M1 relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

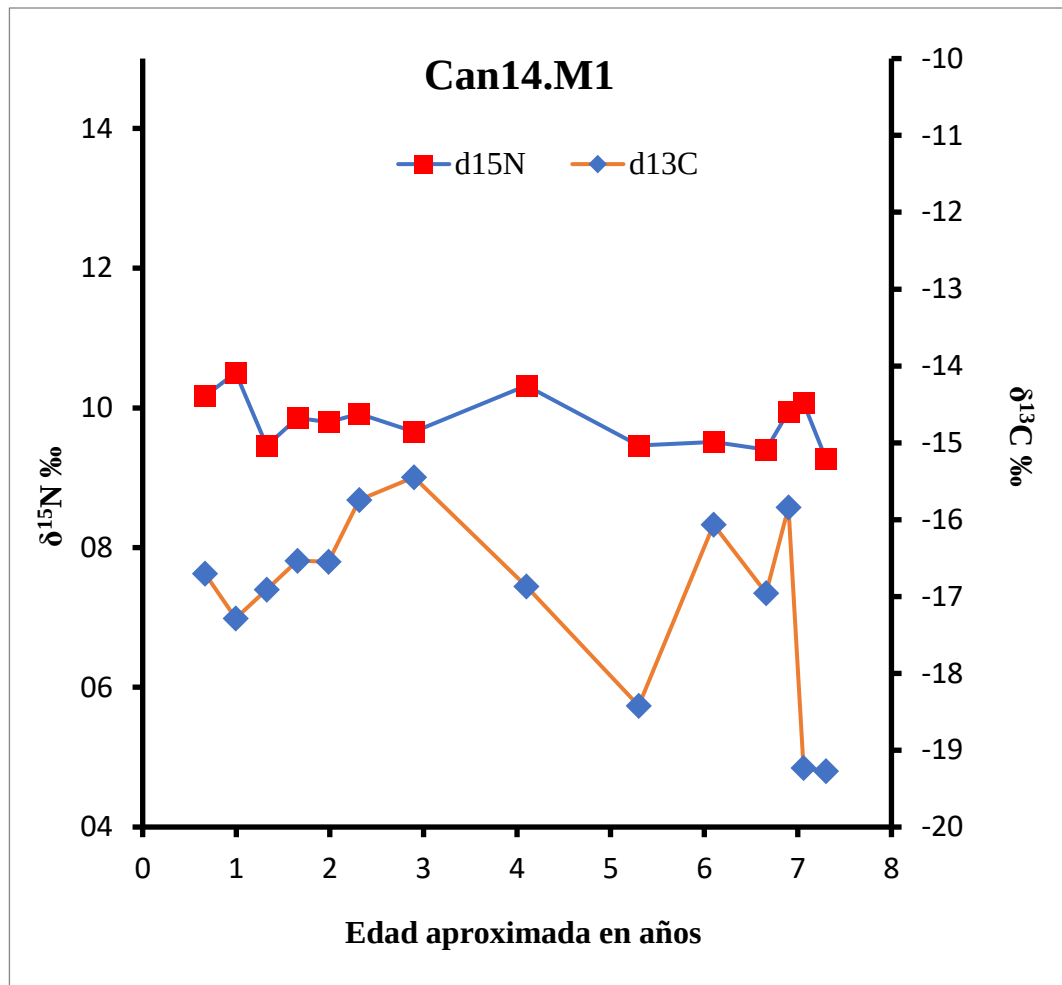


Figura 52: representación de los valores isotópicos procedentes de la secuencia del diente 14.

En la figura 53, dónde se combinan los valores isotópicos de la secuencia de dentina y de la fauna, se pueden observar cambios a lo largo del eje x, en los valores de $\delta^{13}\text{C}$, lo cual sugiere el consumo de diferentes tipos de plantas terrestres. Los valores más positivos de este isótopo no parecen indicar el consumo de alimentos de origen marino.

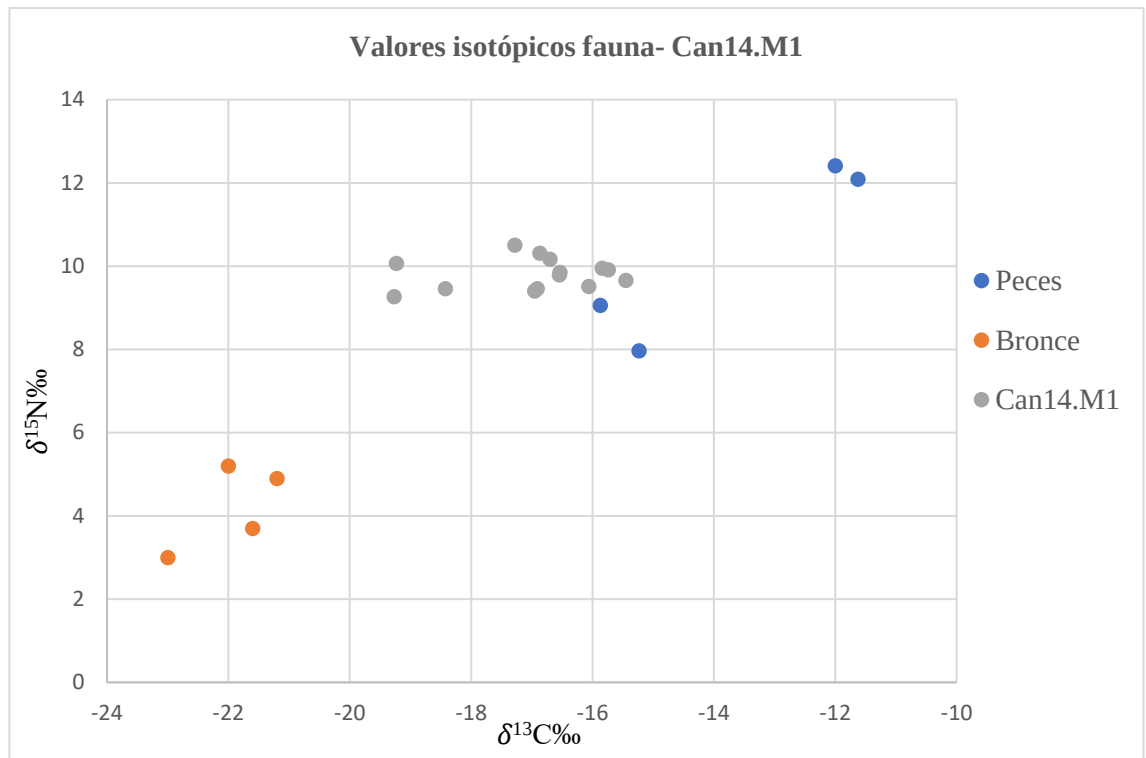


Figura 53: gráfica con los valores isotópicos de fauna terrestre y de peces junto a los valores del diente Can14.M1.

- Diente 6 (2983) (tabla 29 y figuras 54 y 55). Se trata de un primer premolar encontrado en la UE 7. En el primer muestreo se obtuvieron 18 secciones de 1mm de una longitud total de 16,5mm: 8 secciones de la corona de 7mm, 8 secciones de la primera mitad de la raíz de otros 7mm, y 2 secciones desde la bifurcación hasta el final de la pieza, aún en desarrollo (2,5 mm). Durante el pesaje, se comprobó que el peso era muy bajo y se debía fusionar demasiadas secciones entre sí para llegar al peso mínimo. Razón por la cual se repitió el muestreo, tomando secciones de 1,5 mm de una longitud de 15,5mm, pero en el lado contrario al del primer muestreo, ya que no quedaba suficiente material. De este modo se obtuvieron 11 secciones: 4 de la corona (6mm), 5 de la primera mitad de la raíz (7mm) y finalmente 2 desde la bifurcación (2,5mm).

Observando los valores de $\delta^{15}\text{N}$ a lo largo de la secuencia, se observa cierta variabilidad que no supone un cambio significativo en la dieta del individuo, sino momentos en los que el consumo de proteínas de origen animal varía, o bien como ya se comentó, al efecto de las leguminosas en la dieta. Al contrario ocurre con los

valores de $\delta^{13}\text{C}$, cuya variación si parece indicativa de un cambio en la dieta, con valores que muestran una dieta mixta (C_3 - C_4) al comienzo de la secuencia, hacia una basada exclusivamente en plantas C_4 , alcanzando su máximo consumo a los 7,7 años, momento en el que el consumo de dichas plantas desciende, aproximándose más de nuevo a valores propios de plantas C_3 , probablemente debido a una dieta mixta de nuevo. Como nota importante, que se discutirá en el siguiente capítulo, no se observa el característico descenso en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ esperados a esa edad y relativos al periodo de destete. De hecho, los valores se mantienen muy cercanos hasta los 6 años, indicando la posibilidad de un destete temprano, antes del comienzo de la secuencia.

En la figura 55, donde aparecen los valores isotópicos de la secuencia de dentina y de la fauna, se vuelve a observar el consumo moderado de recursos terrestres C_4 en la dieta.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	N (muestra)	$\delta^{13}\text{C}$	C (muestra)	C:N ratio	Edad
Corona	1	0,37	10,2	52,29	-17,5	145,54	3,24	3
Corona	2	0,77	10,2	102,23	-17,9	286,42	3,26	4
Corona	4	0,50	10,4	96,74	-16,4	267,32	3,22	6
1ª mitad	5	0,58	9,4	64,47	-16,4	184,49	3,33	6,9
1ª mitad	6	0,60	9,5	83,05	-15,8	239,07	3,35	7,7
1ª mitad	7	0,63	10,9	127,11	-17	361,99	3,32	8,5
1ª mitad	8	0,42	10,5	80,47	-18,2	230,44	3,34	9,3
1ª mitad	9	0,47	9,3	52,84	-18,4	164,04	3,62	10,1
2ª mitad	10_11	0,6	9,4	72,54	-17,9	230,62	3,70	10,5

Tabla 29: datos relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección de la secuencia del diente Can6.P1

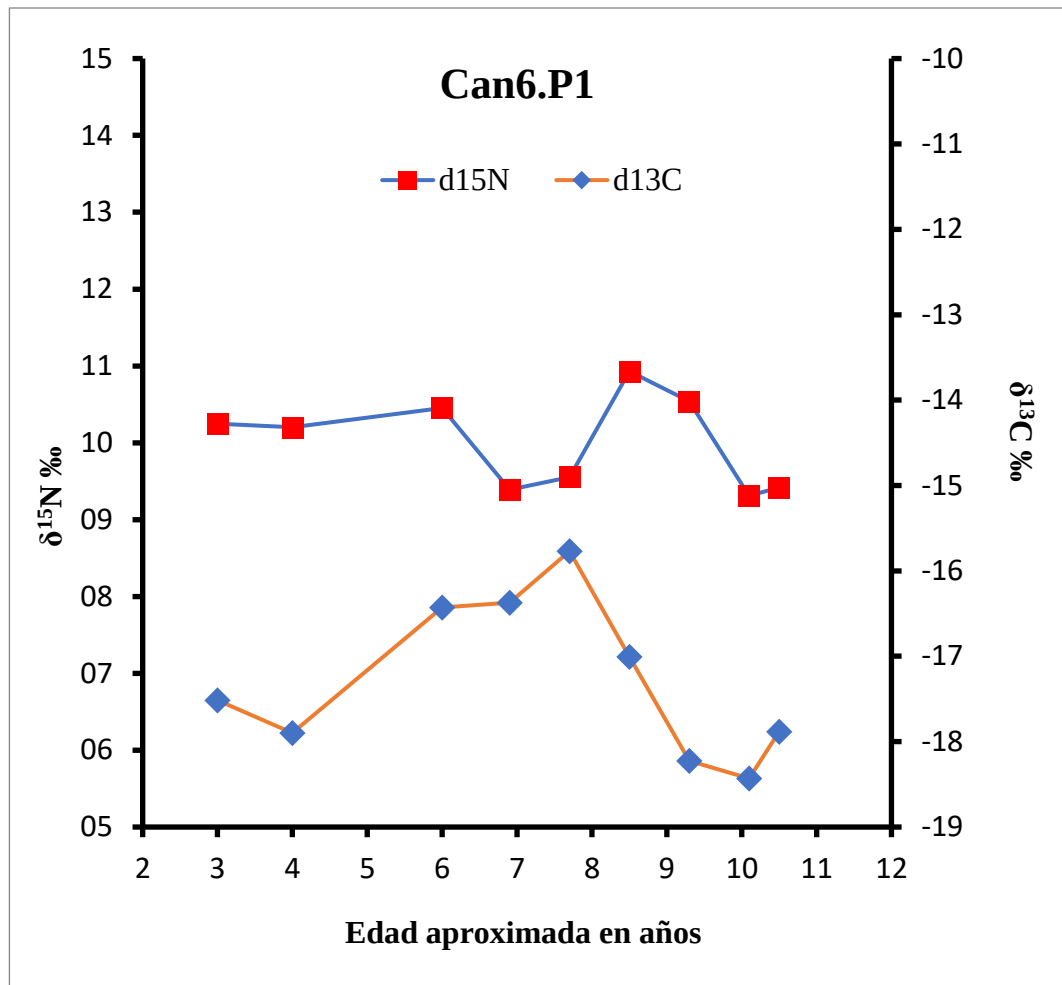


Figura 54: representación de los valores isotópicos procedentes de la secuencia del diente Can6.P1

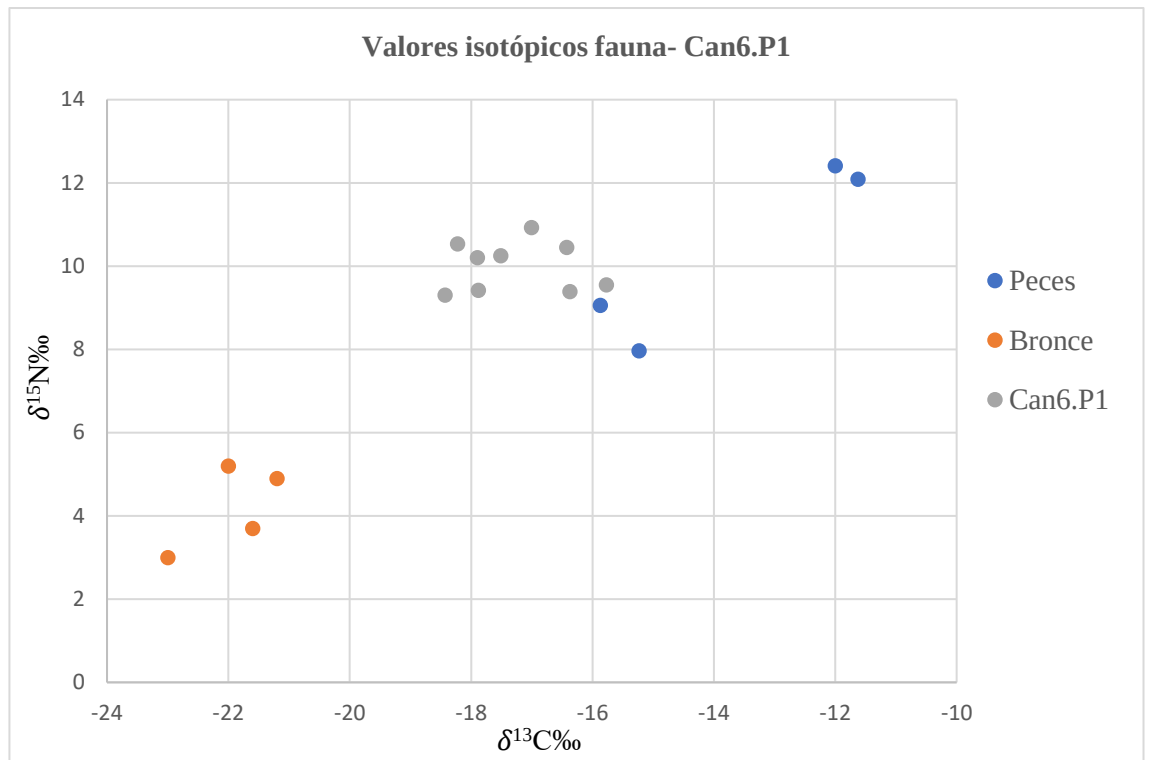


Figura 55: gráfica con los valores isotópicos de fauna de la Edad del Bronce, restos de peces y la secuencia de dentina de Can6.P1.

- Diente 7 (2940) (tabla 30 y figuras 56 y 57). Se trata de un primer premolar, recuperado de la UE 7. Se realizó un primer muestro con *punches* de 1mm a lo largo de los 17mm de longitud, obteniendo un total de 16 muestras: 4 de la corona (4mm), 5 de la primera mitad de la raíz (5.5mm), 5 de la segunda mitad (5.5 mm), y 2 de la zona de curva (2mm). Esta toma de muestras fue un fracaso, ya que tras las fusiones el número total de muestras para toda la pieza dental fue de 7 (sobre 16). Este fue el motivo por el cual se realizó un segundo muestreo tomando secciones de 1,5mm en el lado opuesto del que se tomaron la primera vez. En este caso, de una longitud de 16mm se obtuvieron 14 muestras: 4 de la corona (4mm), 4 de la primera mitad de la raíz (5mm), otras 4 de la segunda mitad (5mm) y, finalmente, 2 de la curva (2mm).

Respecto a los valores de los isótopos estudiados, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ se mantienen estables a lo largo de la secuencia, moviéndose entre 9,63 y 10,07, excepto por dos valores: la quinta sección, donde se alcanza el valor más alto, y la penúltima (11_12), en el que se alcanza el mínimo. Estos valores, a pesar de diferenciarse del resto, no son

suficientes para aceptar que haya existido un cambio en la dieta del individuo a lo largo de los años en los que se estuvo formando el diente. En cambio, sí existen cambios a lo largo de la secuencia en los valores de $\delta^{13}\text{C}$, con un aumento inicial, llegando al máximo en la 5ª sección de la secuencia, para disminuir hasta el mínimo en la penúltima sección (11_12). La diferencia entre ambos valores, de 5,94‰, sugiere un cambio importante en la dieta, pasando de un consumo basado en plantas C_4 a otro basado en plantas C_3 , de hecho, es inmediatamente antes del pico mínimo cuando se produce el cambio en los valores más abrupto, de 3,48‰. Observando las edades se puede observar como este cambio se produjo en poco más de un año.

En la gráfica donde se combinan los valores isotópicos de fauna con los valores de la secuencia de dentina (Figura 57) parecen identificarse tres momentos diferentes a través de los valores de $\delta^{13}\text{C}$: un cúmulo de puntos entre -18 y -16‰ que evidencian el consumo de recursos C_4 en la dieta; dos puntos (-20,79 y -19,76‰) que indican dos momentos de mayor consumo de recursos C_3 en detrimento de los anteriores; y un punto en -14,85‰ que, teniendo en cuenta el valor de $\delta^{15}\text{N}$ (10,62‰), no podría deberse al consumo de recursos marinos si no a un aumento en el consumo de recursos C_4 .

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}\text{N}$	N (muestra)	$\delta^{13}\text{C}$	C (muestra)	C:N ratio	Edad
Corona	1	0,87	10,1	147,34	-17,4	407,05	3,22	3,87
Corona	2	0,51	10,1	79,45	-17,2	220,32	3,23	4,62
Corona	3	0,74	9,7	92,71	-17,3	258,61	3,25	5,37
Corona	4	0,47	9,6	55,09	-16,3	156,98	3,32	6,12
1ª mitad	5	0,63	10,6	121,86	-14,8	333,99	3,19	6,87
1ª mitad	6	0,69	9,9	110,23	-16,6	306,60	3,24	7,62
1ª mitad	7	0,82	9,8	129,93	-17	361,40	3,24	8,37
1ª mitad	8	0,50	9,6	99,71	-17,8	275,64	3,22	9,12
2ª mitad	9	0,56	9,1	76,81	-16,6	222,88	3,38	9,87
2ª mitad	10	0,64	10,1	128,36	-17,3	379,52	3,44	10,62
2ª mitad	11_12	0,54	8,7	56,31	-20,8	178,76	3,70	11,75
Curva	13_14	0,45	10	66,08	-19,8	199,60	3,52	13,5

Tabla 30: datos de la secuencia del diente Can7.P1 relativos a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

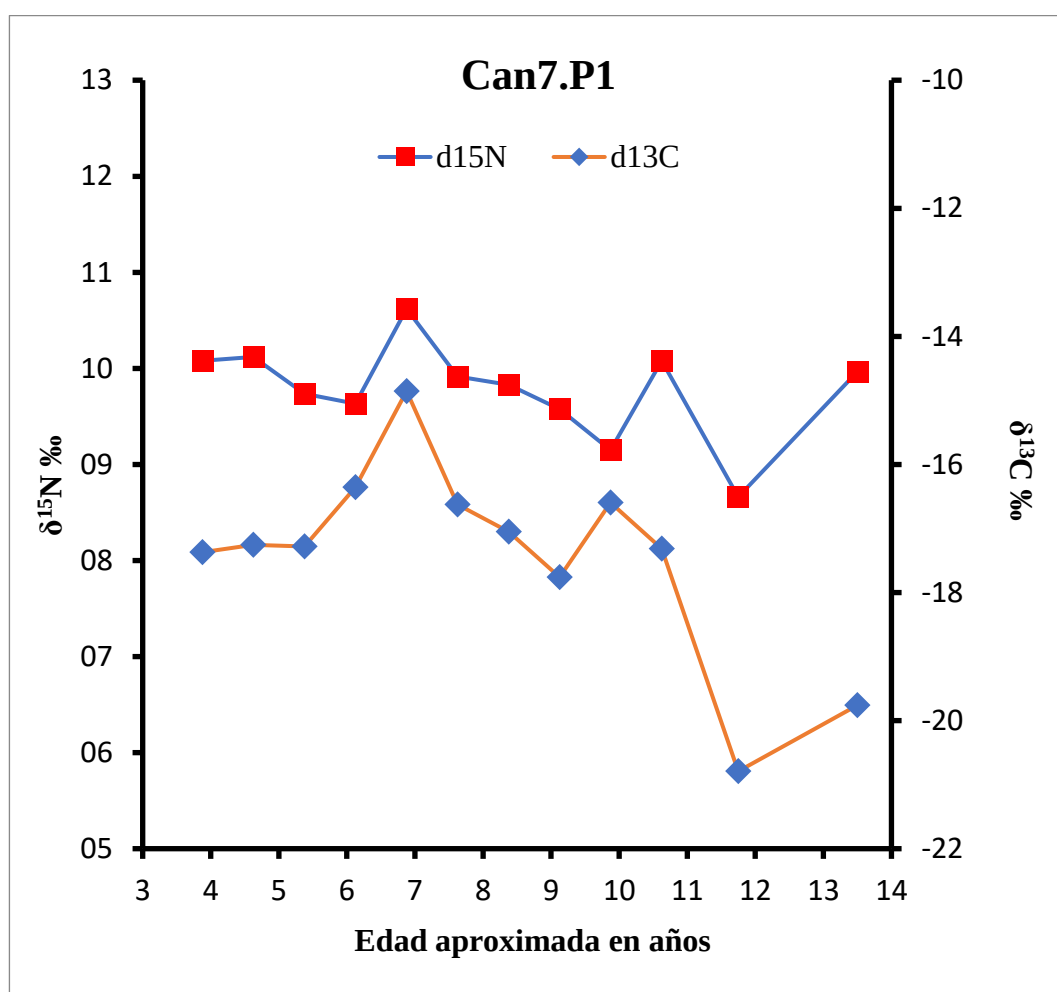


Figura 56: representación de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de la secuencia del diente Can7.P1

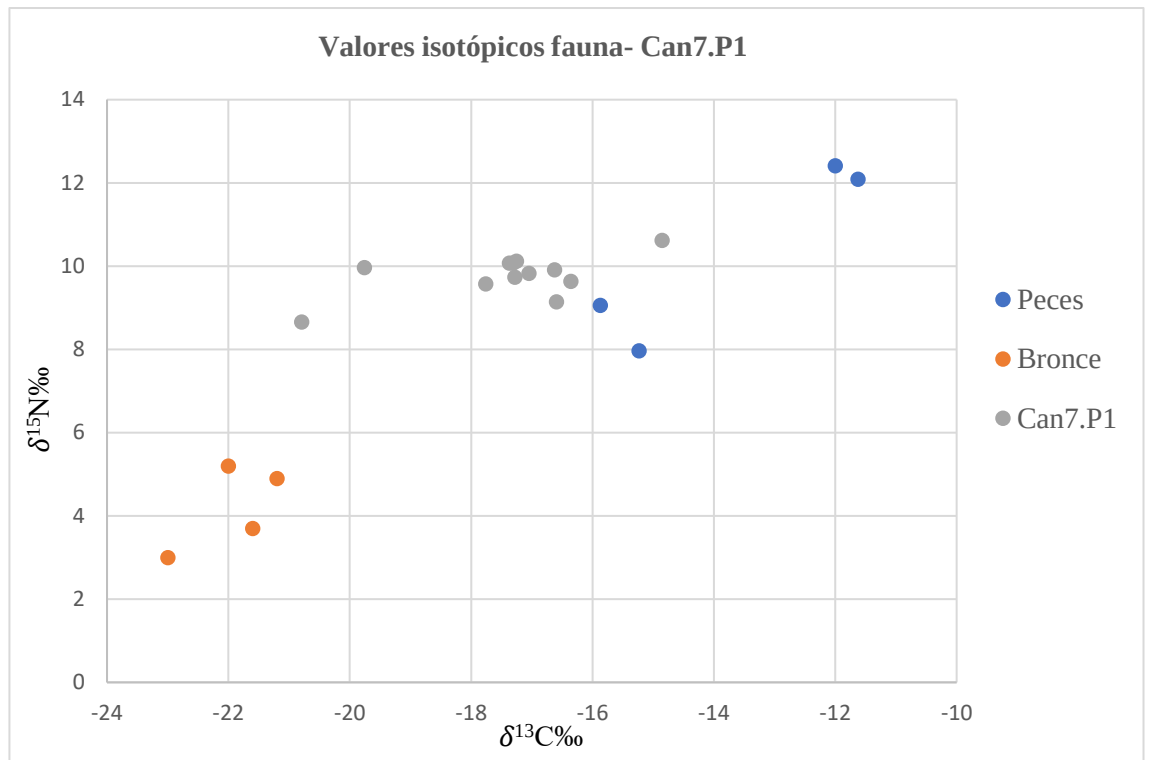


Figura 57: gráfica con el *baseline* de la fauna de la Edad del Bronce y los valores de la secuencia de dentina del diente Can7.P1.

- Diente 17 (13255) (tabla 31 y figuras 58 y 59). Se trata de un segundo incisivo superior de 19.5mm de longitud, encontrado en la UE 7. Usando *punches* de 1mm se obtuvieron 23 secciones, de las cuales 6 procedían de la corona (6mm), 8 a la primera mitad de la raíz (en torno a los 7mm), y 9 de la segunda mitad (otros 7mm).

La secuencia de $\delta^{15}\text{N}$ comienza con un incremento en sus valores, entre la edad de 0,76 y 1,5, momento en el que comienza a descender hasta los 3,68 años (sección 7). Se observa un pequeño repunte hacia los 4 años (secciones 8 y 9) pero tras este se conserva la tendencia a disminuir. Finalmente se aprecia un ligero aumento en el final de la secuencia, desde la sección combinada 15_16 hasta el final de esta.

Por otro lado, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre la primera y la octava sección de la secuencia presentan una tendencia al incremento, no muy significativa, hasta llegar al octavo (12_13) y noveno (14) punto. A partir de ese momento, durante las últimas 6 muestras de la secuencia, se produce una serie de variaciones en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en un espacio de tiempo muy corto, donde estos aumentan y disminuyen

alternativamente. Los valores a lo largo de la secuencia en estos puntos son compatibles con una dieta terrestre alternando periodos de consumo mixto de plantas C_3 y C_4 , con otros momentos de consumo exclusivo de plantas C_4 . Al observar la edad a la que corresponde cada muestra, es posible que estos cambios en la dieta tengan un carácter estacional.

La secuencia también proporciona información sobre el proceso de destete de este individuo, como se puede observar al comienzo de la secuencia, en la cual se muestra una lactancia materna exclusiva hasta el año y medio de edad, momento en el que ambos isótopos comienzan a disminuir hasta los 3,68 años en el caso del $\delta^{15}N$, y hasta los 3 en los valores de $\delta^{13}C$, momento que indica el final de este proceso. Conviene recordar que los valores de $\delta^{13}C$ en ocasiones se adelantan con respecto a los valores de $\delta^{15}N$ en el destete.

Parte	Sección	Peso	$\delta^{15}N$	N (muestra)	$\delta^{13}C$	C (muestra)	C:N ratio	Edad
Corona	1	0,45	9,7	16,28	-18,6	42,84	3,06	0,75
Corona	2_3	0,59	13,5	65,29	-17,4	183,63	3,28	1,5
Corona	4	0,65	12,4	63,14	-18,4	173,11	3,19	2,25
Corona	5_6	0,47	9,9	36,03	-18,5	103,38	3,34	3
1ª mitad	7	0,43	8,9	44,27	-17	127,00	3,34	3,68
1ª mitad	8_9	0,62	10,4	99,46	-17	275,55	3,23	4,25
1ª mitad	10_11	0,65	9,2	59,35	-17	163,51	3,21	5
1ª mitad	12_13	0,61	8,7	62,40	-16,5	177,82	3,32	5,75
1ª mitad	14	0,41	7,4	27,85	-17,7	82,57	3,45	6,31
2ª mitad	15_16	0,55	9,6	103,49	-15,5	283,63	3,19	6,64
2ª mitad	17_18	0,45	9,8	62,36	-13,7	174,79	3,27	6,92
2ª mitad	19_20	0,47	8,7	42,23	-16,7	119,81	3,31	7,2
2ª mitad	21	0,61	8,5	66,12	-13,8	189,63	3,34	7,41
2ª mitad	22_23	0,54	9,1	49,54	-17,2	144,80	3,40	8

Tabla 31: datos de la secuencia del diente 17 asociados a la región anatómica, peso, valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$, C:N ratio y las edades medias de cada sección.

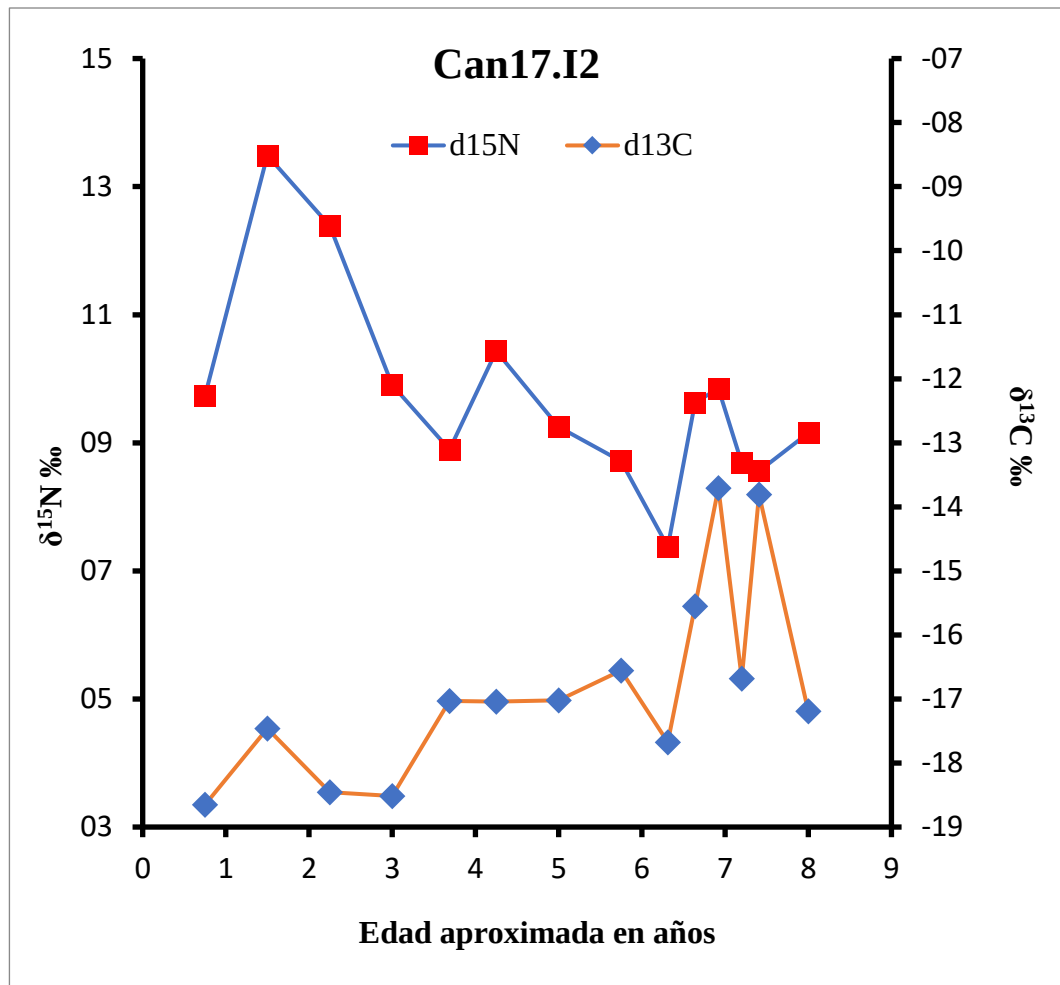


Figura 58: representación de los valores isotópicos de la secuencia del diente Can17.I2

En la gráfica donde se representan simultáneamente los valores de fauna y los valores de la secuencia de dentina (figura 59), se observa variación en los valores isotópicos de la dentina. En el caso del $\delta^{15}\text{N}$, los mayores valores se deben a la lactancia y al posterior proceso de destete debido a la edad a la que se registran. Los cambios a lo largo del eje x, donde se representan los valores de $\delta^{13}\text{C}$, se deben a momentos en los que el consumo de recursos C_4 aumenta y disminuye de manera drástica.

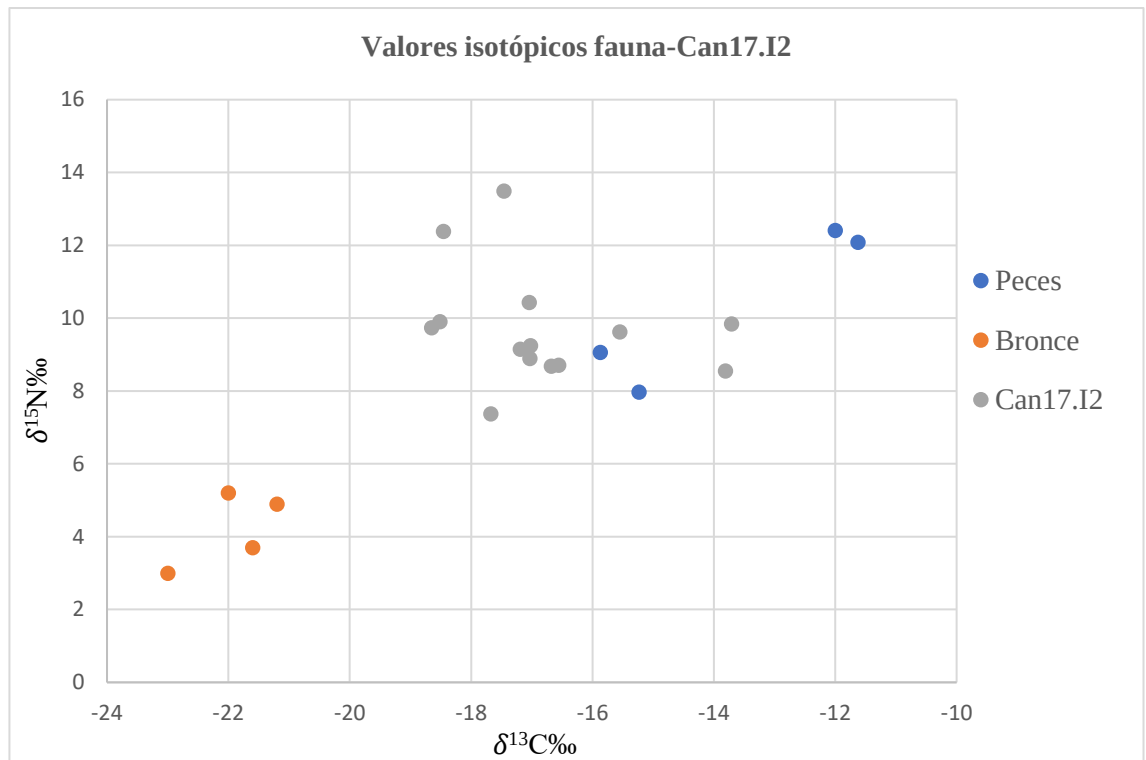


Figura 59: gráfico con los valores del *baseline* de fauna así como con los valores de la secuencia de dentina del individuo Can17.I2.

8.6 Resultados de los valores de $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$

8.6.1 Estroncio biodisponible

En este apartado se muestran en tablas, para su mejor visualización, los datos y valores relativos a las muestras vegetales y de concha de caracol, así como la media y desviación estándar de los mismos. En la columna de “muestra” aparece la categoría taxonómica hasta la que se pudo llegar en la identificación de la muestra. En ocasiones, esta no estaba del todo clara, razón por la cual las dos posibilidades aparecen separadas por una barra inclinada. Si no se pudo identificar a nivel taxonómico, aparece directamente como la categoría morfológica. De todos modos, la división más importante a la hora de posibles diferencias significativas en los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sería entre qué tipo de muestra vegetal es: herbácea, arbórea o helecho, debido a las posibles diferencias metabólicas y de desarrollo. En el caso de las conchas de caracol, no fue necesario pesarlas porque se usaba toda la concha.

A continuación, se resumen los datos estadísticos de las muestras de las diferentes unidades geológicas:

Unidad geológica	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ μ	2σ	$^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ μ	2σ
Barcaliente y Valdeteja (entorno de Los Canes)	0,70835	0,0006	0,05655	0,00003
Barrios	0,71212	0,0058	0,05654	0,00007
Puentellés, Cavandi y Lebeña	0,71354	0,0027	0,05659	0,00011
Picos de Europa	0,70918	0,0006	0,05656	0,00003
Sotres	0,70918	0,0013	0,05657	0,00005

Tabla 32: tabla con los datos relativos a la media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ de las muestras tomadas en las unidades geológicas estudiadas.

En la figura 60 se pueden observar cómo cajas y bigotes, los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de las distintas áreas geológicas estudiadas, y en la figura 61 el mapa geológico del área dónde se recogieron las muestras. Las unidades geológicas Barrios y Puentellés-Cavandi-Lebeña poseen valores más altos que las tres restantes (Barcaliente-Valdeteja, Picos de Europa y Sotres), y su variabilidad es mayor, probablemente debido a la ausencia de conchas de caracol entre sus muestras, las cuales poseen un efecto estabilizador, como puede comprobarse en los datos procedentes de las tres unidades geológicas en las que sí pudo muestrearse este material. Sobre esta gráfica posteriormente se representarán los valores procedentes de cada muestra de esmalte humano, en los cuales no se realizó ninguna media ya que esta podía enmascarar cualquier rastro de migración.

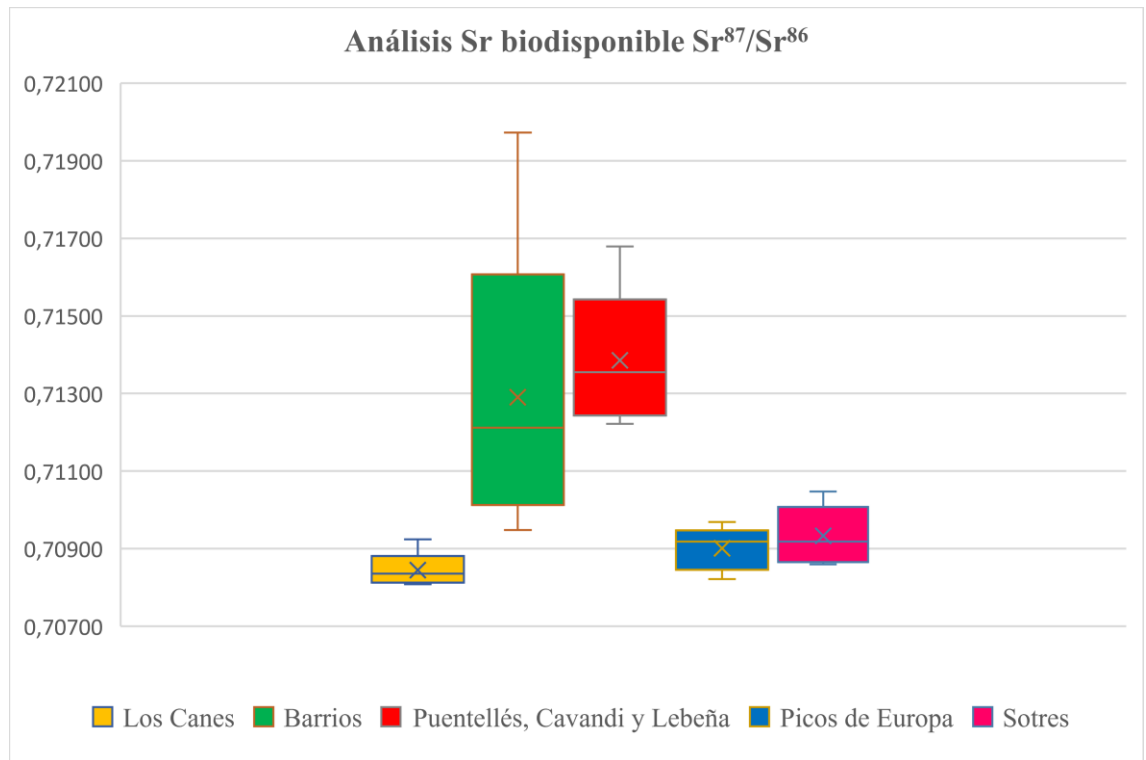


Figura 60: Representación de cajas y bigotes de las muestras tomadas en las unidades geológicas muestreadas.

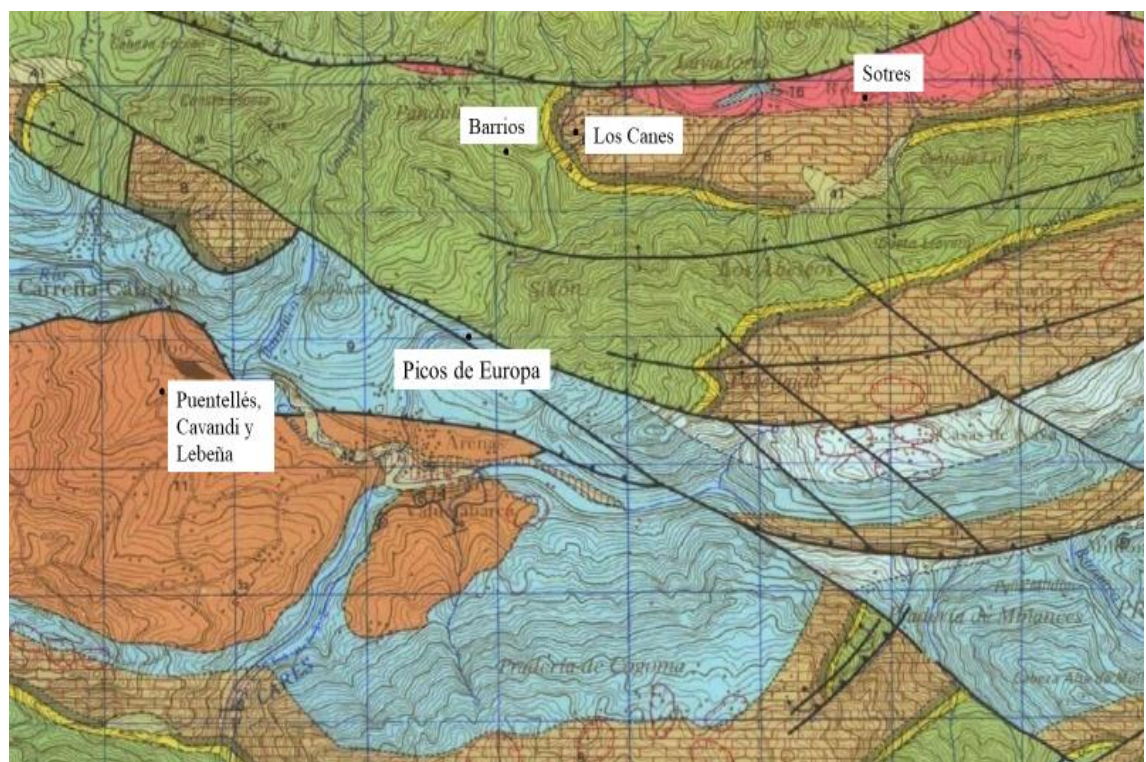


Figura 61: localización de las zonas de muestreo dentro de cada área geológica.

Los valores de las muestras vegetales y de concha de caracol para estimar el estroncio biodisponible de cada unidad geológica se detallan a continuación en las siguientes tablas.

Área	Código	Muestra	Peso (mg)	Corr $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Corr $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	^{88}Sr (V)
Los Canes	AST-01	Ericacea/Rhamnacea	49,82	0,70818	0,05660	8,15
Los Canes	AST-02	Herbácea	20,60	0,70822	0,05659	10,04
Los Canes	AST-03	Rhamnacea	39,11	0,70816	0,05662	6,59
Los Canes	AST-04	Ericacea	19,92	0,70829	0,05659	9,31
Los Canes	AST-05	Ilex	15,96	0,70840	0,05655	6,17
Los Canes	AST-06	Rhamnacea	21,45	0,70836	0,05654	7,04
Los Canes	AST-07	Ilex	22,49	0,70824	0,05653	9,24
Los Canes	AST-08	Ilex/Rhamnus	18,32	0,70827	0,05653	7,54
Los Canes	AST-09	Salix	50,11	0,70808	0,05653	9,59
Los Canes	AST-10	Pteridophyta	23,22	0,70816	0,05652	8,93
Los Canes	AST-49	Concha caracol	-	0,70814	0,05658	8,46
Los Canes	AST-50	Concha caracol	-	0,70924	0,05657	9,09
Los Canes	AST-51	Concha caracol	-	0,70879	0,05657	8,78

Tabla 33: datos del área de muestreo, código de la muestra, material de la misma (vegetal o animal) y su peso, así como los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.

Material	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ μ	2σ	$^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ μ	2σ
Vegetales	0,70824	0,00019	0,05656	0,00007
Caracoles	0,70872	0,0011	0,05655	0,00008
Total	0,70835	0,0006	0,05655	0,00007

Tabla 34: tabla con los datos relativos a la media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ de las muestras tomadas en la unidad geológica de Los Canes.

En el caso de las muestras tomadas en el entorno de los Canes, la media de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ fue de 0,70824 para los vegetales, 0,708727 para las conchas de caracol, siendo así de 0,708354 para el total de las muestras.

Área	Código	Muestra	Peso (mg)	Corr $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Corr $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	^{88}Sr (V)
Barrios	AST-11	Herbácea	26,78	0,71109	0,05651	7,85
Barrios	AST-12	Herbácea	33,81	0,70948	0,05651	7,76
Barrios	AST-13	Fabacea	35,22	0,70953	0,05650	6,86
Barrios	AST-14	Pteridophyta	74,92	0,71972	0,05654	8,07
Barrios	AST-15	Rhamnacea	57,03	0,71066	0,05653	8,68
Barrios	AST-16	Fabacea	8,10	0,71134	0,05651	10,61
Barrios	AST-17	Pteridophyta	51,95	0,71255	0,05656	6,53
Barrios	AST-18	Musgo	32,17	0,71185	0,05659	8,28
Barrios	AST-19	Equinácea	28,88	0,71298	0,05657	5,72
Barrios	AST-20	Castañas	47,26	0,71198	0,05660	6,67

Tabla 35: datos del área de muestreo de la formación geológica Barrios, código de la muestra, taxonomía de la misma y su peso, así como los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.

En esta unidad geológica no se encontraron conchas de caracol, con lo cual la media y dos desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ se realizó exclusivamente sobre las muestras vegetales, siendo su valor de 0,712122 +/- 0,0058. La media de los valores de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ fue de 0,056546 +/- 0,00007.

Área	Código	Muestra	Peso (mg)	Corr $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Corr $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	88Sr (V)
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-21	Salicacea	34,47	0,71398	0,05670	8,33
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-22	Pteridophyta	18,57	0,71287	0,05667	6,37
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-23	Salicacea	35,34	0,71278	0,05665	7,31
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-24	Musgo	50,78	0,71679	0,05661	6,49
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-25	Herbácea	14,57	0,71428	0,05658	8,61
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-26	Arbórea	7,6	0,71345	0,05655	8,40
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-27	Arbórea	49,54	0,71261	0,05655	7,11
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-28	Betulacea	16,63	0,71407	0,05655	9,58
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-29	Arbórea	31,56	0,71221	0,05654	7,08
Puentellés, Cavandi y Lebeña	AST-30	Salicacea	52,17	0,71238	0,05655	8,26

Tabla 36: datos del área de muestreo de la formación geológica Puentellés, Cavandi y Lebeña, código de la muestra, taxonomía de la misma y su peso, así como los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.

Como ocurrió con la anterior unidad geológica, en esta tampoco se encontraron conchas de caracol, siendo la media y dos desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ exclusivamente de las muestras vegetales, con un valor de $0,713546 \pm 0,0027$. La media para los valores de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ fue de $0,05659 \pm 0,00011$.

Área	Código	Muestra	Peso (mg)	Corr $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Corr $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	88Sr (V)
Picos de Europa	AST-31	Rhamnacea	50,91	0,70875	0,05655	0,056
Picos de Europa	AST-32	Rhamnacea	34,26	0,70900	0,05655	0,056
Picos de Europa	AST-33	Betulacea	36,90	0,70886	0,05655	0,056
Picos de Europa	AST-34	Salicacea	51,38	0,70881	0,05654	0,056
Picos de Europa	AST-35	Musgo	10,93	0,70919	0,05654	0,056
Picos de Europa	AST-36	Pteridophyta	14,07	0,70900	0,05659	0,056
Picos de Europa	AST-37	Betulácea	33,27	0,70892	0,05655	0,056
Picos de Europa	AST-38	Fungi	52,97	0,70925	0,05657	0,056
Picos de Europa	AST-52	Concha caracol	-	0,70924	0,05655	0,056
Picos de Europa	AST-53	Concha caracol	-	0,70821	0,05655	0,056

Tabla 37: datos del área de muestreo de la formación geológica de Picos de Europa, código de la muestra, taxonomía de la misma y su peso, así como los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.

Material	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ μ	2 σ	$^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ μ	2 σ
Vegetales	0,70897	0,0004	0,05656	0,00003
Caracoles	0,70872	0,0014	0,05655	0,000006
Total	0,70892	0,0006	0,05656	0,00003

Tabla 38: tabla con los datos relativos a la media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ de las muestras tomadas en la unidad geológica de Picos de Europa.

En el caso de las muestras tomadas en la unidad estratigráfica Picos de Europa, la media de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ fue de 0,708976 para los vegetales, 0,708729 para las conchas de caracol, siendo así de 0,708926 para el total de las muestras.

Área	Código	Muestra	Peso (mg)	Corr $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Corr $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	^{88}Sr (V)
Sotres	AST-39	Pteridophyta	20,38	0,70859	0,05653	7,06
Sotres	AST-40	Herbácea	54,13	0,70871	0,05653	9,06
Sotres	AST-41	Fagacea	53,28	0,70898	0,05663	7,56
Sotres	AST-42	Ulmacea	38,52	0,70987	0,05660	6,43
Sotres	AST-43	Betulacea	43,44	0,70870	0,05656	8,34
Sotres	AST-44	Concha caracol	-	0,71047	0,05657	6,91
Sotres	AST-45	Concha caracol	-	0,70977	0,05659	9,81
Sotres	AST-46	Concha caracol	-	0,70860	0,05658	8,54
Sotres	AST-47	Concha caracol	-	0,70941	0,05657	6,44
Sotres	AST-48	Concha caracol	-	0,70870	0,05657	7,70

Tabla 39: datos del área de muestreo de la formación geológica Sotres, código de la muestra, taxonomía de la misma y su peso, así como los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.

Material	Material	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ μ	2σ	$^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ μ
Vegetales	0,708975	0,001	0,05657	0,00008
Caracoles	0,709395	0,0016	0,05657	0,00001
Total	0,709185	0,0013	0,05657	0,00005

Tabla 40: tabla con los datos relativos a la media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ de las muestras tomadas en la unidad geológica de Sotres.

En el caso de las muestras tomadas en la unidad estratigráfica del entorno del pueblo de Rozagás, en la formación Sotres, la media para los valores vegetales $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ es de 0,708975, para los caracoles de 0,709395, y el total de todas las muestras 0,709185.

8.6.2 Valores de estroncio en esmalte humano.

En la tabla 41 y en las figuras de la 62 a la 65 pueden observarse los valores de estroncio procedentes de las muestras de esmalte humano.

Muestra	Nºde registro	Corr $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Concentración (ppm)	Corr $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$	^{88}Sr (V)
Esmalte	Can12.C	0,70895	-	-	-
Esmalte	Can13.M2	0,70893	-	-	-
Esmalte	Can8.P2	0,70971	0,123	0,05655	5,15
Esmalte	Can3.M3	0,70972	0,402	0,05655	7,33
Esmalte	Can3.C	0,70976	0,343	0,05655	8,06
Esmalte	Can2.M3	0,70941	0,282	0,05654	6,04
Esmalte	Can1.M3	0,70981	0,596	0,05656	8,15
Esmalte	Can11	0,70903	-	-	-
Esmalte	Can10	0,70967	-	-	-
Esmalte	Can15	0,70880	-	-	-
Esmalte	Can16	0,70902	-	-	-
Esmalte	Can4.C	0,70986	0,460	0,05657	9,26
Esmalte	Can14	0,70927	-	-	-
Esmalte	Can6.P1	0,70955	0,392	0,05656	7,90
Esmalte	Can7.P1	0,70933	0,525	0,05656	7,34
Esmalte	Can5.C	0,71019	0,663	0,05655	8,21

Tabla 41: datos relativos a los dientes analizados: el código es el número de registro, los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ la concentración en partes por millón, y el criterio de calidad.

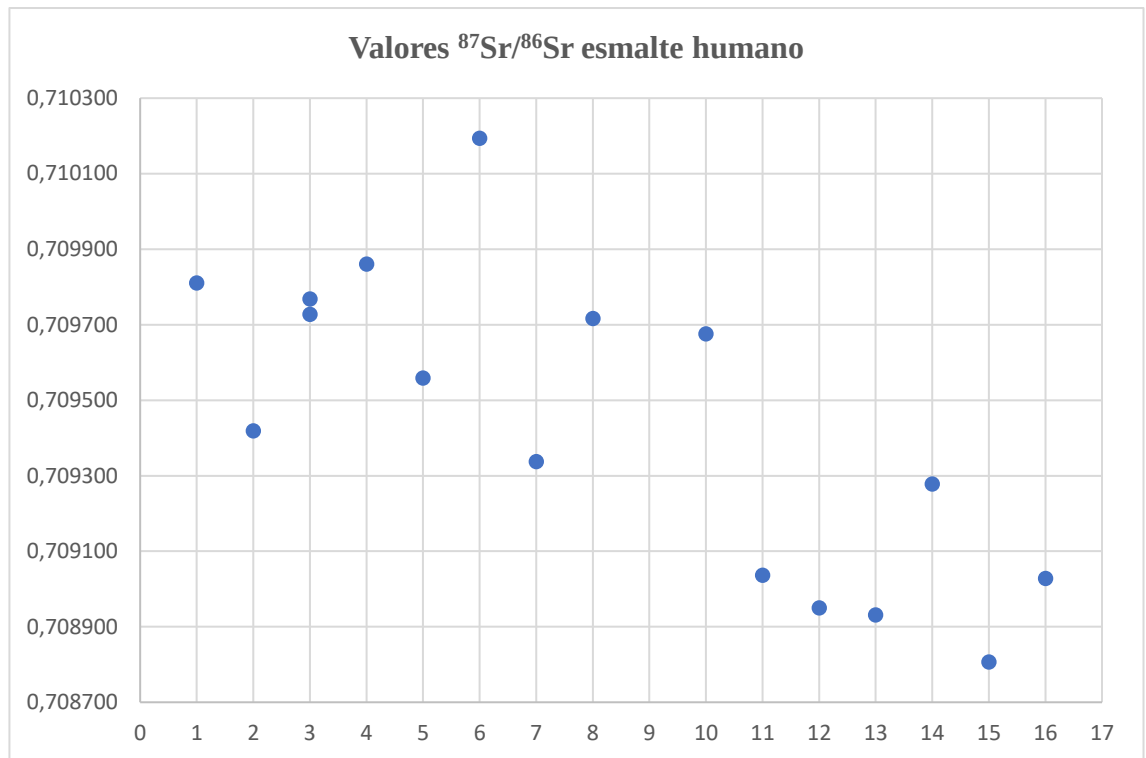


Figura 62: valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ procedentes de esmalte humano. En el eje X aparece la numeración inicial de cada diente. Así, el número 1 corresponde con el individuo Can1.M3, aunque aparezcan desordenados temporalmente.

En la siguiente gráfica (figura 63) se pueden observar todos los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ procedente de las muestras de esmalte humano superpuestos a los valores de estroncio biodisponible de las diferentes unidades geológicas. En las gráficas que siguen a la anterior, se han superpuesto a los valores de estroncio biodisponible por un lado los individuos del Magdaleniense y del Mesolítico (Figura 64) y de la Edad del Bronce por otro (Figura 65).

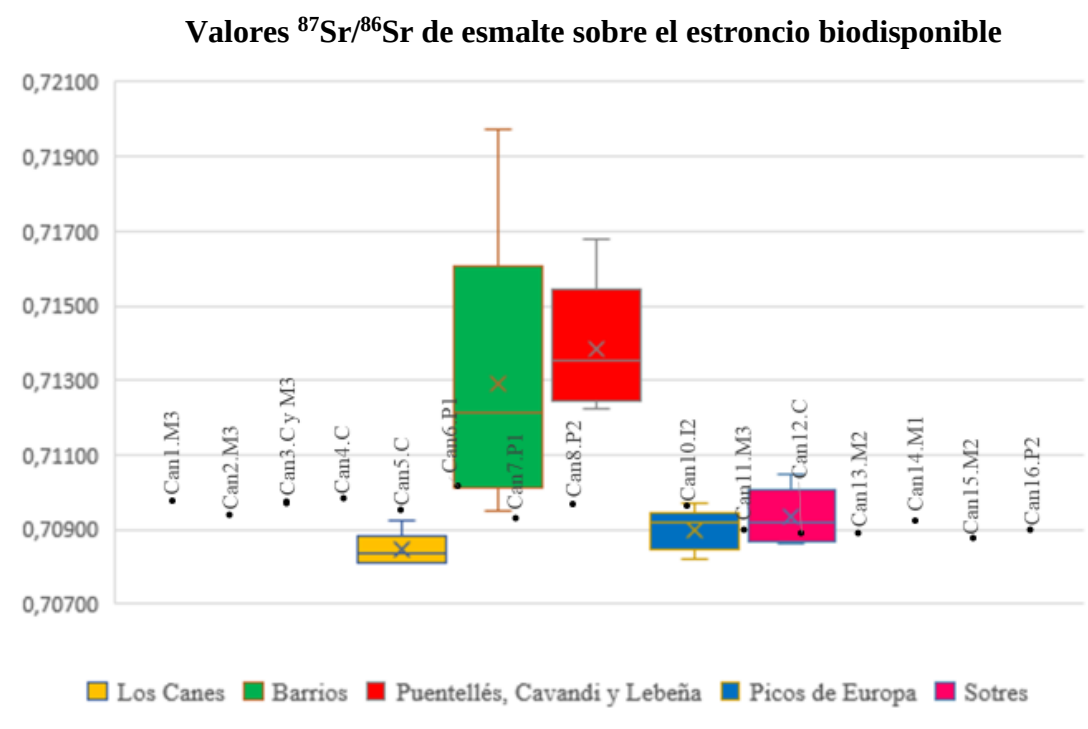


Figura 63: Representación conjunta de los valores de $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ de las diferentes unidades geológicas, con los valores de $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ procedentes del esmalte de los dientes.

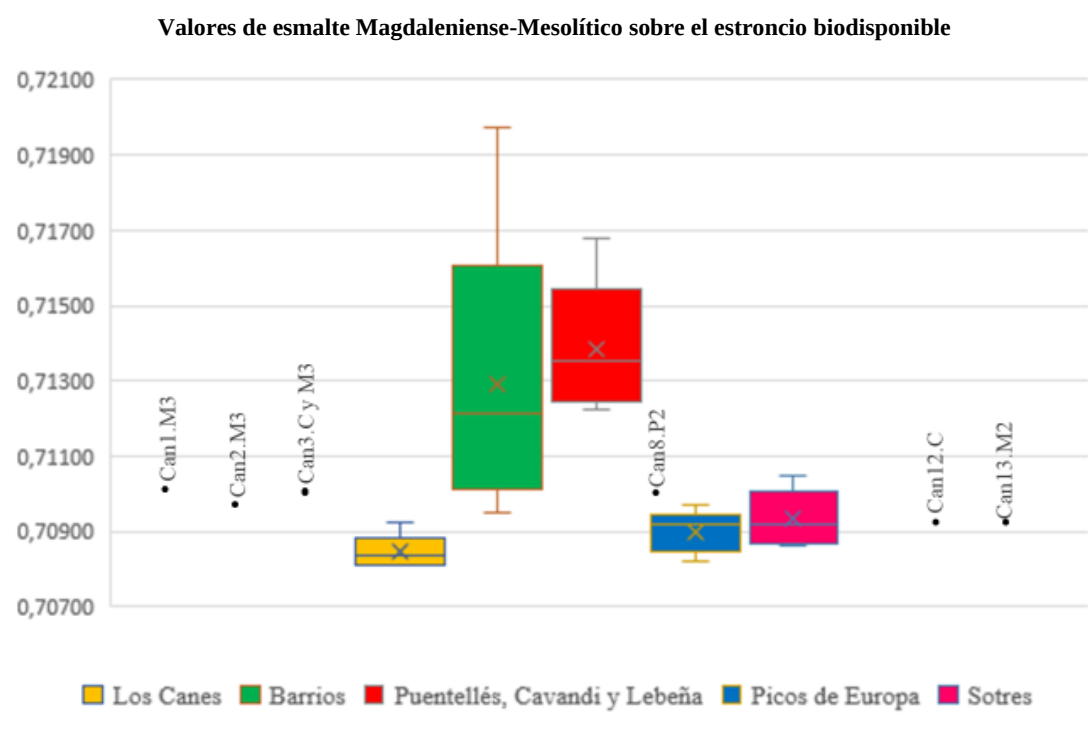


Figura 64: Valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del individuo magdaleniense y de los mesolíticos sobre los valores de estroncio biodisponible.

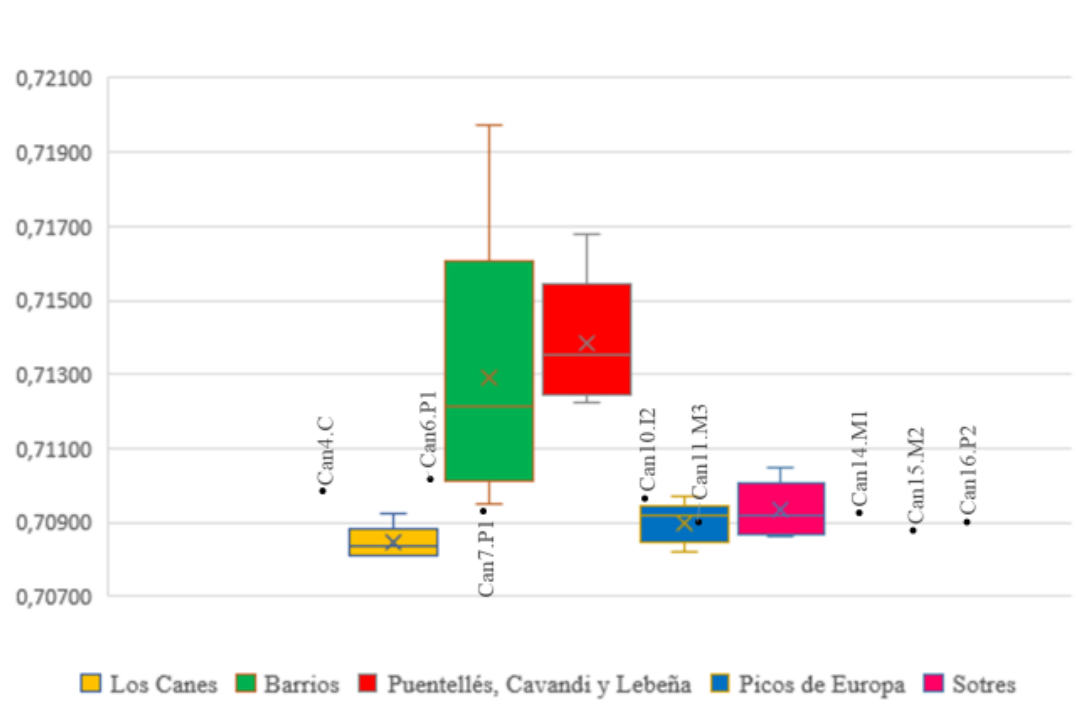


Figura 65: valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del esmalte de los individuos de la Edad del Bronce sobre los valores de estroncio biodisponible de las áreas geológicas analizadas.

Como se ha podido observar en las anteriores figuras, los valores de esmalte se sitúan dentro del rango de las diferentes unidades geológicas, lo cual indicaría que los individuos pasaron la infancia en el entorno de la cueva de los Canes, donde además fueron sepultados tras su muerte. Esto ocurre incluso en el caso del individuo 12, que muestra un elevado consumo de recursos marinos durante los primeros años. Si bien existe un hiato entre la infancia y la edad adulta en algunos casos, en los que no es posible no asegurar la existencia de una migración y un posible retorno tiempo después.

9.- Discusión

Debido a la gran cantidad de datos, para la discusión de los resultados se ha dividido la muestra en dos grupos, de esta manera se puede realizar una mejor comparación de los patrones alimenticios entre individuos. El primer grupo incluye los dientes datados en el Mesolítico y el diente magdalenense, es decir, grupos pre-Neolíticos de cazadores-recolectores sin conocimiento de agricultura ni ganadería. El segundo grupo incluye los individuos datados en la Edad del Bronce, tanto media como final, y pertenecientes ya a grupos productores, en un contexto que, como se ha tratado con anterioridad, se produjo no solo una intensificación en la producción de los alimentos, sino también se introdujeron nuevos cultivos, como se puede observar a lo largo del II milenio cal BC, donde los valores relativos al $\delta^{13}\text{C}$ sufren un cambio drástico, relacionado con un cambio importante en la dieta. Así mismo se comparará el mismo diente y las mismas edades entre diferentes individuos, entre supervivientes y aquellos que murieron antes de alcanzar la edad adulta, y se intentará comprobar si varios dientes proceden del mismo individuo. Considerando su importancia evolutiva y sociocultural, se dedicará un apartado especial relativo a los patrones de lactancia y destete. Para finalizar, se comparará la metodología de asignación de edad de cada muestra de la secuencia de dentina con la otra metodología usada hoy en día, la acumulativa, para estimar el impacto que dicha asignación tiene en la interpretación de los perfiles alimentarios.

9.1. La dieta de las sociedades cazadoras-recolectoras.

En este grupo se incluyen el diente perteneciente al individuo magdalenense (Can12.C), así como los dientes de los individuos mesolíticos. En la gráfica 66 pueden observarse los perfiles relativos a los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de los dientes analizados, y en la gráfica 67 los perfiles de $\delta^{13}\text{C}$. El Can12.C supone un caso especial ya que dentro de toda la muestra es el único con una señal inequívoca de consumo de recursos marinos de manera continuada durante la infancia, años en los que el diente analizado se estuvo formando. Supone además el diente más antiguo de los analizados. Posteriormente, ya en el Mesolítico, la ingesta de estos recursos marinos desaparece casi totalmente, con la excepción de una muestra procedente del individuo Can9.I1, que evidenciaría el consumo de algún alimento de este origen, pero muy bajo en la cadena trófica.

Si bien no se puede asegurar con totalidad la desaparición de este tipo de alimentación en el Mesolítico, ya que solamente un diente atestigua el consumo sostenido de recursos marinos, con la dificultad de asumir si la dieta de este individuo fue algo excepcional o era la norma para las poblaciones magdalenenses de la cueva de Los Canes, parece más fiable afirmar que las poblaciones mesolíticas no consumían este tipo de alimentos, ni de manera sostenida en el tiempo ni en cantidades suficientes como para ser registradas isotópicamente. Según otros autores, como Arias (2005), durante este periodo es cuando se produce una territorialización y fragmentación del espacio, con grupos en la costa con cultura Asturiense, y grupos en el interior típicamente mesolíticos. Sería tentador pensar que este suceso está detrás del cambio en la alimentación que se observa entre ambos periodos, sin embargo, la evidencia de la que disponemos no lo permite. Acerca de este tema se discutirá más adelante, en relación con el estudio de los patrones de movilidad basados en los isótopos de estroncio realizados en varios de los dientes de los individuos.

Por su lado, durante el Mesolítico se observa una dieta terrestre basada en plantas C_3 . Sin tener en cuenta los valores pertenecientes al diente adscrito al periodo Magdaleniense, el valor máximo de $\delta^{15}N$ es de 15,85‰ mientras que el mínimo se sitúa en 6,53 ‰ (Figura 66). Tanto el primero como el segundo valor (13,34‰) más altos corresponden al individuo Can9.I1, anteriormente mencionado, y más específicamente se sitúan al comienzo de la secuencia, a los 0,925 y 1,775 años, en la curva que señala que se estaba llevando a cabo el proceso de destete durante esos momentos, con lo cual estos valores hay que tomarlos con precaución por el efecto que la lactancia y el posterior destete tienen en los valores isotópicos. Los valores de $\delta^{13}C$ se sitúan entre -21,57‰ el mínimo, y -15,15‰ el máximo (Figura 67). Este máximo corresponde también al individuo Can9.I1, sin embargo, este valor no se encuentra durante el proceso anteriormente mencionado, sino que se registra a los 8,375 años, evidencian que se trata de un cambio repentino en la dieta debido a otros factores.

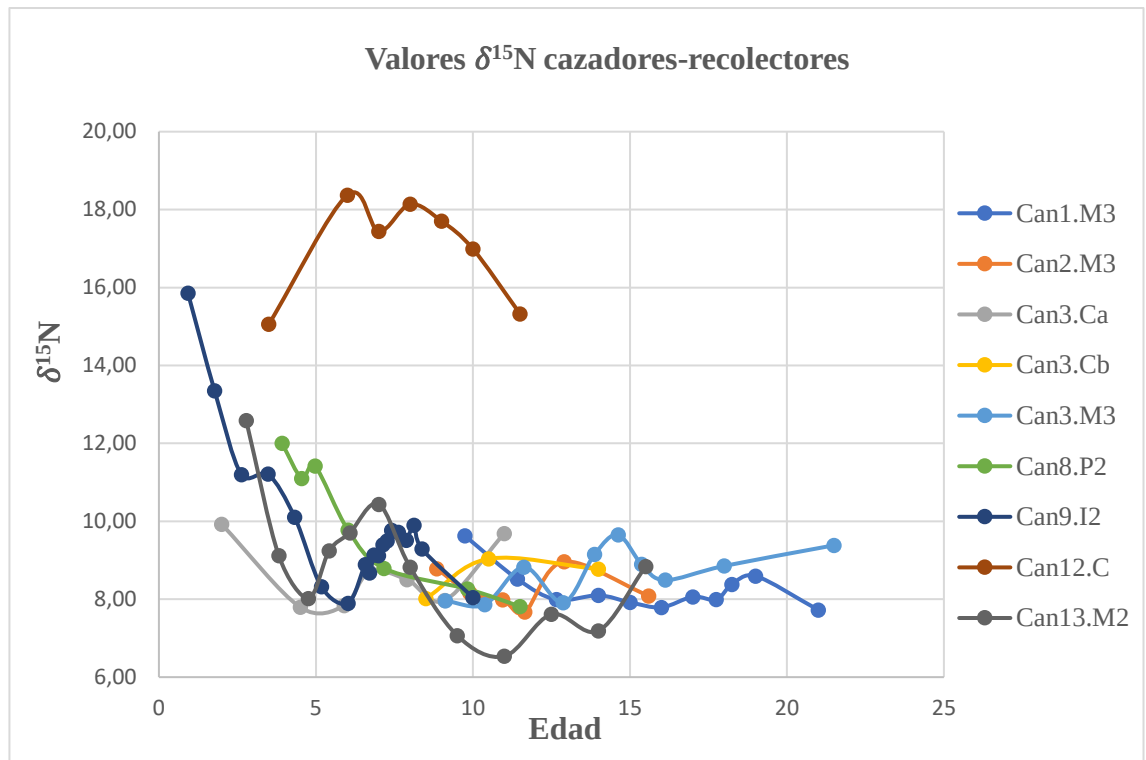


Figura 66: perfiles isotópicos de los dientes mesolíticos analizados en el presente trabajo. En el eje Y se muestran los valores de $\delta^{15}\text{N}$ mientras que en el eje X aparece la edad del individuo en años.

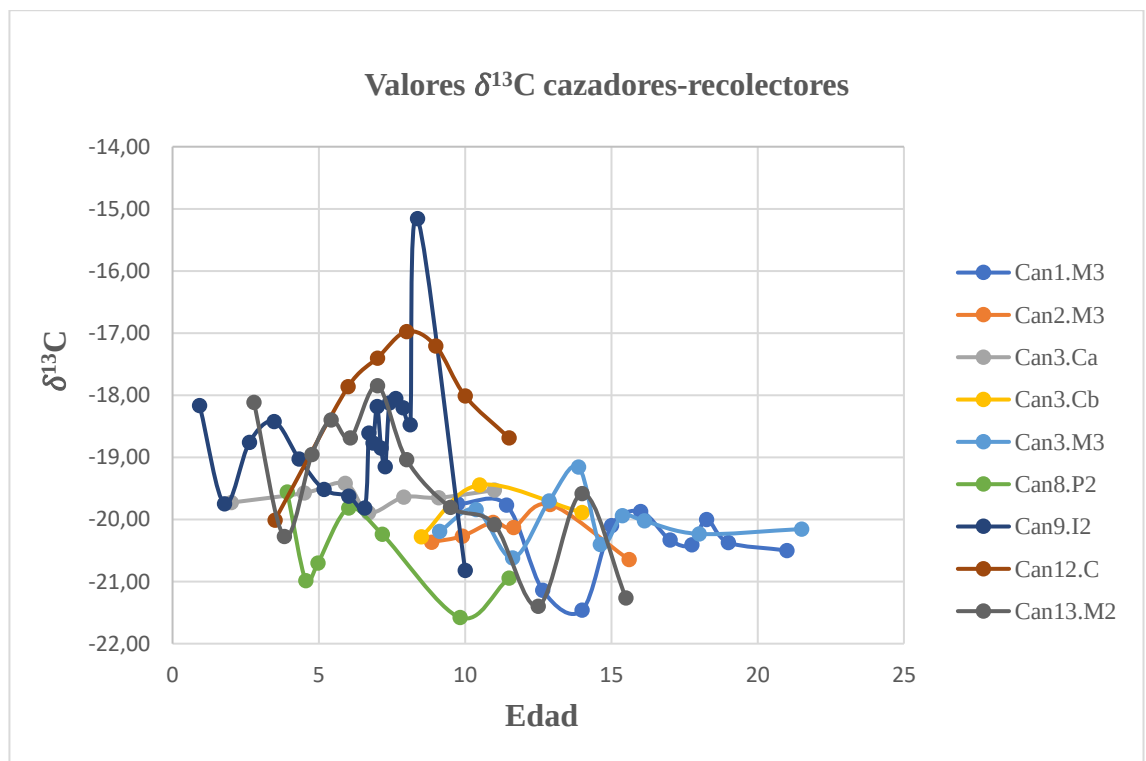


Figura 67: perfiles isotópicos con los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los dientes mesolíticos analizados en el presente trabajo.

Al realizar un análisis de regresión de los datos, para determinar la correlación entre los valores de cada isótopo y la edad, se observa una gran dispersión entre ambas variables, reflejándose esto en los bajos valores del coeficiente de correlación r^2 (situados siempre entre 0 y 1). En el caso del $\delta^{15}\text{N}$ dicho valor es 0,29 (Figura 68) que, si bien no indica una correlación fuerte entre ambas variables, es el valor de r^2 más alto encontrado en la muestra, indicando que en este momento la ingesta de proteínas entre los individuos del grupo sería más homogénea. Para el $\delta^{13}\text{C}$ el valor de r^2 es 0,19, lo que tampoco indica una correlación clara entre ambas variables (Figura 69).

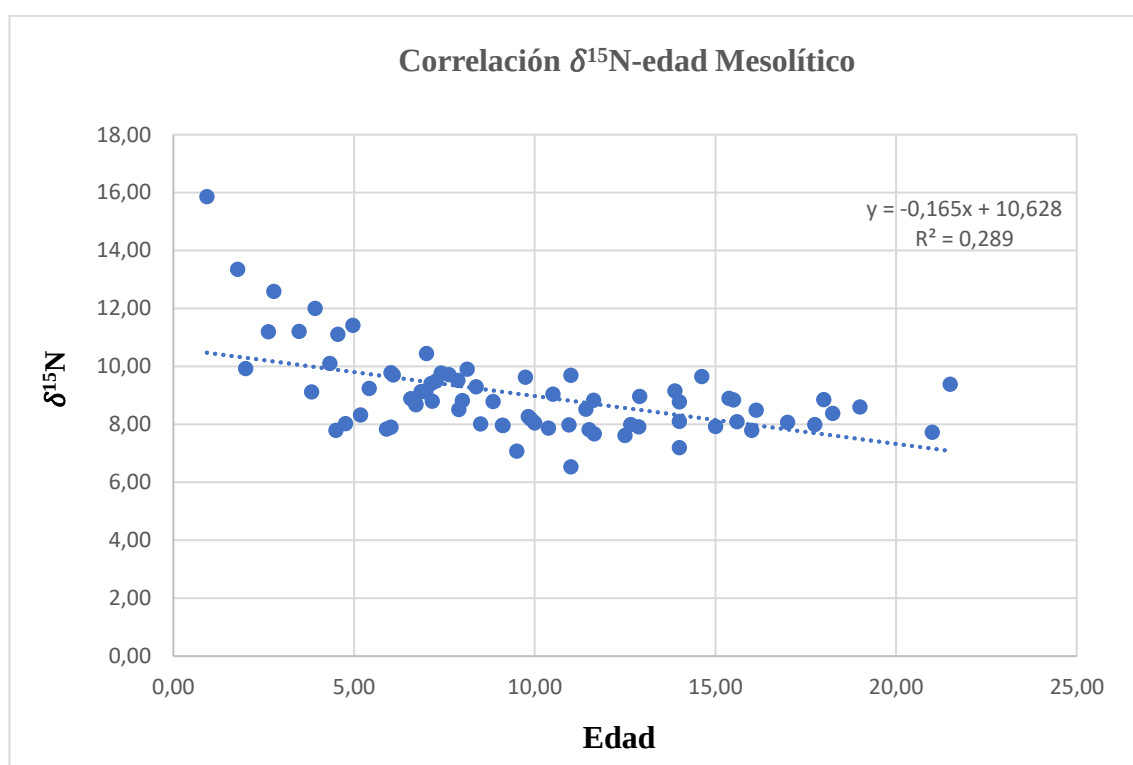


Figura 68: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad.

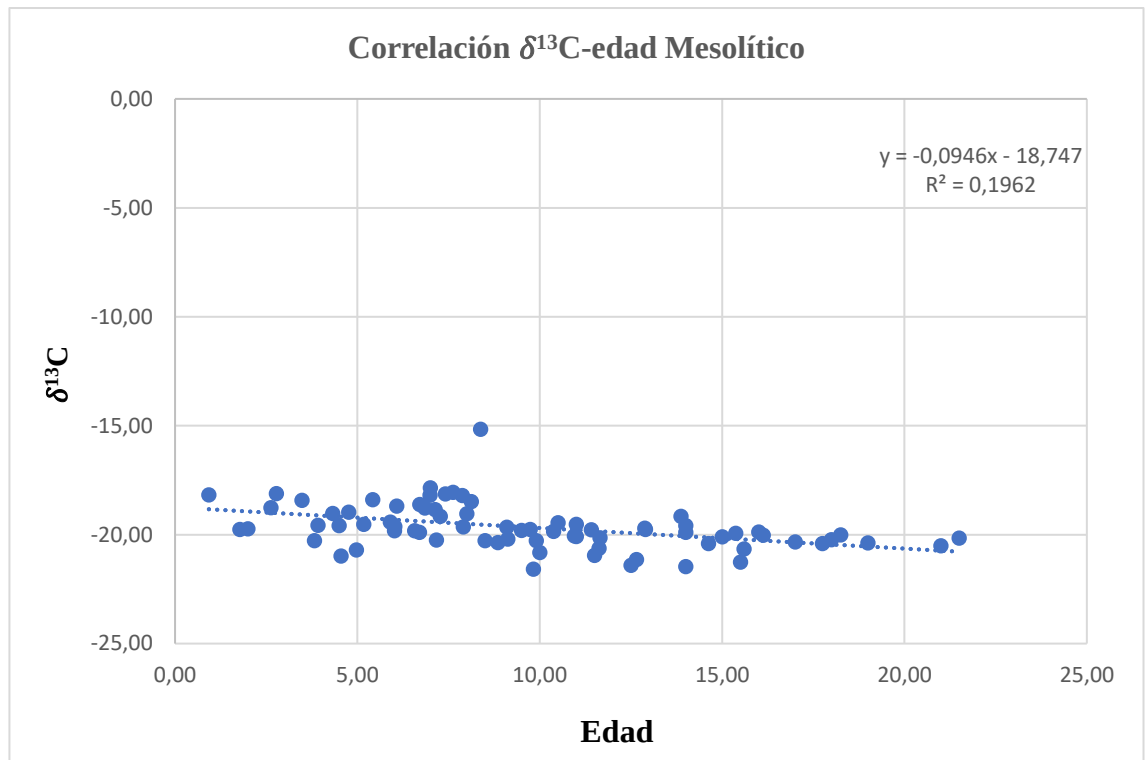


Figura 69: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad.

Estos valores parecen ir en contra de lo que visualmente se puede apreciar en las figuras 66 y 67, en las que puede observarse cierta tendencia en los perfiles isotópicos de cada diente, especialmente en para el $\delta^{15}\text{N}$. En el caso de este primero, parece que existe un descenso de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ hasta los 10 años, momento en el que estos se estabilizan hasta finalizar la secuencia (Figura 70). Esta disminución de los valores al comienzo de la secuencia estaría relacionada con la lactancia y el posterior proceso de destete, en el que esos individuos lactantes van abandonando ese nivel trófico superior al resto de la población adulta para asimilarse a la misma y estabilizarse. Si bien, el bajo número de dientes vuelve a ser un impedimento para asegurarlo. El caso del $\delta^{13}\text{C}$ es similar, aunque menos claro, ya que se observa una mayor variación en los valores antes de los 10 años, donde estos tienden también a la estabilidad (Figura 71). En ambos casos, los valores infantiles están influenciados no solo por la lactancia y destete, sino también por los alimentos complementarios que se introducen cuando se inicia este proceso que supone un cambio drástico en la dieta de los individuos.

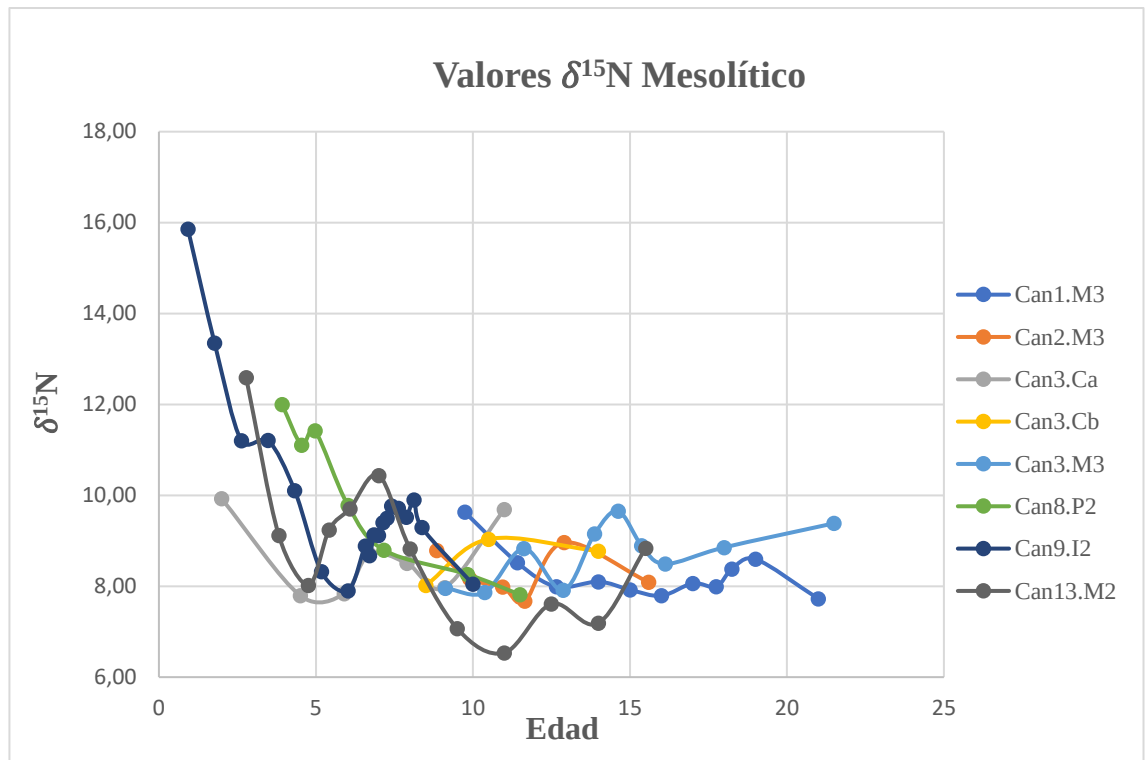


Figura 70: perfiles isotópicos de los dientes mesolíticos analizados donde se puede apreciar la tendencia entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad anteriormente mencionada.

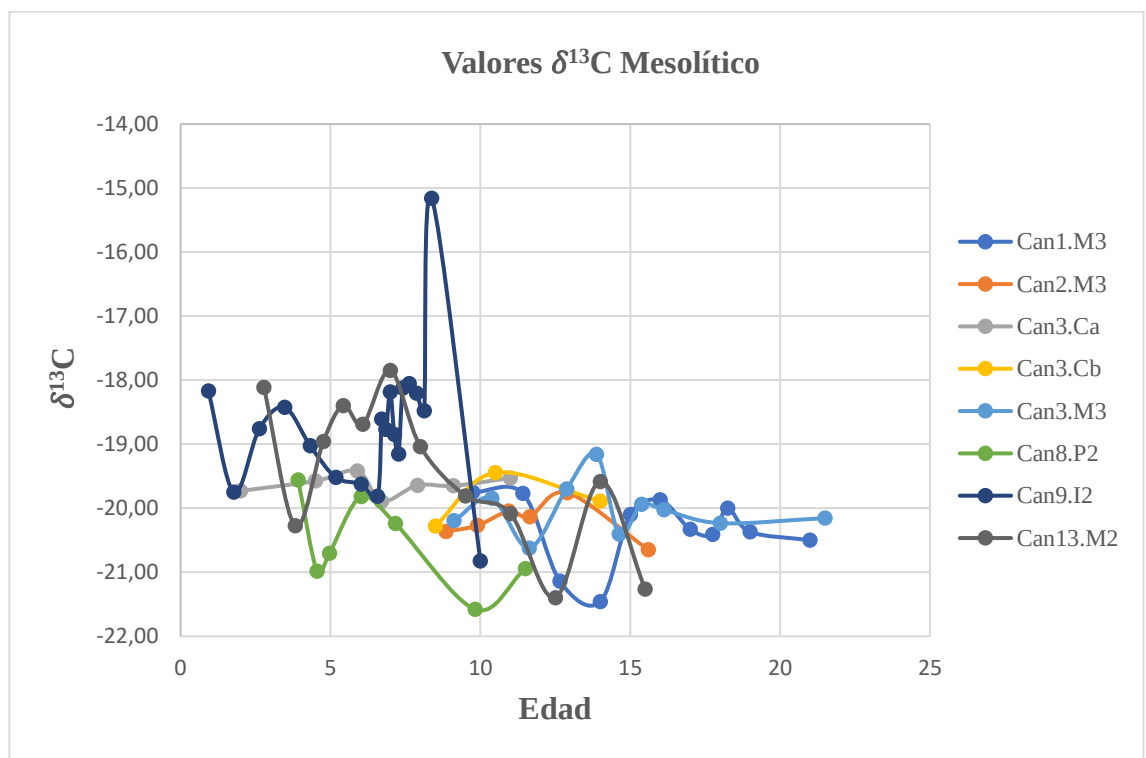


Figura 71: perfiles isotópicos de los dientes mesolíticos analizados, En este caso no se observa una tendencia entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad tan clara como en la gráfica anterior.

Por la edad de la cual proporcionan información, la muestra mesolítica podría dividirse a su vez en dos grupos: el de los menores de 16 años (Figuras 72 y 73), y el de mayores de esa edad (Figuras 74 y 75). En el segundo solamente se encuentran los dos terceros molares Can1.M1 y Can3.M3, que representan la alimentación a comienzos de la vida adulta. El resto de los otros dientes forman el primer grupo. El tercer molar del individuo joven encontrado en la estructura 6-II (Can2.M3) se encontraría en el primer grupo en vez de en el segundo debido a la edad de muerte del individuo, que no permitió que se completase el desarrollo del mismo, con lo cual solamente proporciona información hasta poco más pasados esos 16 años, siendo mejor analizarlo junto con el primero.

En las figuras 72 y 73 se puede observar los perfiles de cada isótopo de los individuos que proporcionan información sobre la dieta en la infancia. Al comienzo de varias de las secuencias se muestra el proceso de destete, en los individuos Can3.Ca, Can8.P2, Can9.I2 y Can13.M2. Este proceso se discutirá en otro apartado más adelante debido a su importancia. Tras este momento, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ tienden a estabilizarse, entre 8 y 10‰, lo que sugiere una dieta bastante homogénea durante esta etapa post-destete, consumiendo los individuos infantiles unos recursos similares, si bien con variaciones en el consumo proteico. El individuo 13 es el único con unos valores por debajo de 8‰, desde después de los 8 años y hasta los 14.

En cambio, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ no muestran tendencia alguna y son muchos más variables, oscilando entre una dieta basada en plantas C_3 solamente, y otra en la que estos individuos tendrían un aporte de otros recursos con mayores valores de $\delta^{13}\text{C}$. Merece la pena mencionar el pico en los valores del individuo Can9.I2 pasados los 8 años de edad, alcanzando un valor de -15,15‰, el más positivo de toda la muestra, incluido el individuo magdalenense consumidor de recursos marinos, y los posteriores individuos de la Edad del Bronce que se discutirán más adelante. Estos valores solamente pueden ser el resultado del consumo de alimentos marinos pero de bajo nivel trófico, ya que en ese momento los valores de $\delta^{15}\text{N}$ no muestran ningún incremento apreciable ni relacionado con una mayor ingesta de proteínas. Debido también a la datación de este individuo, la posibilidad del consumo de cultivos de plantas C_4 se ha desechado, ya que estas llegaron a la Península Ibérica con posterioridad, y a la cornisa cantábrica más aún, como ya se verá.

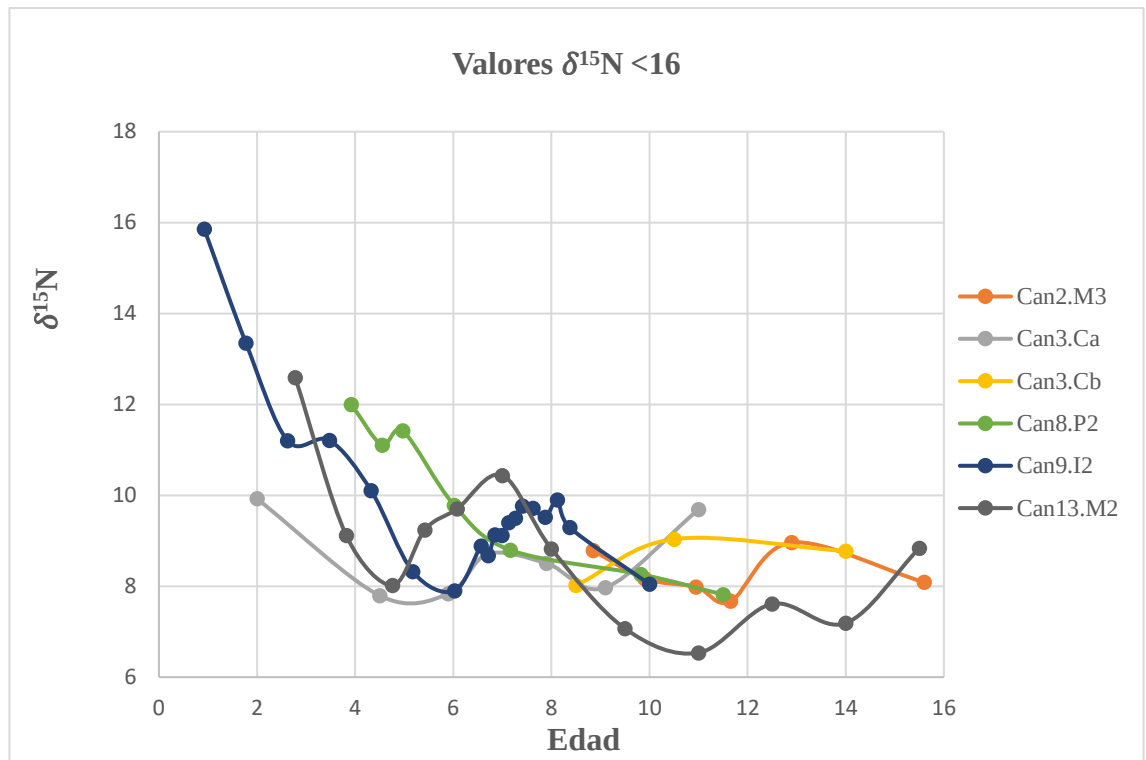


Figura 72: perfiles de las secuencias de dentina de periodo mesolítico que representa los valores $\delta^{15}\text{N}$ del individuo antes de los 16 años.

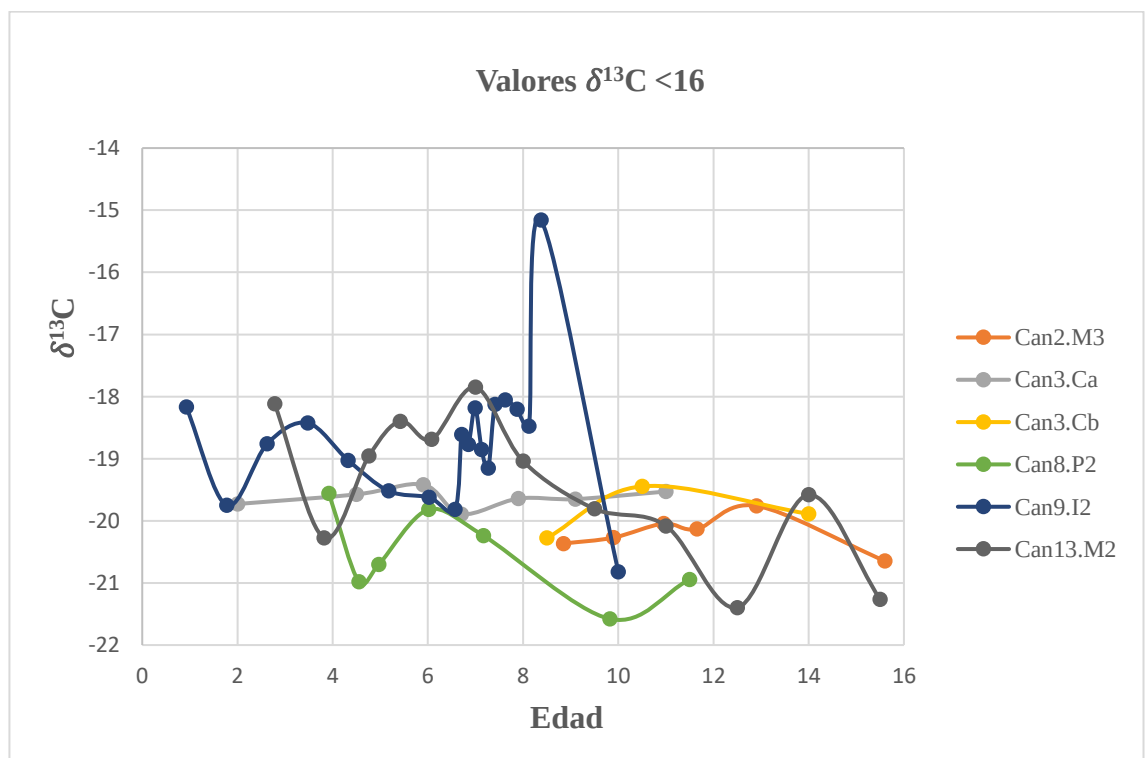


Figura 73: perfiles de las secuencias de dentina de periodo mesolítico que representa los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del individuo antes de los 16 años.

En cambio, al analizar los valores de ambos isótopos a lo largo de la secuencia en los dos individuos adultos, no se observa ninguna tendencia. En lo que respecta a los valores de $\delta^{15}\text{N}$, se puede observar cómo el consumo proteico del individuo 1 disminuye a lo largo de los años, con un pequeño repunte al final de la secuencia (figura 74). Estos cambios, a pesar de no suponer un cambio en el nivel trófico en el cual se situaría este individuo, es suficiente como para que ese menor consumo proteico sea registrado. La variación registrada en el otro individuo adulto, el esqueleto encontrado en la estructura 6-III, muestra algo diferente en comparación con el 1, ya que se producen varios cambios en el consumo de proteínas entre los 10 y los 16 años, con periodos de mayor consumo entre los 10 y casi los 12, momento en el que la ingesta proteica disminuye, hasta que vuelve a aumentar entre los 12 y hasta casi los 15 años, cuando vuelve a disminuir para, a los 16, aumentar hasta el final de la secuencia a los 21,5 años. Sin embargo, la razón de estas diferencias en el consumo de proteínas no tiene fácil explicación, además de que ambos individuos no son coetáneos. Una posible razón podría ser un acceso diferencial al consumo de este tipo de alimentos con razón al sexo, sin embargo, la falta de datos sobre el sexo de los individuos de los dientes analizados no permite conjeturar más allá.

En cambio, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 75) se mantienen estables a lo largo de toda la secuencia con una pequeña variación en sentido opuesto a una edad muy similar en ambos individuos. Mientras que en el individuo 1 estos valores se hacen más negativos, indicando un mayor consumo de plantas C_3 entre los 11,5 y los 14 años, momento en el que se vuelven a estabilizar, indicando un retorno a la dieta anterior, en el individuo 3 se produce lo contrario: un aumento entre los 11,5 aproximadamente y los 14 años. Esta variación a la misma edad es compartida también por el individuo 13 (Can13.M2) (Figura 76), analizado anteriormente con los otros menos de 16, lo cual puede deberse a un cambio fisiológico que ocurre a dicha edad. Sin embargo, el otro individuo con un molar analizado (Can2.M3) no muestra esta variación. La diferencia entre este último y los otros 3 es que este murió joven, antes del desarrollo del diente (Figura 76). Las diferencias en la salud, y posterior muerte o supervivencia, de estos individuos podría ser la causa de la variación que se puede apreciar en estos individuos (1, 3 y 13). Más adelante se compararán las secuencias de isótopos de supervivientes y de no supervivientes para estimar la salud en esta población.

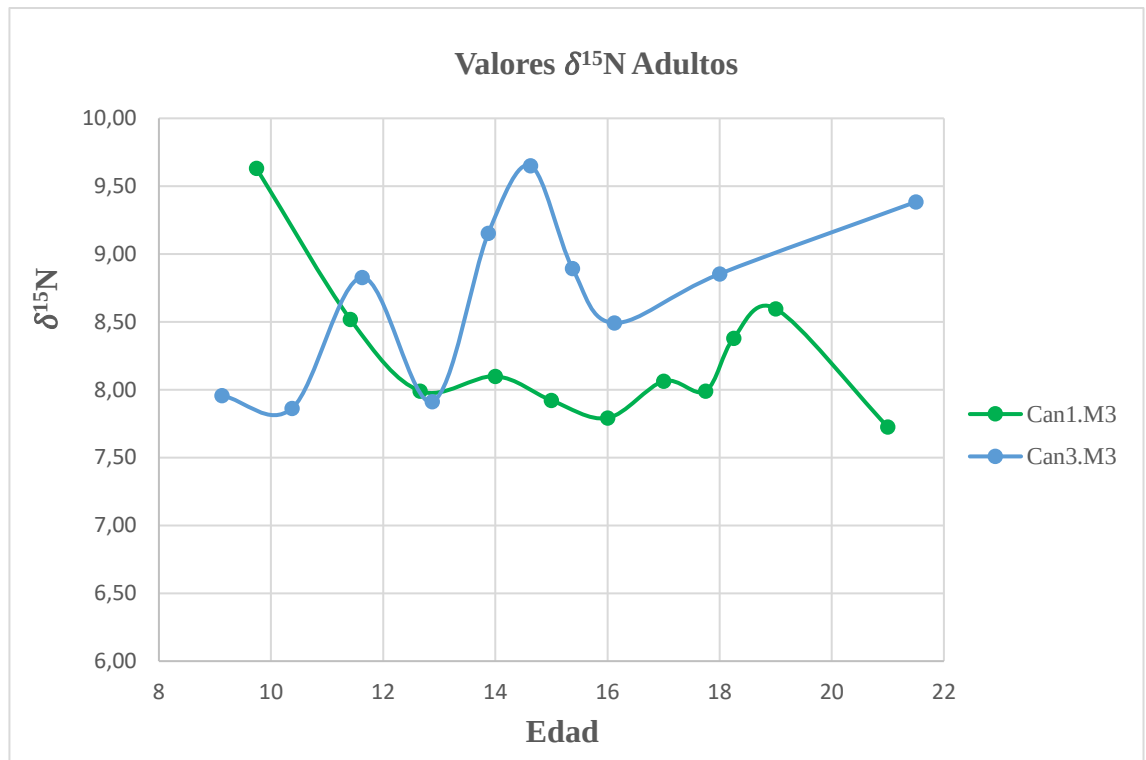


Figura 74: perfiles de las secuencias de dentina de periodo mesolítico que representa los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos adultos.

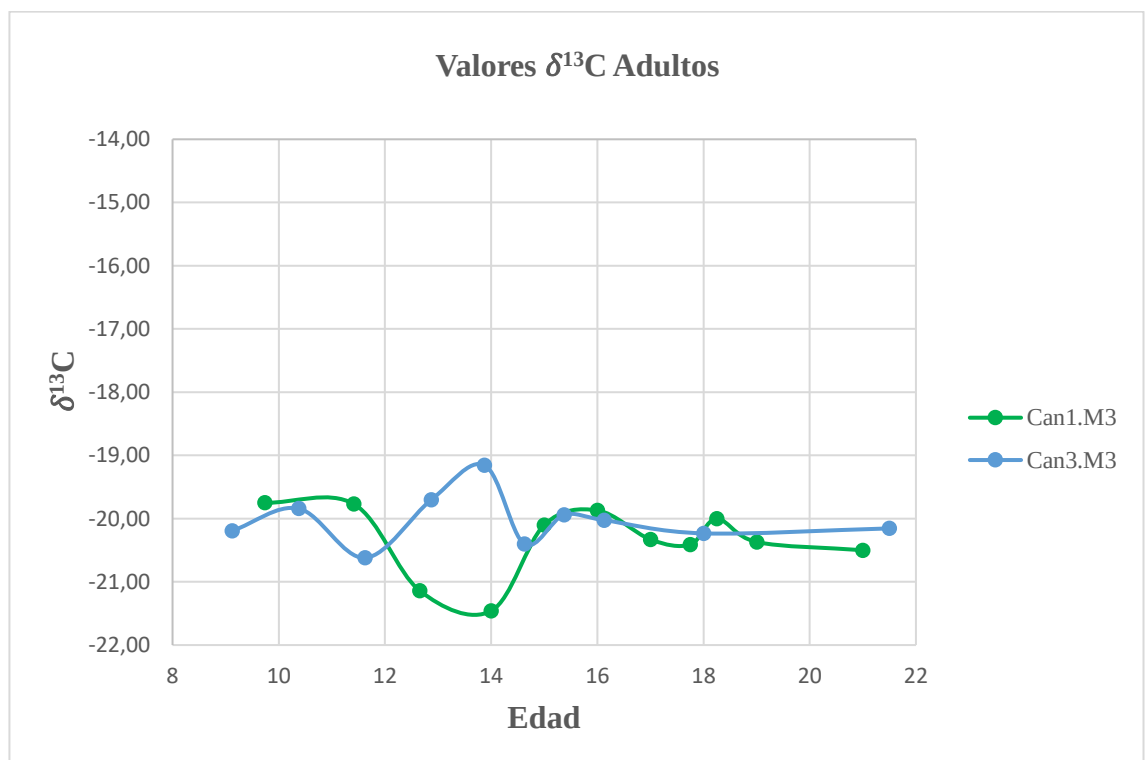


Figura 75: perfiles de las secuencias de dentina de periodo mesolítico que representa los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos adultos.

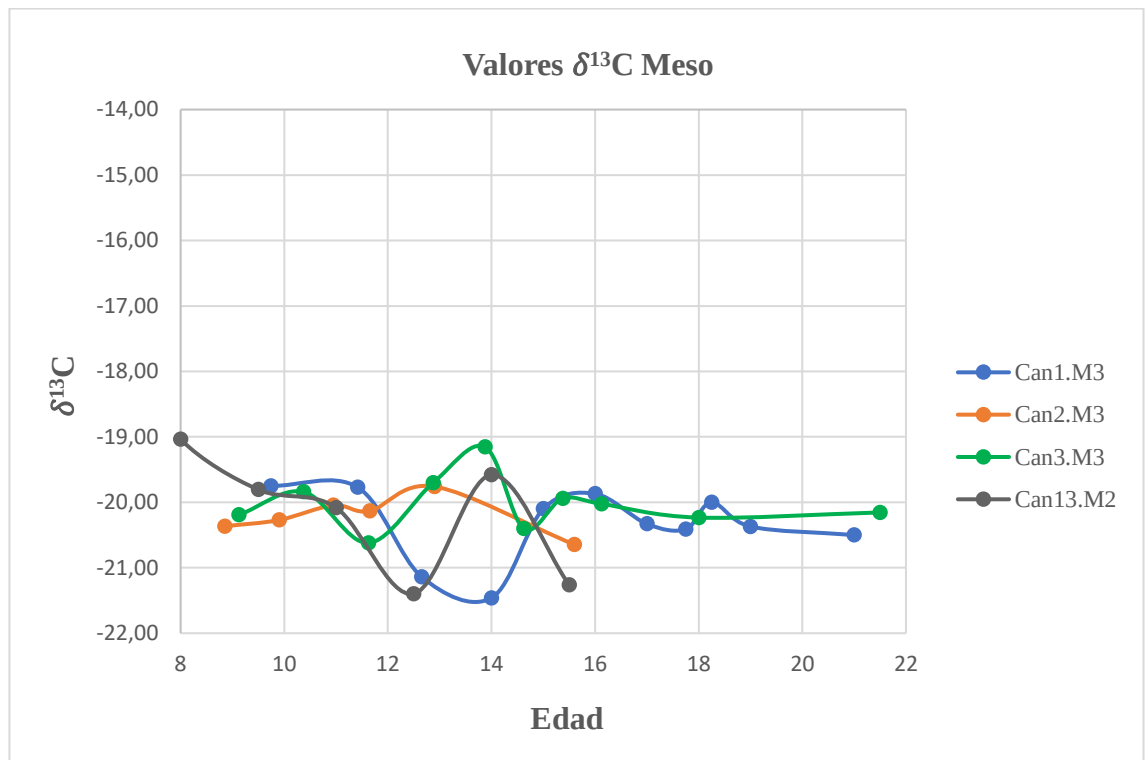


Figura 76: perfiles de las secuencias de dentina de donde se muestran las variaciones entre los 11 y los 14 años que ocurren en los 3 individuos que completaron el diente, y que no aparece en el individuo que murió antes (Can2.M3).

9.1.1 Análisis de los patrones de lactancia y destete.

En las figuras 77 y 78 se pueden observar los perfiles isotópicos de los dientes mesolíticos que reflejan dicho proceso. Para estudiarlo, como se mencionó anteriormente, los estudios se han centrado más en la variación en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ ya que en este cambio de alimentación, de lactante a dieta dura, se produce un descenso en los valores de este isótopo, comparable a un cambio en el nivel trófico del individuo. Recientes estudios (Beaumont *et al* 2018) han propuesto cambiar el enfoque y fijarse más en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ debido a la sensibilidad que muestra el otro isótopo ante periodos de estrés. Estos mismos estudios sugieren además que el comienzo del proceso de destete quedaría registrado antes en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ con cambios más sutiles, que en los de $\delta^{15}\text{N}$. En este apartado, sin embargo, va a realizarse una discusión de los resultados obtenidos en base a ambos isótopos.

La gráfica 77 muestra las variaciones de $\delta^{15}\text{N}$ que sucedieron durante los primeros años de vida de los individuos. Por una parte, se pueden agrupar a los individuos mesolíticos, y por otro al individuo magdalenense. En los cuatro primeros, se produce un descenso en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ compatibles con el proceso de destete. Los valores más jóvenes (0,92 y 1,77 años) pertenecen al individuo Can9.I2, y dicha secuencia comienza ya descendiendo, lo que indica que este proceso comenzó o justo antes del primer año, o bien con anterioridad. En este individuo se produce una meseta entre los 2,62 años y los 3,82 para después continuar el descenso hasta la edad de 6 años. Se estima que una variación en los valores de este isótopo de entre el 3-5‰ supondría ya un cambio en el nivel trófico del individuo. En este caso, esos valores se alcanzarían al comienzo de dicha meseta, a los 2,62 años, donde la diferencia de valores entre el primer punto de la secuencia y este, el tercero es de 4,66‰, suficiente para considerar este momento como el fin del proceso de destete. Sin embargo, los valores continúan bajando hasta los 6 años de edad, donde se añade otro 3,3‰ de diferencia, siendo la diferencia total entre el primer punto y este último de descenso de 7,96‰, lo cual supondría dos niveles tróficos por debajo. Así que o bien el proceso de destete concluyó a los 2,62 años, o este se alargó hasta los 6 años, en cuyo caso y observando como los valores continúan el descenso sería una lactancia ocasional, como complemento alimenticio, mientras el individuo ya estaba consumiendo otros recursos.

El resto de los individuos mesolíticos tampoco son fáciles de analizar ya que en estos casos la secuencia comienza más tarde, a partir de los 2 e incluso los 4 años. Así, en la secuencia de Can3.Ca se observa un descenso de los valores del 1,13‰ a los 4,5 años, para después aumentar los valores. Así para este individuo parece ser que el destete acabó a la edad ya mencionada, teniendo en cuenta la falta de muestras de menor edad. En el caso del individuo Can13.M2, los valores disminuyen del primer (2,78 años) al tercer punto (4,76 años) de la secuencia, con una diferencia de 4,56‰, suficientes para que suponga ese cambio en el nivel trófico de los lactantes y situar a los 4,76 años el fin de dicho proceso. Más complicado es el individuo Can8.P2 debido a lo tarde que comienza la secuencia, que muestra además una tendencia a disminuir los valores a pesar del pequeño repunte a finales del 4º año de vida. Este es tan pequeño que no supondría ni un cambio significativo en la dieta ni un periodo de estrés en la vida del individuo.

Finalmente, el individuo magdalenense, muestra lo contrario a los individuos mesolíticos: un aumento en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ a una edad bastante temprana, a los 3,5

años. Esto indica que al menos desde ese punto de la secuencia el individuo empezó a consumir recursos marinos de manera continua hasta los 8 años, donde estos comienzan a bajar. La falta de datos antes de los 3,5 años nos impide conocer si la introducción de este tipo de dieta se produjo después de finalizar el proceso de destete, o si bien los alimentos complementarios que se introdujeron en el mismo estaban basados en recursos marinos. Esta segunda opción supondría además que las poblaciones de este periodo sabían cómo introducir diferentes tipos de alimentos a los lactantes de manera exitosa, ya que el individuo sobrevivió al menos hasta el final del desarrollo de ese diente, aunque hay que tomar en consideración que se trata del único individuo magdalenense de la muestra.

Respecto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se aprecian cambios similares, aunque, como se ha mencionado unos párrafos antes, la variación es menor y además se produce con anterioridad al isótopo $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 78). Comenzando con el individuo Can9.I2 (los valores más jóvenes de esta submuestra), se observa un descenso entre el primer y el segundo punto de -1,59‰ tras lo cual vuelven a aumentar los valores de $\delta^{13}\text{C}$. Esto supondría que, en este segundo punto, a los 1,77 años, estaría ya completo el proceso de destete. Este mismo descenso entre el primer y segundo punto se puede observar también en los individuos Can13.M2 y Can8.P2. En el primero, entre los 2,78 y los 3,82 con una diferencia de -2,16‰, acabando dicho proceso a los 3,82 años. En el segundo, entre casi los 4 años y los 4,55, con una variación de -1,42‰, señalando el fin del destete a los 4,55 años.

La secuencia perteneciente a Can3.Ca es claramente diferente al resto, ya que no se observa ningún cambio en los valores de $\delta^{13}\text{C}$, que se mantiene estable a lo largo de la misma, haciendo ilocalizable el fin del proceso que nos interesa. El individuo magdalenense (Can12.C) vuelve a mostrar un aumento en los valores de este isótopo, como ocurrió con el anterior. En este caso mostrando el cambio de unos valores de plantas C_3 a otros valores más positivos, en consonancia con el consumo de recursos marinos ya mencionados. De nuevo, en este individuo, no es posible asegurar si el consumo de estos alimentos fue posterior al fin del proceso de destete o estos fueron los alimentos complementarios introducidos en el cambio de dieta del lactante.

En la tabla 42, se resumen las diferentes edades a las que acabaría el proceso de destete para los individuos mesolíticos según ambos isótopos. El individuo

magdaleniense ha sido excluido de la misma debido a las dificultades en su interpretación por la falta de datos de una edad inferior, al igual que la edad de comienzo del proceso, que en estos casos no ha podido ser identificada. En dicha tabla, para los dos individuos con información para ambos isótopos puede observarse como los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se adelantan casi un año antes a los valores de $\delta^{15}\text{N}$, que estarían registrando esos cambios con más retraso. La edad de destete según los valores de $\delta^{15}\text{N}$ del individuo Can8.P2 no aparece debido a la tendencia a disminuir que muestran y a la falta de información de años anteriores. En el caso de Can3.Ca, dicha edad no se muestra debido a la nula variación de la secuencia, que no permite localizar la edad de fin del proceso.

Individuo	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
Can3.Ca	4,5	-
Can8.P2	-	4,55
Can9.I2	2,62	1,77
Can13.M2	4,76	3,82

Tabla 42: resumen de edad de comienzo y fin del proceso de destete según ambos isótopos.

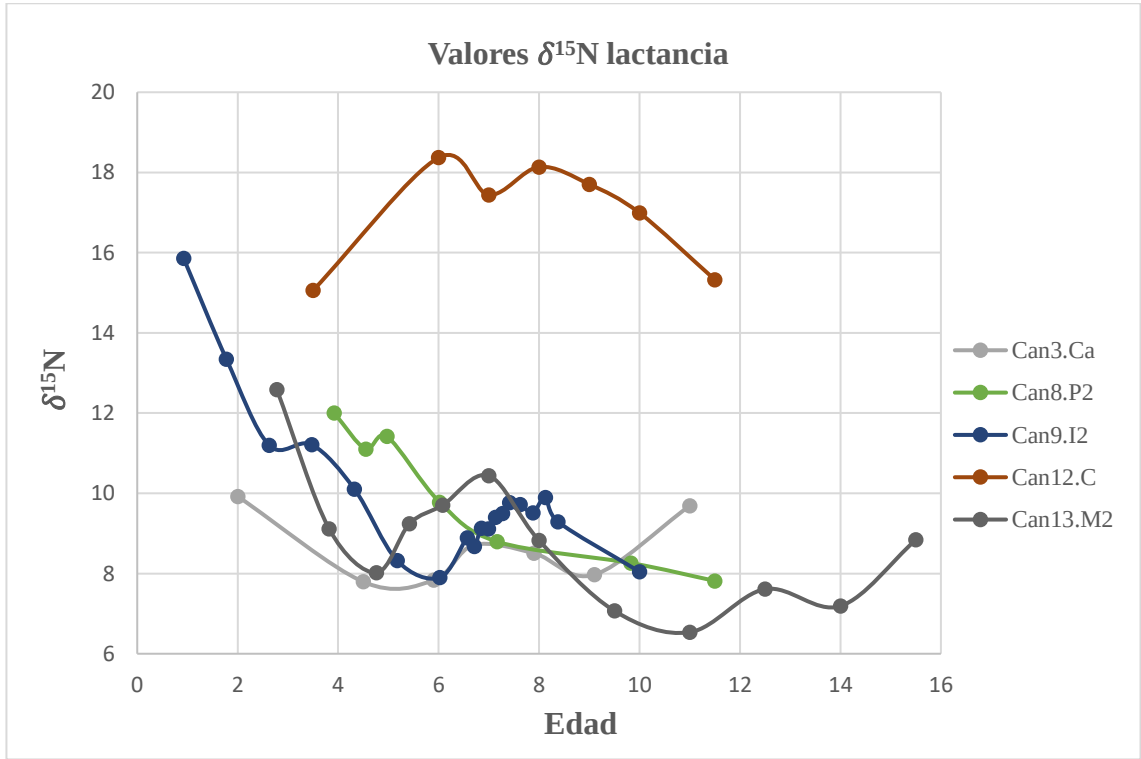


Figura 77: gráfica con los perfiles de $\delta^{15}\text{N}$ que proporcionan información sobre el proceso de destete.

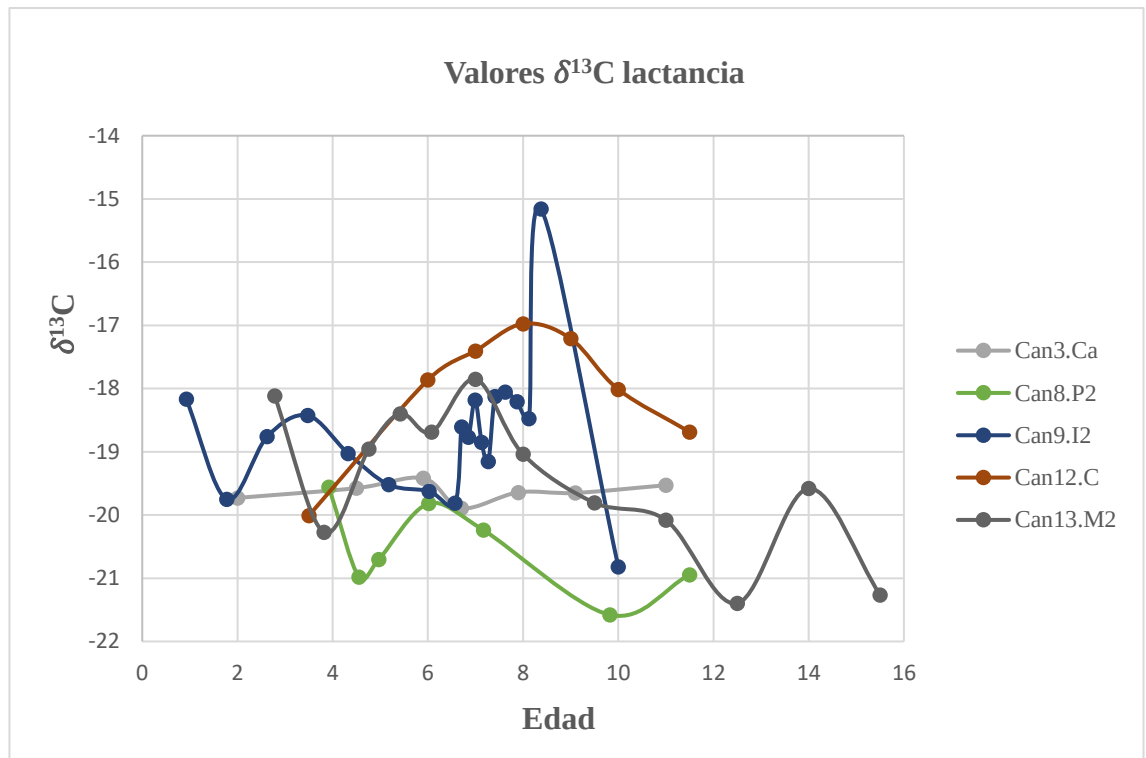


Figura 78: gráfica con los perfiles de $\delta^{13}\text{C}$ que proporcionan información sobre el proceso de destete.

9.1.2 Supervivientes vs muertos.

Diversos autores han comparado las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ entre aquellos individuos que completaron el desarrollo del diente, es decir, aquellos con una mayor posibilidad de haber llegado a edad adulta, con los individuos cuyos dientes no se acabaron de desarrollar y, como tal, murieron o bien durante la infancia o algo más adelante, pero que de seguro no alcanzaron la edad adulta, con lo cual estos dientes sin terminar de crecer, podrían dar información sobre la salud del individuo en un periodo inmediatamente antes de su muerte. En este apartado se ha realizado la misma comparación entre los individuos del periodo Mesolítico. Las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ para aquellos individuos que sobrevivieron pueden observarse en las figuras 79 y 80, mientras que las secuencias de aquellos que murieron antes del final del desarrollo del diente aparecen representadas en las figuras 81 y 82. Finalmente, las figuras 83 y 84 muestran la comparación entre ambas categorías, cada una en un color.

En la figura 79, aquella donde se pueden observar las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de aquellos individuos que sí completaron el desarrollo del diente, se puede apreciar una

tendencia, mediada por el proceso de lactancia y destete, por la cual se produce una disminución durante los primeros años de vida, hasta una cierta estabilidad de los valores entre 8 y 10‰. Por su parte, la figura 80 muestra las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de estos mismos individuos. Se aprecia como los valores disminuyen a lo largo de los años, probablemente debido al paso de la lactancia a la alimentación, no adulta, pero sí más parecida a la que llevaba el resto del grupo.

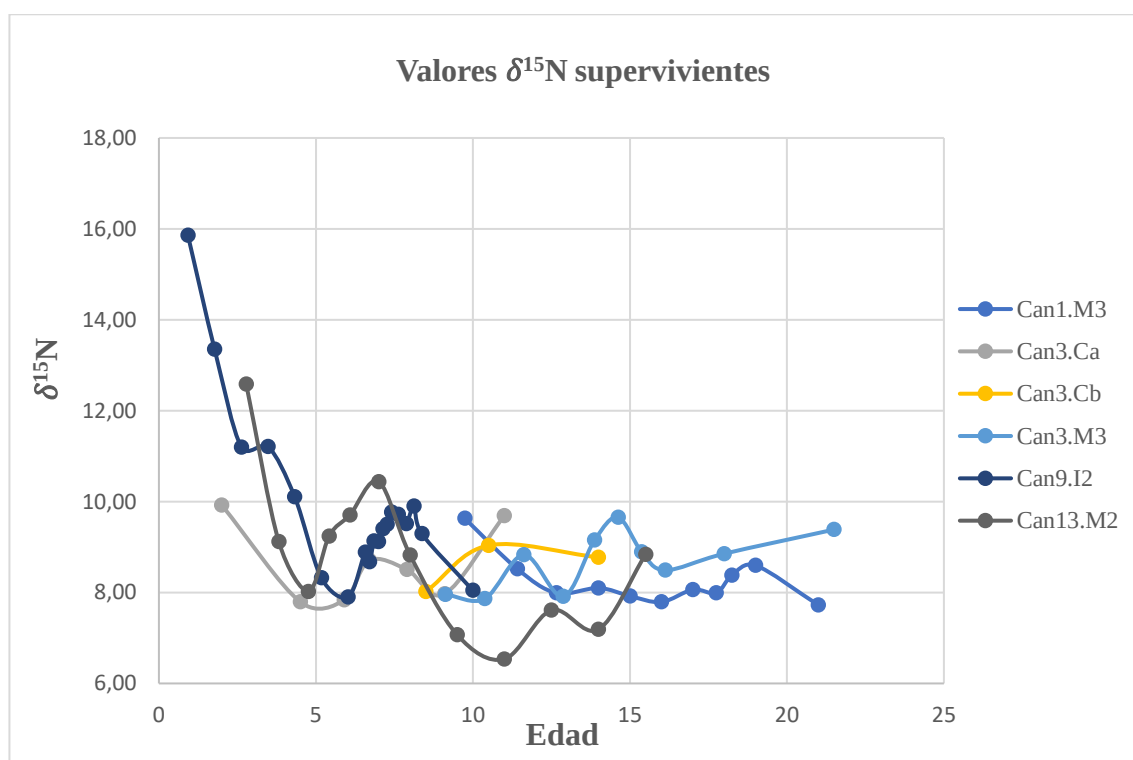


Figura 79: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de aquellos individuos donde el diente completó el desarrollo y como tal tienen más posibilidades de haber llegado a edad adulta.

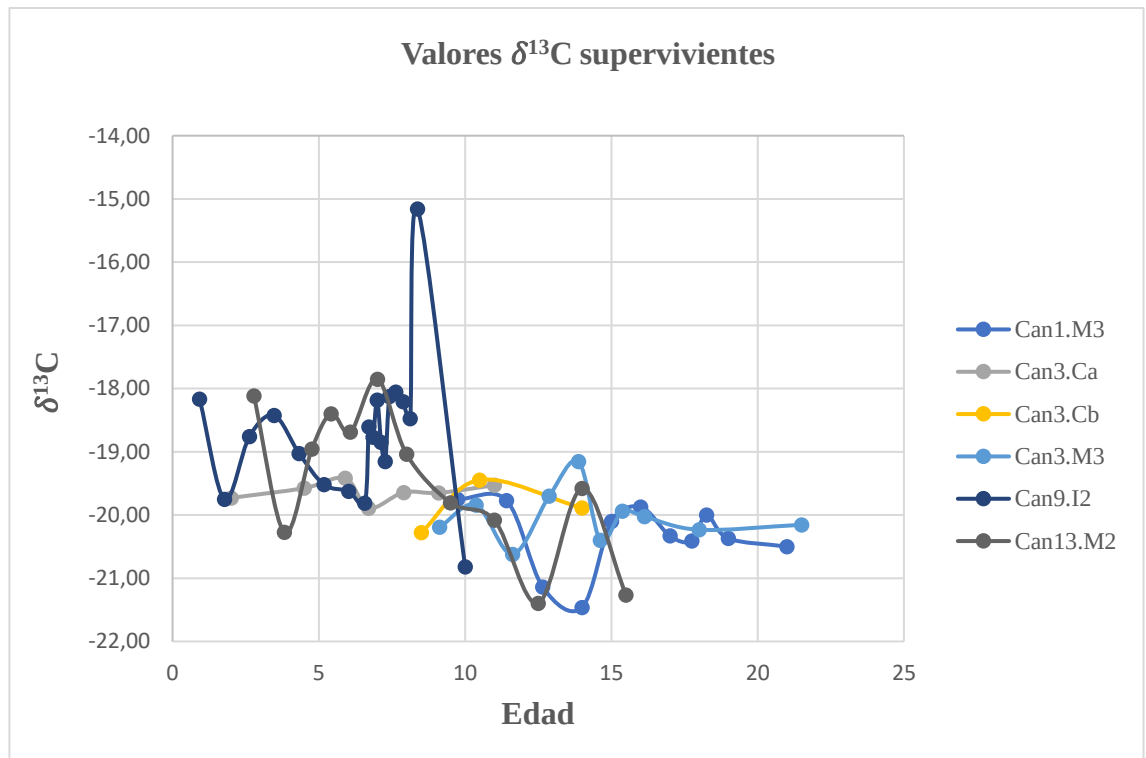


Figura 80: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de aquellos individuos donde el diente completó el desarrollo y como tal tienen más posibilidades de haber llegado a edad adulta.

En las figuras 81 y 82 aparecen, respectivamente, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de aquellos individuos donde el diente no se acabó de completar, muriendo así de seguro a una edad joven. Las secuencias de ambos isótopos no parecen seguir ninguna tendencia, si bien hay que considerar que son solamente dos individuos los que aparecen en dicho grupo, y no son suficientes como para realizar ninguna extrapolación.

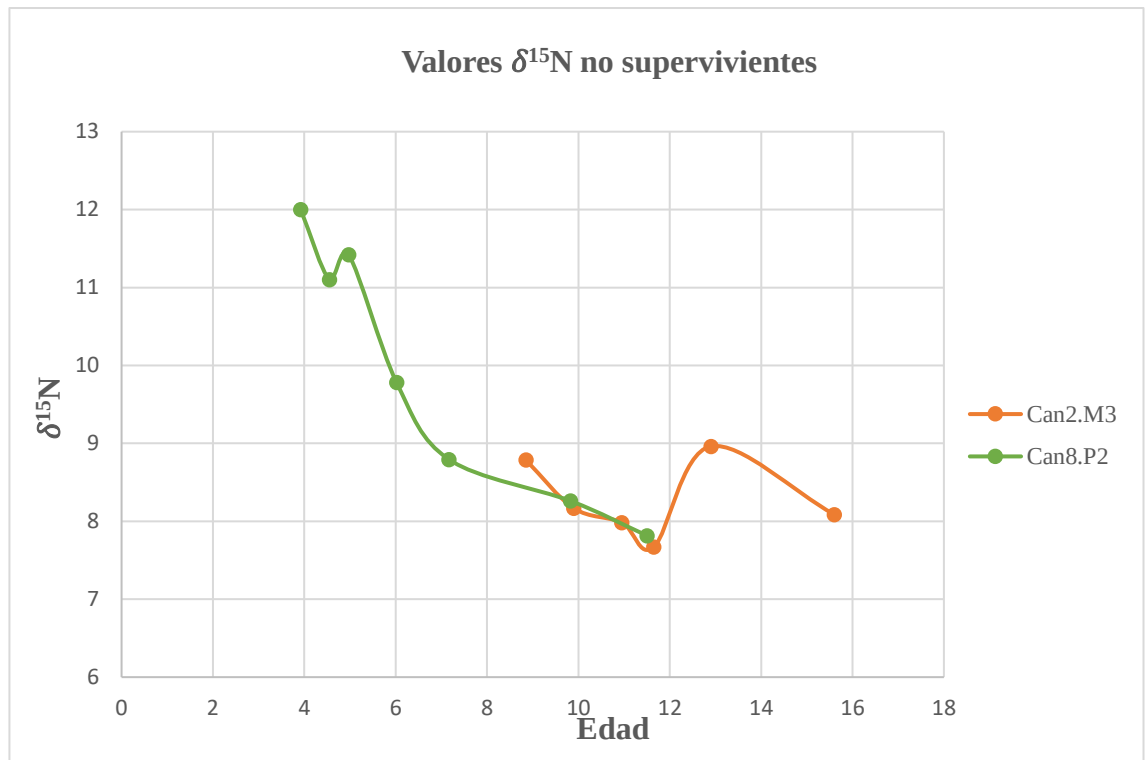


Figura 81: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de aquellos individuos que no alcanzaron la edad adulta, muriendo antes, ya que el desarrollo de los dientes estudiados no se completó.

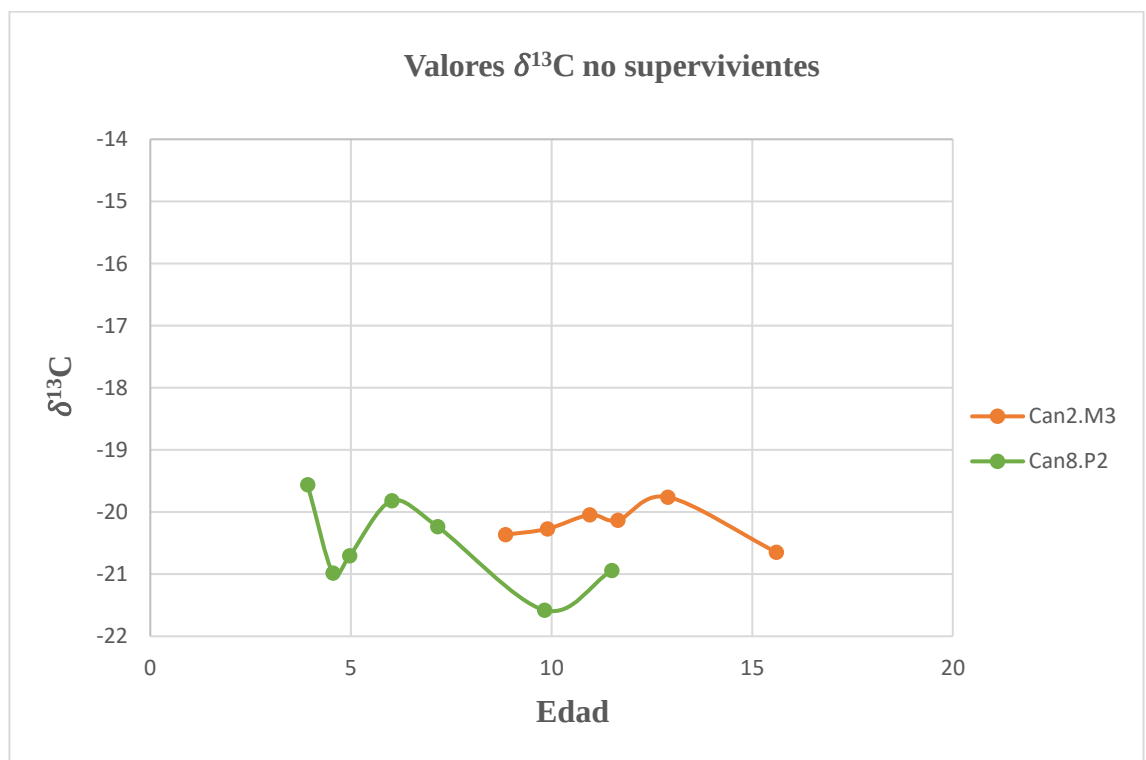


Figura 82: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de aquellos individuos que no alcanzaron la edad adulta, muriendo antes, ya que el desarrollo de los dientes estudiados no se completó.

Ahora bien, considerando ambas categorías al mismo tiempo, como ocurre en las figuras 83 y 84, se puede observar cómo no aparecen diferencias entre los dos grupos. En el caso de las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$, los valores de los individuos que no alcanzaron la edad adulta se encuentran dentro de la media para las demás secuencias, no representando mínimos ni máximos. En el caso del $\delta^{13}\text{C}$, pareciera que los valores de los individuos que no sobrevivieron se encuentran entre los valores más bajos de la serie de secuencias, especialmente en el caso de Can8.P2. En situaciones de estrés, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ disminuyen. Sin embargo, esto se ve acompañado por un aumento en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ debido al reciclaje de las proteínas. Esta situación no ocurre para este individuo, lo cual parece indicar que ni en este caso, ni en el del otro individuo que murió a una edad más joven, un estrés continuado en el tiempo estuviese detrás de la causa de muerte.

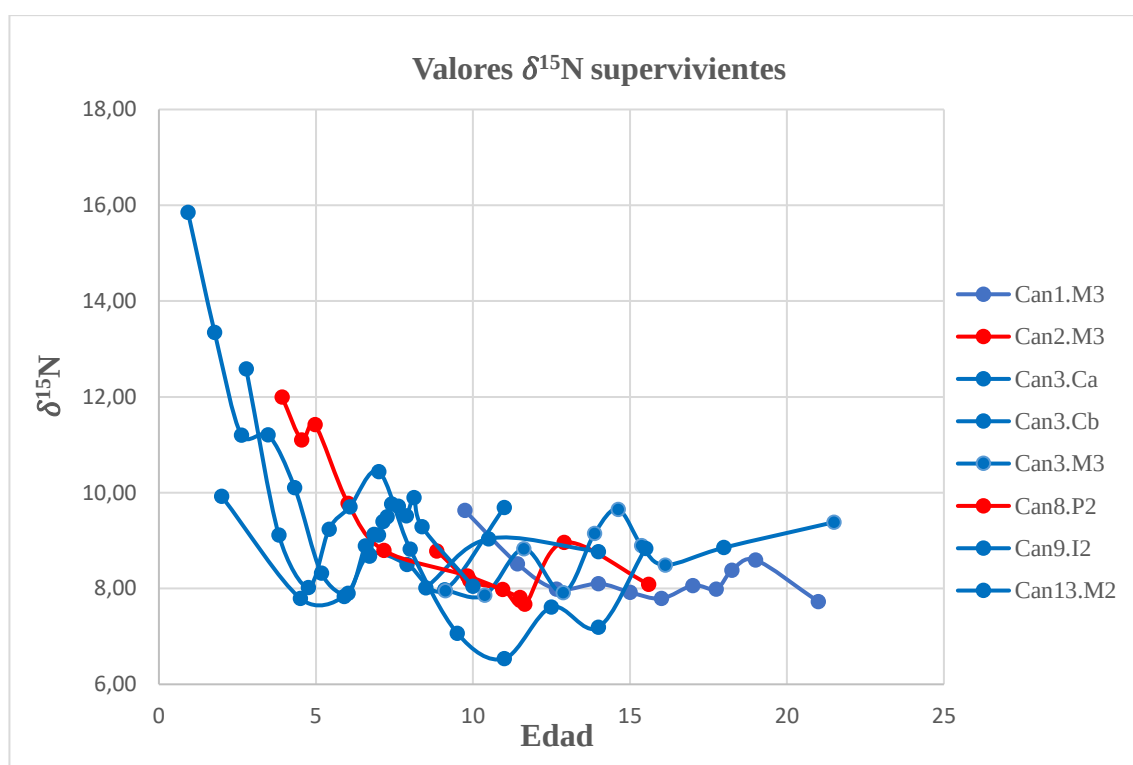


Figura 83: comparación de secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ entre aquellos individuos en los que el diente está completo (azul), y aquellos en los que el diente no finalizó dicho desarrollo (rojo).

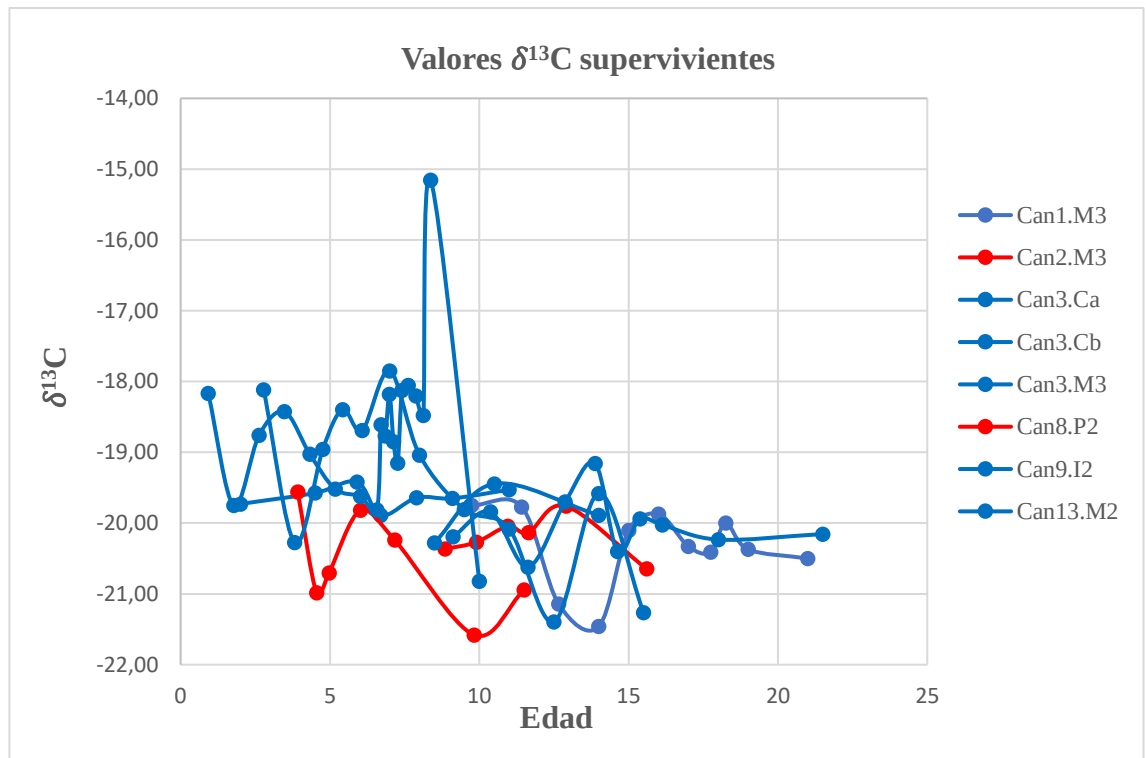


Figura 84: comparación de secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ entre aquellos individuos en los que el diente está completo (azul), y aquellos en los que el diente no finalizó dicho desarrollo (rojo).

9.1.3 El individuo 3.

El individuo 3, el adulto maduro encontrado en la estructura 6-III, es el único del cual se han estudiado dos dientes con total seguridad. Se estudiaron un canino y un tercer molar, cuyas secuencias con los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ pueden observarse en las figuras 85 y 86.

En el caso de las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ (figura 85) puede observarse un patrón repetido en el que los valores de este isótopo son idénticos, o bien existe una diferencia mínima entre ellos, solamente variando la edad a la que dicho punto se sitúa. Estas diferencias de edad están relacionadas con el propio desarrollo dental y la edad de formación de cada diente que, en este caso, se solapa durante algunos años. Según el atlas dental de Alqahtani (2010), el canino se forma entre los 7,5 meses y hasta los 12,5 años, mientras que el tercer molar se desarrolla desde los 8,5 años y finaliza el crecimiento de la raíz a los 19,5, si bien esta acaba de cerrarse a los 23,5.



Figura 85: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ del canino y del tercer molar del individuo Can3.

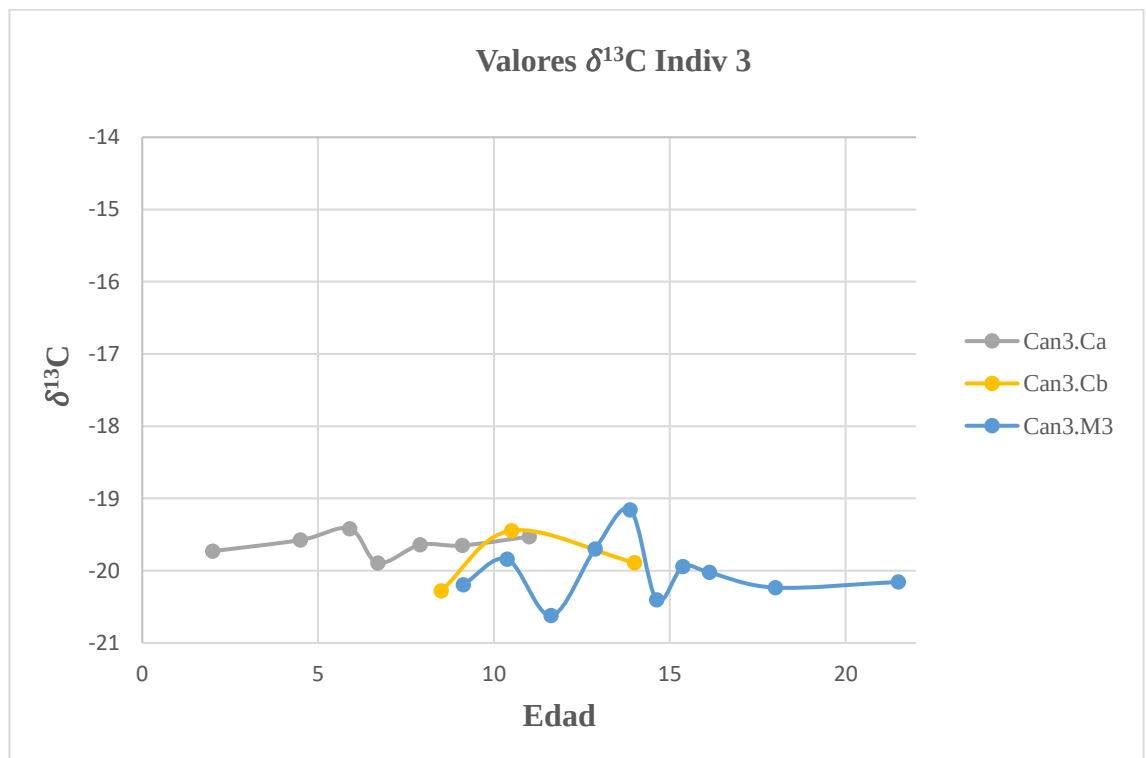


Figura 86: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ del canino y del tercer molar del individuo Can3.

Como puede observarse, existe un solapamiento de 4 años en el desarrollo de ambos dientes, entre los 8,5 años que comienza el tercer molar y hasta los 12,5 años que se completa el canino. Ahora bien, estas edades están representando la media a la que dicho diente se desarrolla, pues existe una variabilidad en el desarrollo de cada individuo que puede adelantar o retrasar estas fechas. En el caso del canino, los datos disponibles no adelantan el comienzo de su desarrollo, pero sí atrasan el final del mismo hasta los 13,5 años. Por su parte, el tercer molar puede comenzar a crecer a los 7,5 años y que el crecimiento de la raíz finalice a los 21,5, con el cierre de la misma a los 23,5 años. Así, en individuos en quienes el crecimiento va más retardado se podría, idealmente, producir unos 6 años de solapamiento entre ambos dientes.

Basándose en esta variabilidad, se ha realizado un ajuste de la edad para que ambas secuencias encajen, como puede observarse en las figuras 87 y 88. Este ajuste se llevó a cabo atrasando la edad de desarrollo del canino y adelantando la del tercer molar, ya que no es posible saber cuál de los dos varió su ritmo, o si lo hicieron los dos. Por estas razones se ha intentado ser lo más conservador posible y realizar una media entre ambos dientes. Para ello se ha calculado la media entre pares de puntos allí donde se producía una inflexión de las secuencias, en este caso en la gráfica 87 estos 3 puntos se sitúan a los 9,16 años, a los 11 y a los 12,815 años. El resto de los puntos entonces se ha calculado en base a la diferencia de edad existente entre una muestra y la siguiente en la secuencia original. Esa diferencia entre un punto y otro se ha restado o sumado, dependiendo de si el siguiente valor tenía que ser menor o mayor, para ser lo más fiel posible a la secuencia original, pero ajustándola al desarrollo entre ambos dientes. Para la secuencia Can3.Cb se ajustó el primer valor con el punto de inflexión más cercano, y se sumaron las diferencias existentes entre muestras en la secuencia original para ajustarla con el resto.

Como puede observarse en la gráfica 87, relativa a las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$, estas se ajustan a la perfección, especialmente en el caso de la secuencia larga del canino (Can3.Ca) y la del tercer molar. La secuencia Can3.Cb muestra valores muy semejantes una vez ajustada, aunque al estar formada solamente por 3 puntos, este ajuste es menos exacto comparado con las anteriores secuencias. Con esta última secuencia no se ha realizado ningún segundo ajuste, ya que se podría caer en el riesgo de estar manipulando los datos para que estos se ajustasen a cierta narrativa.

En el caso de los valores de las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 88), el resultado del ajuste no es el esperado, debido a las diferencias de valores de $\delta^{13}\text{C}$, diferentes ya en la secuencia original. Aun así, se usaron los nuevos valores de edad obtenidos en el ajuste de las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$, donde puede observarse poca covariación en la secuencia a del canino y del tercer molar desde antes de los 7 años y hasta los 9. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían más para una misma edad que los valores de $\delta^{15}\text{N}$, posiblemente debido a motivos metabólicos.

Estos reajustes de edad para hacer coincidir dos secuencias de dientes que se desarrollan en edades parecidas ya han sido explorados por distintos autores (Scharlotta *et al* 2018b), sin embargo, los ajustes realizados se basaban en adelantar o atrasar dicho desarrollo unos meses, no como en este individuo en el que el ajuste ha llegado a suponer en algún caso atrasar casi dos años el crecimiento del canino, y al mismo tiempo, atrasar ese mismo tiempo el crecimiento del tercer molar. No obstante, estos ajustes son necesarios para comprender el significado de las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en relación con posibles cambios acontecidos con la edad. Además, la comparación de secuencias puede usarse para identificar si varios dientes de la muestra, especialmente una compuesta por dientes aislados, pertenecieron o no al mismo individuo, como se verá posteriormente.

Este reajuste arroja también luz acerca de los patrones de crecimiento dental y la variabilidad existente en los mismos, especialmente a la hora de aplicar los diferentes atlas de desarrollo dental con los cuales, generalmente, se usa la media de edad para un hecho específico, como el desarrollo completo de las cúspides dentales, el fin del crecimiento de la corona dental, o incluso el cierre de la raíz. Gracias al ejemplo proporcionado por el individuo Can3, se puede observar que esta variabilidad debe ser tomada en cuenta incluso en cualquier trabajo antropológico, incluida la estimación de la edad de muerte de un individuo.



Figura 87: secuencias corregidas de $\delta^{15}\text{N}$ del canino y del tercer molar del individuo Can3.

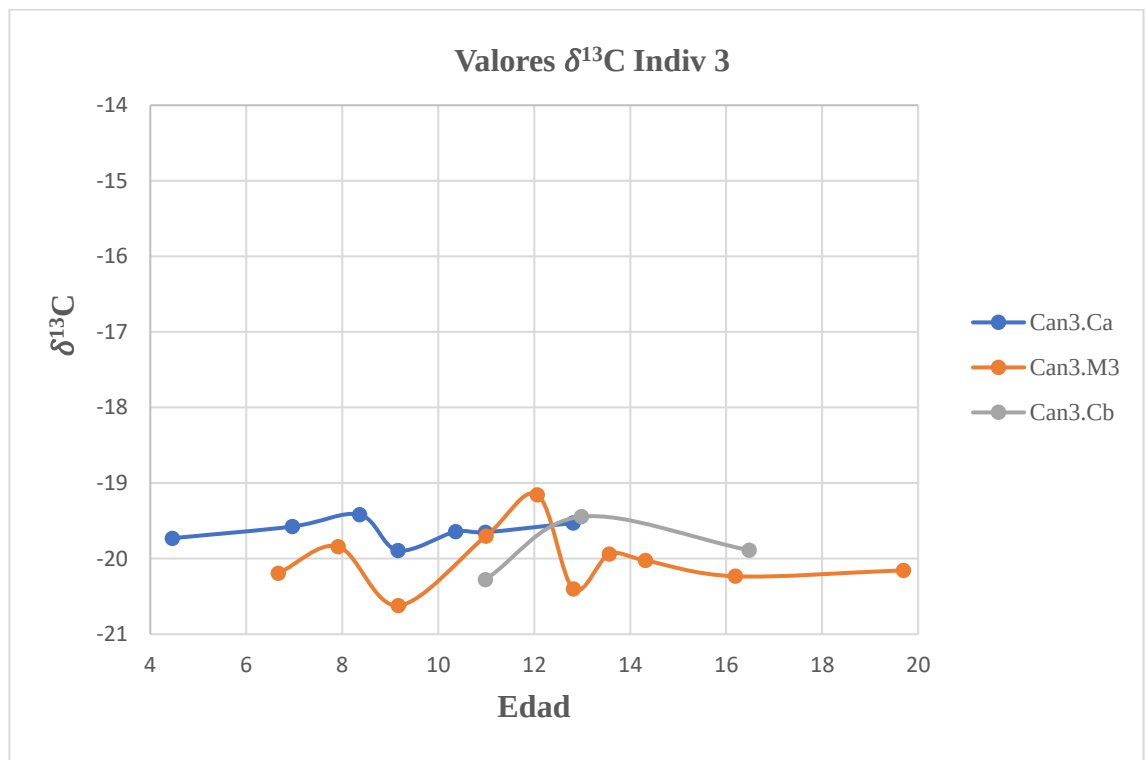


Figura 88: secuencias corregidas de $\delta^{13}\text{C}$ del canino y del tercer molar del individuo Can3.

Como resumen de este apartado sobre la dieta de los grupos de cazadores-recolectores que habitaron la cueva de los Canes durante el Magdaleniense (aunque solo exista evidencia de un solo diente) y el Mesolítico, esta puede definirse como una alimentación basada en plantas terrestres de origen C_3 , y con diferentes aportes de proteínas, posiblemente debido a la disponibilidad de este tipo de recursos más que a una posible estratificación social. Se observa además cómo durante el Mesolítico, con excepción de una muestra de dentina del individuo Can9.I1, apenas se consumen recursos marinos como para que estos sean registrados isotópicamente en los tejidos. Esto entra un poco en contradicho con la evidencia arqueológica del yacimiento, ya que aparecen restos ictiológicos en la fauna de la cueva, y objetos relacionados con este tipo de alimentación como pueden ser los arpones. Una posible explicación sería que la capacidad de consumir recursos marinos esté posiblemente relacionada con una territorialización del espacio, que otros autores (Arias 1999) han asumido que se hicieron más fuertes durante este periodo, con unos grupos costeros desarrollando la cultura Asturiense y, de cierta manera, impidiendo el acceso a los grupos del interior hacia esas zonas de captación.

Recordando las evidencias de estudios anteriores realizadas en el capítulo 5 del presente trabajo, se observa la diferencia que suponen el conjunto de los 3 yacimientos formado por Los Canes, La Braña-Arintero y Santimamiñe en los que no se encuentra evidencia isotópica durante el Mesolítico de consumo de recursos marinos. Solamente se encuentra este tipo de consumo en Los Canes para el individuo magdaleniense, mucho anterior al resto. El resto de los yacimientos mesolíticos analizados por otros investigadores muestran consumo de recursos marinos por al menos una parte de la población, si no toda. Si bien es cierto que estos sitios están situados en la costa o muy cerca del litoral, el caso es similar para el yacimiento de Los Canes, ya que esta cueva se sitúa relativamente cerca del mar, pudiendo realizarse el camino en el mismo día.

Ampliando el análisis al conjunto europeo, durante el Mesolítico se observan diferencias en las medias de los valores de $\delta^{13}C$ entre las poblaciones costeras y las del interior, si bien no se aprecia cambio significativo en los valores de $\delta^{15}N$ entre ambas (Schulting 2018). Durante el Neolítico europeo, si bien con ciertas excepciones debido a ecosistemas muy particulares, las medias de ambos isótopos son muy similares, indicando así un cambio en la dieta con la introducción de la agricultura y la ganadería (Schulting 2018).

La explicación más probable es que desde el Magdaleniense y hasta el Mesolítico se produjera en la zona una mayor territorialización del espacio, en la que grupos costeros podrían haber impedido el acceso a este tipo de recursos marinos a otros grupos procedentes del interior, como puede haber pasado también en los otros dos yacimientos que no muestran consumo de alimentos marinos, especialmente Santimamiñe. Este impedimento podría indicar el valor que tenían los alimentos marinos para los grupos mesolíticos, a juzgar con la cantidad y tamaño de los concheros. Además se trata de recursos que son bastante eficientes debido a la poca inversión energética que hay que realizar para su recolección y posterior consumo. Por ejemplo, el consumo de moluscos marinos es una actividad que pueden llevar a cabo casi todos los miembros del grupo de una forma sencilla con las herramientas adecuadas, y que a juzgar por los valores isotópicos y los concheros encontrados pertenecientes a este periodo, jugaron un papel importante en la dieta de estas poblaciones.

Estos datos sirven también para desmentir cierta “romantización” del pasado y de las sociedades cazadoras-agricultoras que se producen actualmente. Lejos de ser estilos de vida y paisajes idílicos, en la muestra procedente de este periodo es posible observar periodos de estrés en tres de los siete dientes analizados, dos del mismo individuo. El largo proceso de destete que también se observa en este momento es muy posible que se deba a una estrategia de subsistencia para los individuos infantiles de la población ante una incertidumbre alimentaria, ya que estos grupos dependían totalmente del medio ambiente para obtener los recursos necesarios para su supervivencia.

Dentro de este contexto de incertidumbre alimentaria es más posible entender la “defensa” de los recursos marinos por parte de los grupos que habitaban más cerca del litoral, ya que si éstos suponían la base de su subsistencia, no podían arriesgarse a quedarse sin ellos.

La vida tanto en el Magdaleniense como en el Mesolítico no era fácil, y desde la Academia se debería ofrecer resistencia a los argumentos de ciertos grupos de “nostálgicos”, como los antivacunas, por poner un ejemplo, armados con teorías pseudocientíficas y argumentos sin base alguna como que “en la Prehistoria no existía el cáncer”.

Siguiendo con el estudio de los individuos, y a pesar de no existir grandes diferencias entre los individuos mesolíticos analizados, hubiese sido interesante contar

con la estimación del sexo de los mismos. Esto hubiese sido posible a nivel genético, ya que la muestra no ha sido lo suficientemente grande como para aplicar estudios odontométricos. De esta manera, habría sido posible conocer si existió durante el Mesolítico un acceso diferencial a los recursos, o si bien había un acceso preferencial por algunos miembros del grupo, teniendo en cuenta siempre el bajo tamaño muestral.

De todos modos, es aconsejable tomar estos estudios con cautela ya que un individuo de sexo masculino en su concepto más clásico, es decir, cromosómicamente XY, no es equiparable con el concepto de “hombre”. Sexo y género son dos conceptos distintos que muchas veces se entrelazan y que forman todo un desafío interpretativo a la hora de estudiar el pasado (Higuero 2015). Estos postulados, más enmarcados dentro de la Arqueología Feminista (o de Género) y la Arqueología *Queer* (o Cuir, o de la Sexualidad), aportan una epistemología muy interesante que, sin embargo, no es posible aplicar adecuadamente al presente trabajo.

Finalmente, hay que considerar la importancia del individuo Can12.C, procedente del Magdalenense, en el contexto de los estudios de paleodieta, ya que es una de las secuencias más antiguas obtenidas por el momento, aportando además información sobre la dieta de este individuo durante unos años, incluyendo potencialmente información sobre el proceso de destete y los alimentos complementarios incluidos en el mismo, que resultaron no ser los esperados, mostrando así la plasticidad de dicha población a la hora de criar y alimentar a su prole.

A continuación, en el siguiente apartado, se van a discutir los mismos puntos, y a realizar las mismas pruebas estadísticas como la regresión lineal con la muestra perteneciente a la Edad del Bronce para, finalmente, realizar una comparación entre ambos periodos.

9.2. La dieta durante la Edad del Bronce.

A la hora de analizar este apartado, en algunos momentos se dividirá la muestra entre aquellos individuos pertenecientes al Bronce Final, y los dos individuos del Bronce Medio (Can10.I2 y Can11.M3). Esto se debe a que en el tiempo que transcurre entre ambos periodos, se produjo entre los grupos humanos que habitaron la región un mayor aumento de la complejidad y de la estratificación social, lo cual potencialmente pudo tener un impacto posterior en el acceso a cierto tipos de recursos, como pudieron ser los alimentos con alto contenido proteico como la carne y los productos animales secundarios. Además, se podrá observar como la introducción en la región cantábrica de nuevos tipos de cultivos, en este caso plantas C_4 , que tuvieron lugar en el transcurso de este periodo, fueron incorporados a la dieta en combinación con otros cultivos ya presentes en la región con anterioridad.

En las figuras 89 y 90, se puede observar las secuencias de $\delta^{15}N$ y de $\delta^{13}C$ de los individuos cuya datación los situó a lo largo de la Edad del Bronce. En ambos casos, los valores de las secuencias parecen mostrar más variabilidad que las secuencias del periodo Mesolítico. En la gráfica de las secuencias de $\delta^{15}N$ (Figura 89), la mayoría de los datos se sitúa entre 9 y 11‰. Por encima de este rango solamente se encuentran una sección de dentina procedente del individuo Can4.C, y dos secciones del individuo Can17.I2, siendo estos dos últimos además los valores más altos de la serie (13,48‰ y 12,38‰). Los valores de $\delta^{15}N$ en el caso del individuo Can17.I2 evidencian un mayor consumo proteico que el resto de la población, superando incluso el umbral que indicaría un nivel superior en la cadena trófica, si bien debido a la edad en la que dichos valores se manifiestan, estos se deben al proceso de lactancia y posterior destete, como se explicará posteriormente. Por debajo del valor de 9‰ se pueden encontrar secciones de dentina procedentes de cuatro individuos diferentes: Can7.P1, Can10.I2, Can16.P2 y Can17.I2. Si bien dos de ellos (Can7.P1 y Can16.P2) solamente superan este límite inferior en un momento de sus secuencias y dichos valores no se alejan demasiado de este límite inferior en el que se tienden a agrupar los datos (8,66‰ y 8,81‰ respectivamente). Respecto a los otros dos individuos, la secuencia de Can10.I2 rebasa el límite inferior del 9‰ un total de tres veces, y si bien las dos primeras veces estos valores siguen muy próximos al valor inferior, el tercer punto se encuentra más alejado, en 8,13‰. Teniendo en cuenta que la diferencia entre este último valor más bajo y el más alto (10,51‰) es de 2,38‰, esto no supondría un cambio en el nivel trófico del individuo, aunque sí en la cantidad de

consumo de recursos proteicos. Finalmente, el individuo Can17.I2 muestra el valor más bajo de $\delta^{15}\text{N}$ de la muestra de este periodo, de 7,37‰, lo que es llamativo debido a que también muestra los valores más altos, como ya se mencionó. De las cinco veces que los valores de esta secuencia sobrepasan el valor de 9‰ marcado como límite inferior, cuatro siguen estando muy próximos al mismo, evidenciando cambios drásticos que veremos posteriormente en relación con la dieta infantil de la muestra.

En la gráfica que contiene las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 90), lo primero que puede observarse son las secuencias pertenecientes a los individuos Can10.I2 y Can11.M3, ambos del Bronce Medio, con valores más bajos que el resto de las secuencias, no rebasando en ningún caso el límite de -20‰, lo cual sería indicativo de una dieta con componente C_4 en la misma y que, sin embargo, observando los valores de $\delta^{15}\text{N}$, no parece mostrar consumo de recursos marinos, con lo cual parece ser que la alimentación de estos individuos se basaba en plantas C_3 con un consumo moderado de carne. El resto de las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ muestra una gran variabilidad y no se observa ninguna tendencia en los datos, parecen centrarse entre -19‰ y -15‰, en un rango en el que los individuos de este periodo estarían consumiendo tanto una dieta mixta con recursos C_3 y C_4 , así como una dieta basada en cultivos C_4 , como se podrá observar más adelante cuando se hable de la fecha de introducción de estas plantas en la región cantábrica, y de su forma de consumo por parte de algunos individuos de la muestra. En algunas de las secuencias, a partir de los 10 años y hasta antes de los 14 años, puede observarse también como varias secuencias se tornan hacia valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$, llegando incluso a pasar el límite anteriormente mencionado de -20‰, algunos con valores muy próximos y otro, el individuo Can7.P1, alejándose algo más, hasta los -20,79, lo que indica un consumo momentáneo de recursos C_3 , que parecen recuperarse con posterioridad, ya que solo existe un punto de la secuencia posterior a este momento. De hecho, el único individuo que muestra valores isotópicos en edad adulta es el individuo Can11.M3, ya que en esta serie solamente pudo analizarse un tercer molar.

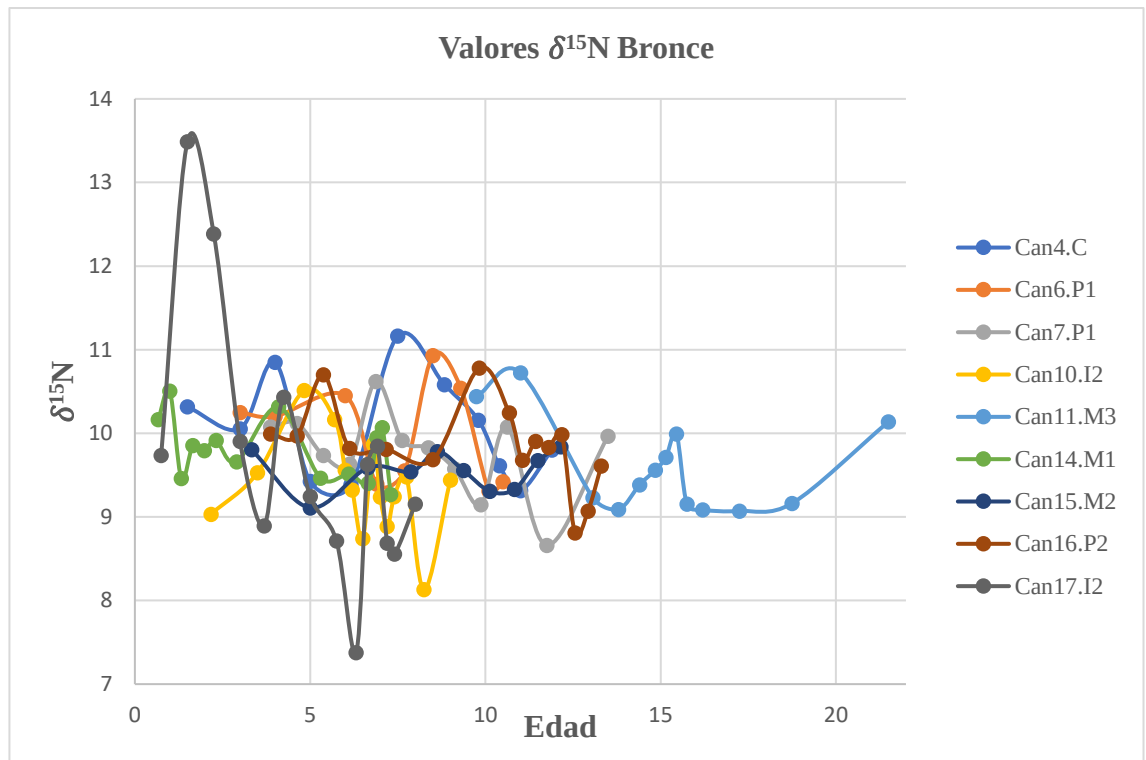


Figura 89: perfiles isotópicos de los dientes de la Edad del Bronce analizados en el presente trabajo. En el eje Y se muestran los valores de $\delta^{15}\text{N}$ mientras que en el eje X aparece la edad del individuo en años.

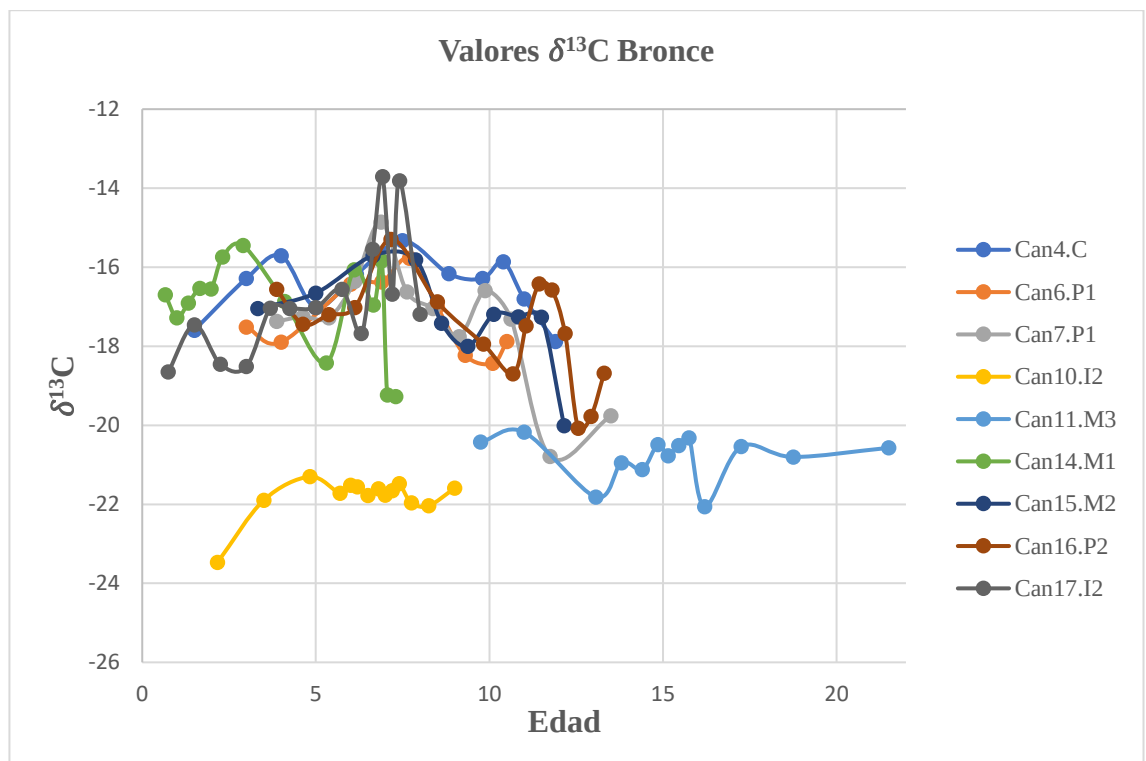


Figura 90: perfiles isotópicos de los dientes analizados en el presente trabajo. En el eje Y se muestran los valores de $\delta^{13}\text{C}$ mientras que en el eje X aparece la edad del individuo en años.

Con el fin de comprender mejor la alimentación a lo largo de la Edad del Bronce, se procedió a dividir la muestra entre ambos periodos: el Bronce Medio y el Bronce Final. Así se pueden observar las secuencias de dentina de ambos isótopos del primer momento en las figuras 91 y 92, y en las figuras 93 y 94 del segundo. En las secuencias de dentina de $\delta^{15}\text{N}$ del Bronce Medio (figura 91), se puede observar cómo en ambas existe bastante variabilidad, debido a diferencias en el consumo de recursos proteicos a lo largo de los años, sin que esto suponga un cambio en el nivel trófico de cada uno de los dos individuos, ya que en el caso de Can10.I2 la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 2,38‰. Además, en este individuo, es posible observar entre los cinco y los diez años bastantes variaciones en muy poco tiempo, seis picos en poco menos de cinco años, lo cual puede deberse a variaciones estacionales en el consumo de los recursos proteicos, sin que sea posible conocer en qué estaciones se producen esos aumentos y bajadas en los valores de $\delta^{15}\text{N}$. El otro individuo, Can11.M3, muestra también este tipo de variabilidad sin cambio en el nivel trófico. El máximo valor de $\delta^{15}\text{N}$ va seguido de uno de los más bajos, suponiendo una diferencia de solamente un 1,63‰.

En cuanto a las secuencias de estos individuos relativas al $\delta^{13}\text{C}$ (figura 92), en Can10.I2 se produce un aumento durante los 3 primeros puntos de la secuencia, momento en el que antes de los 5 años se estabilizan entre -21,5 y -22‰. Los valores de Can11.M3 varían entre -20 y -22‰ durante toda la secuencia, no evidencian ningún cambio significativo en la alimentación del individuo. Sobre la posibilidad de que estos dos dientes pertenezcan al mismo individuo se discutirá más adelante.

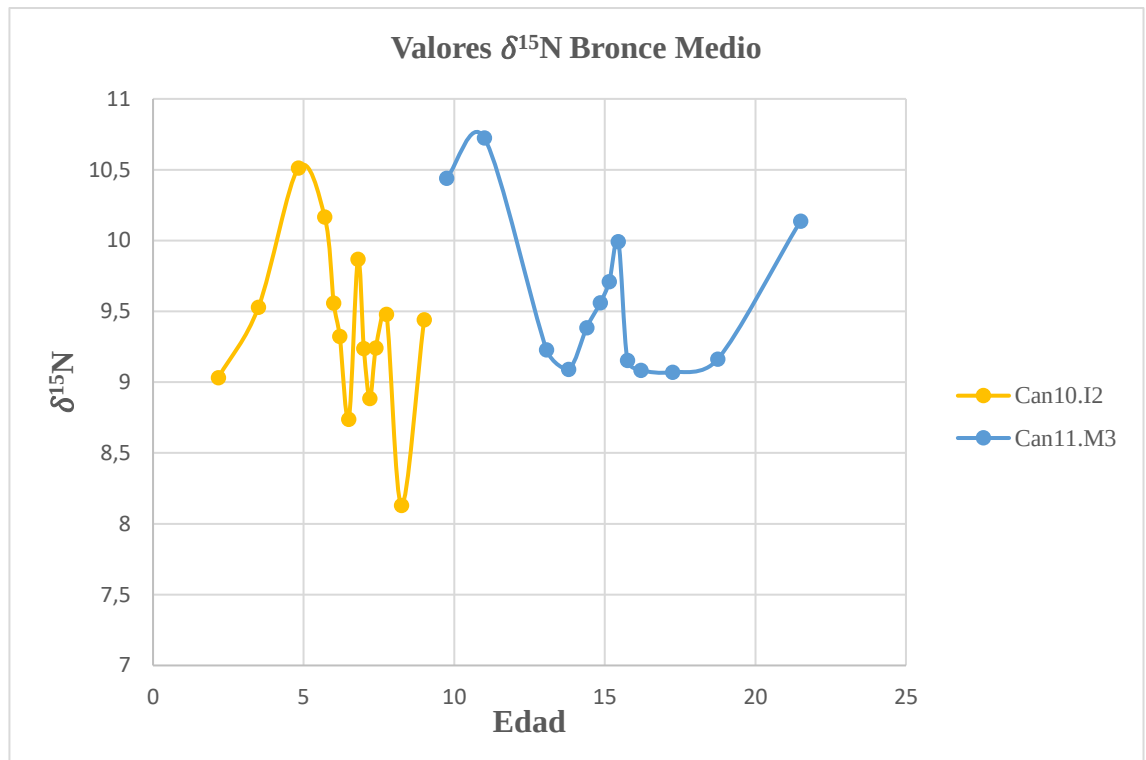


Figura 91: las dos secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ procedentes de los dos dientes del Bronce Medio.

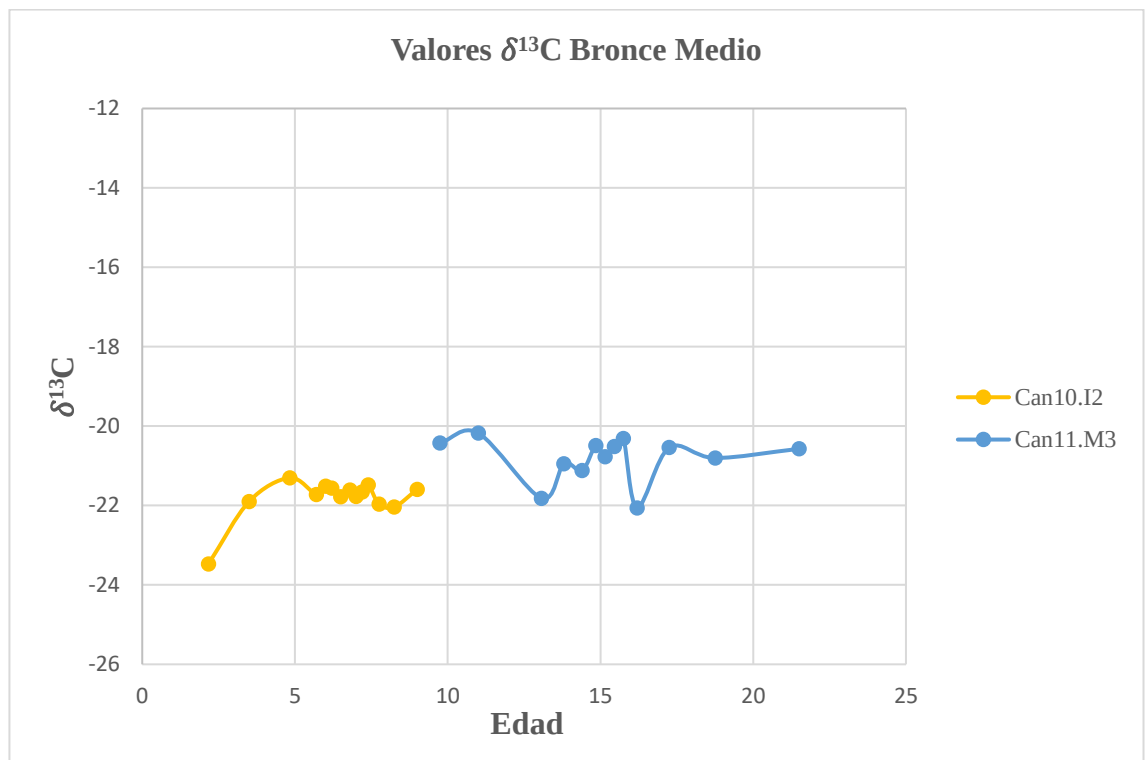


Figura 92: las dos secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de los dos dientes del Bronce Medio.

Con respecto a las secuencias procedentes de los individuos del Bronce Final (figuras 93 y 94), puede observarse una mayor variabilidad con respecto al periodo anterior debido a un mayor tamaño muestral y como, además, todos los dientes proporcionan información de la alimentación de individuos subadultos, ninguno mayor a 14 años. El único individuo adulto de la Edad del Bronce procede del Bronce Medio. La eliminación de los dos individuos del anterior periodo realmente no han cambiado la interpretación de las figuras 93 y 94, salvo en el caso del $\delta^{13}\text{C}$, donde ya no se observa un consumo exclusivo de plantas C_3 , sino que aparecen valores correspondientes a una dieta basada en plantas C_4 e incluso mixta con consumo de recursos C_3/C_4 .

En la figura 93 aparecen representadas las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos del Bronce Final, en las cuales sigue sin observarse ninguna tendencia y no hay variación en los máximos ni mínimos representados comentados al comienzo del apartado, cuando se discutieron todas las secuencias de este periodo. La mayoría de los valores se sigue situando entre 9 y 11‰, rango dentro del que las secuencias varían a lo largo de los años, evidenciando así cambios en el consumo de proteínas sin que estos cambios supongan a su vez un cambio en el nivel trófico del individuo. Más adelante se discutirá la dieta infantil de estos individuos en relación, además, con el proceso de destete.

Las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ del Bronce Final (figura 94), parecen mostrar una tendencia al final de las mismas, en las cuales se produce un aumento seguido, a continuación, de una disminución de los valores. Especialmente visible en los individuos Can4.C, Can7.P1, Can15.M2 y Can16.P2, en los cuales la secuencia acaba a edades muy similares. Parece que el individuo Can6.P1 podría seguir esta tendencia, pero la secuencia acaba justo en el aumento en el que esta se iniciaría. Además, esto parece ocurrir a edades muy cercanas, produciéndose entre los 9 y los 11 el aumento de estos valores.

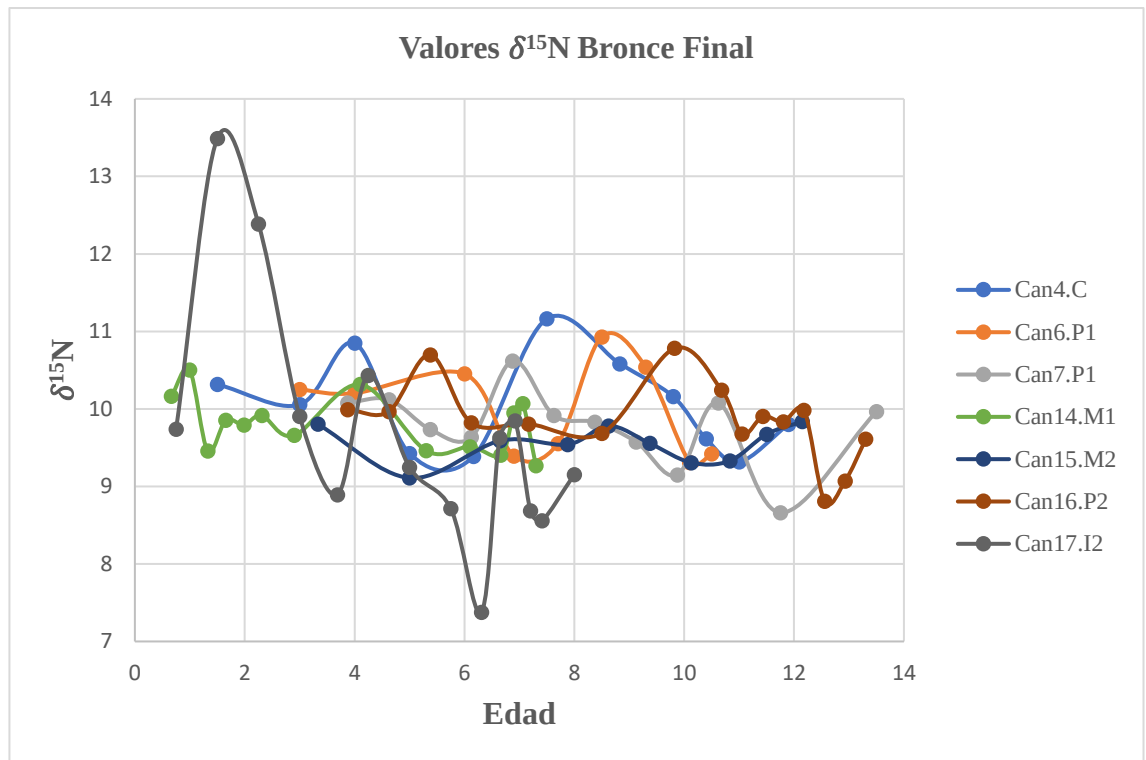


Figura 93: serie de secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los dientes del Bronce Final.

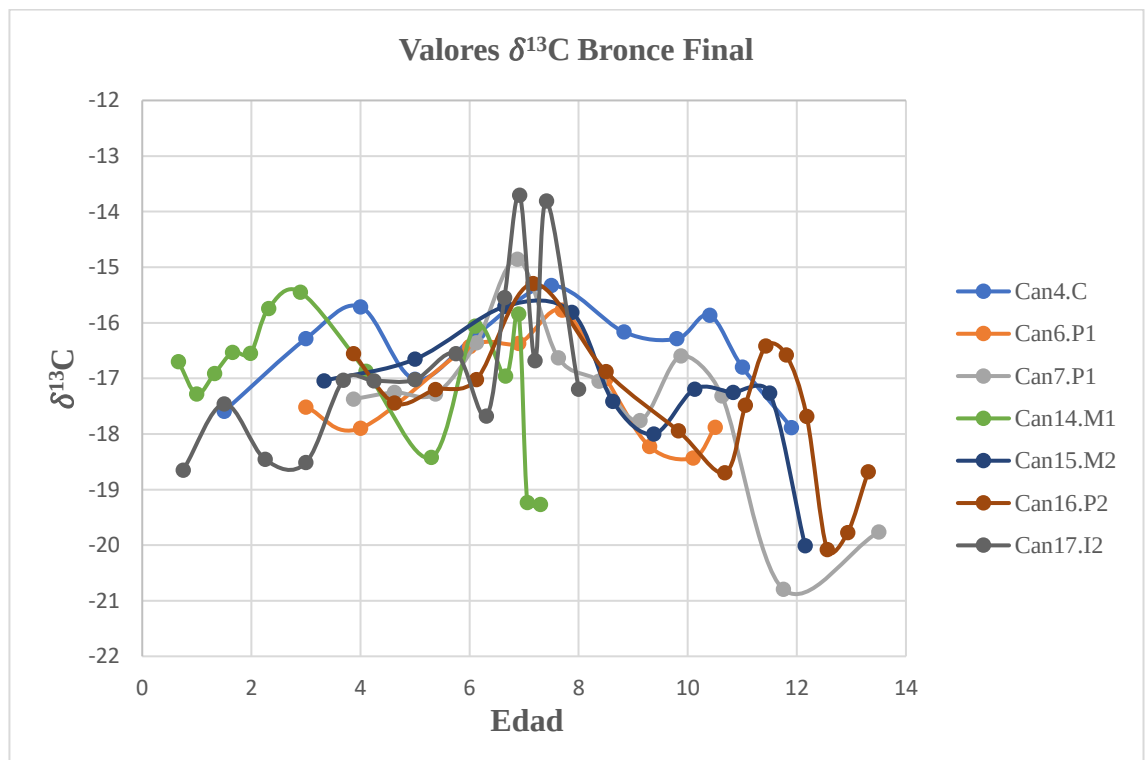


Figura 94: serie de secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los dientes del Bronce Final.

Al realizar un análisis de correlación linear con todos los individuos procedentes de la Edad del Bronce, se pueden observar cómo los valores de r^2 están muy cercanos a 0 en el caso del $\delta^{15}\text{N}$ ($r^2=0,061$) (figura 95), y muy bajos en el $\delta^{13}\text{C}$ ($r^2=0,124$) (figura 96). Esto indica una gran dispersión de los datos y, como tal, de diferencias en la dieta de la población. Con respecto al $\delta^{15}\text{N}$, la razón de este valor podría estar relacionado con un diferente acceso a los recursos proteicos debido al aumento de la estratificación social que se produce ya desde antes de la Edad del Bronce. Esto significaría que existirían ciertos individuos que no solo consumirían más proteínas, sino que además estarían impidiendo el acceso a otros individuos a este tipo de recurso. Por otro lado, el valor de r^2 del $\delta^{13}\text{C}$ proporciona información sobre cierta falta de homogeneidad dentro de la población, debida probablemente a los diferentes tipos de recursos vegetales consumidos por los miembros de este grupo, es decir, la diferente proporción entre plantas C_3 y plantas C_4 . Posteriormente se realizaron nuevos análisis lineares dividiendo la muestra de la Edad del Bronce entre los dos individuos del Bronce Medio y los restantes del Bronce Final. Primeramente se discutirán estos últimos primero, ya que su número es mayor.

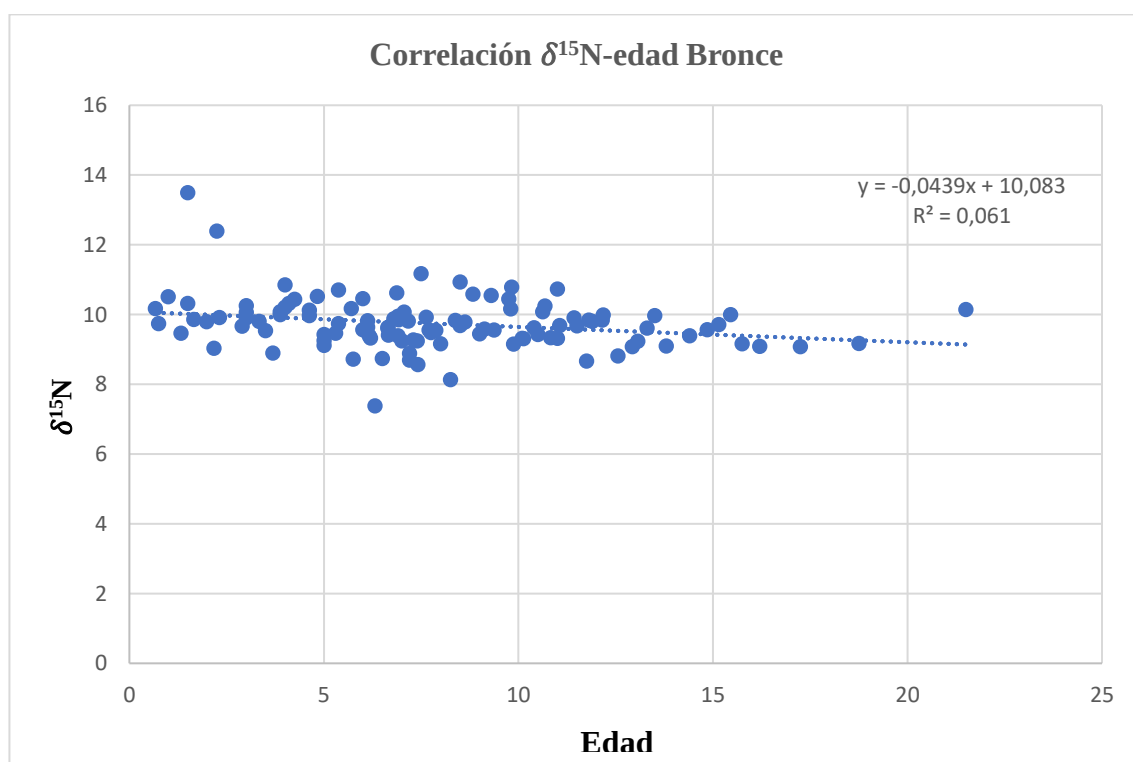


Figura 95: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores del Bronce de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad.

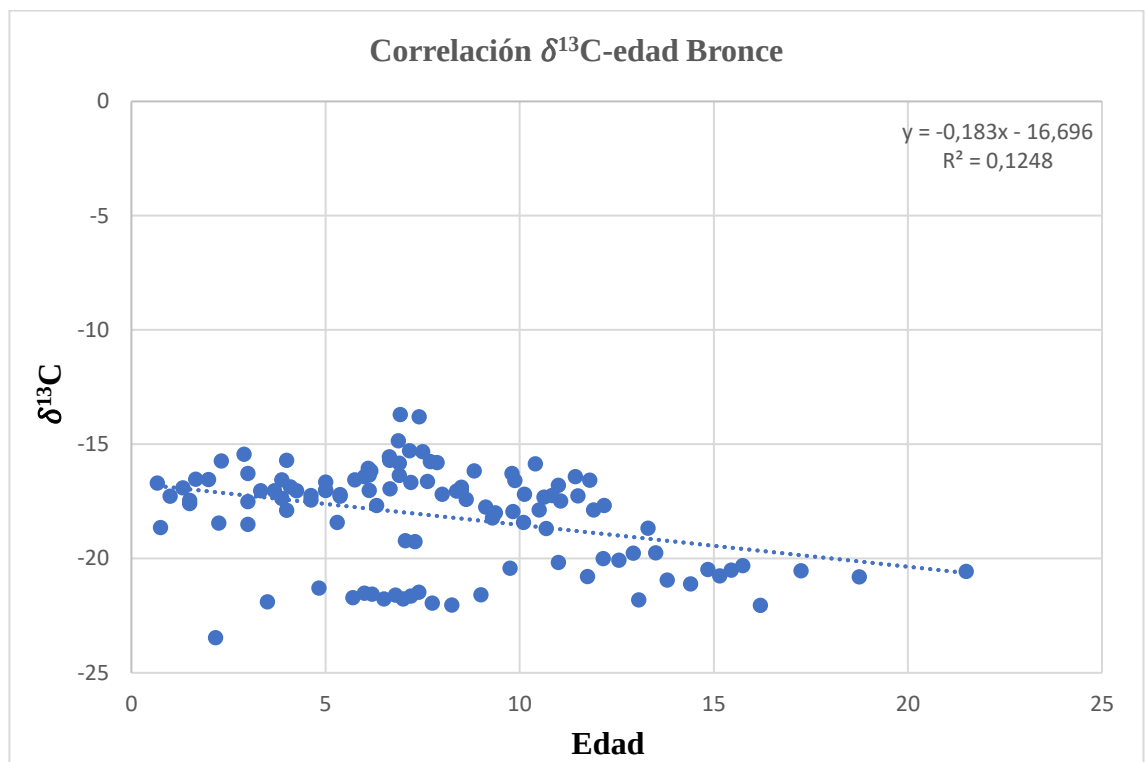


Figura 96: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores del Bronce de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad.

En las figuras 97 y 98 aparecen representados los análisis lineares de los individuos del Bronce Final. Como se puede observar, en el caso del $\delta^{15}\text{N}$, los valores de r^2 apenas han cambiado, pasando de 0,061 a 0,0778. Esto indica que, aún eliminando a los dos individuos del Bronce Medio, la dieta del grupo durante el Bronce Final sigue siendo muy heterogénea, probablemente debido a la estratificación social de estos grupos. En cambio, si hay variación en los valores de r^2 del $\delta^{13}\text{C}$, pero contraria a lo que en un primer momento se pensaría, ya que estos valores pasan del 0,124 al 0,086 cuando se eliminan los individuos del Bronce Medio y se dejan solamente aquellos del Bronce Final. Esto quiere decir que la dieta de estos últimos era menos homogénea durante este periodo. Una de las razones detrás de estos cambios podría ser la mayor variabilidad en los cultivos del Bronce Final, donde aparecen ya inequívocamente las plantas C_4 en la dieta de estas poblaciones, y sus distintos aprovechamientos a lo largo del año.

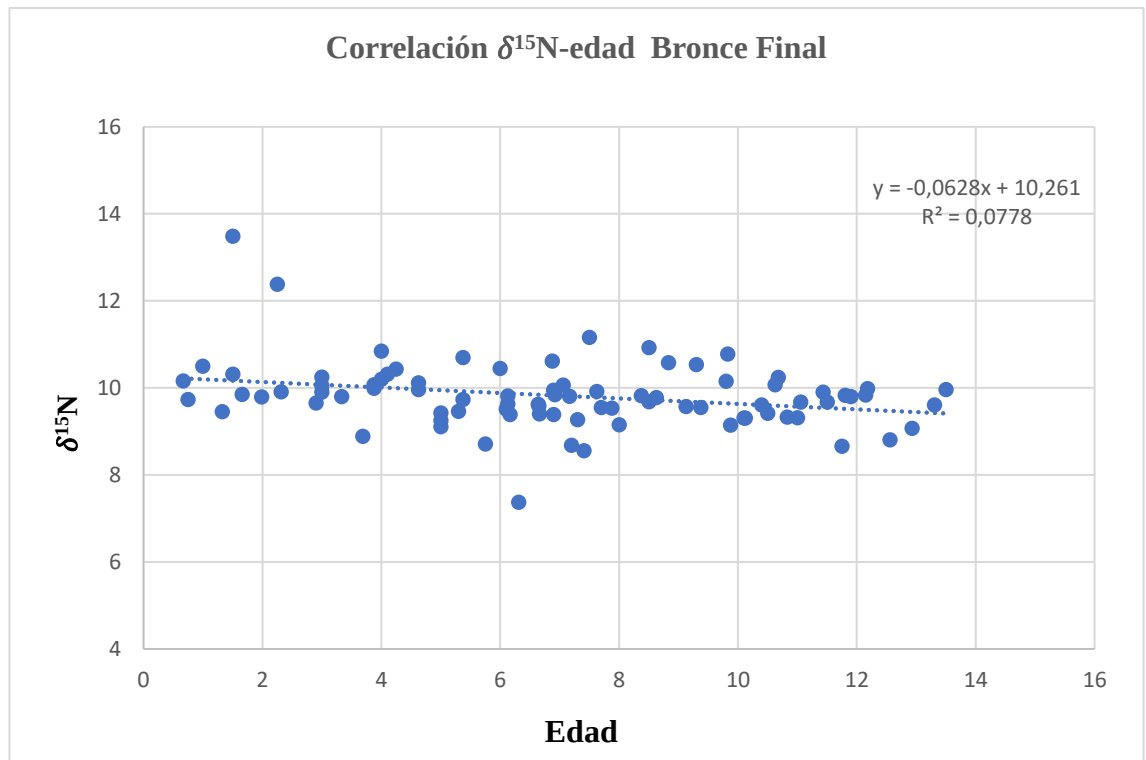


Figura 97: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad de los individuos del Bronce final.

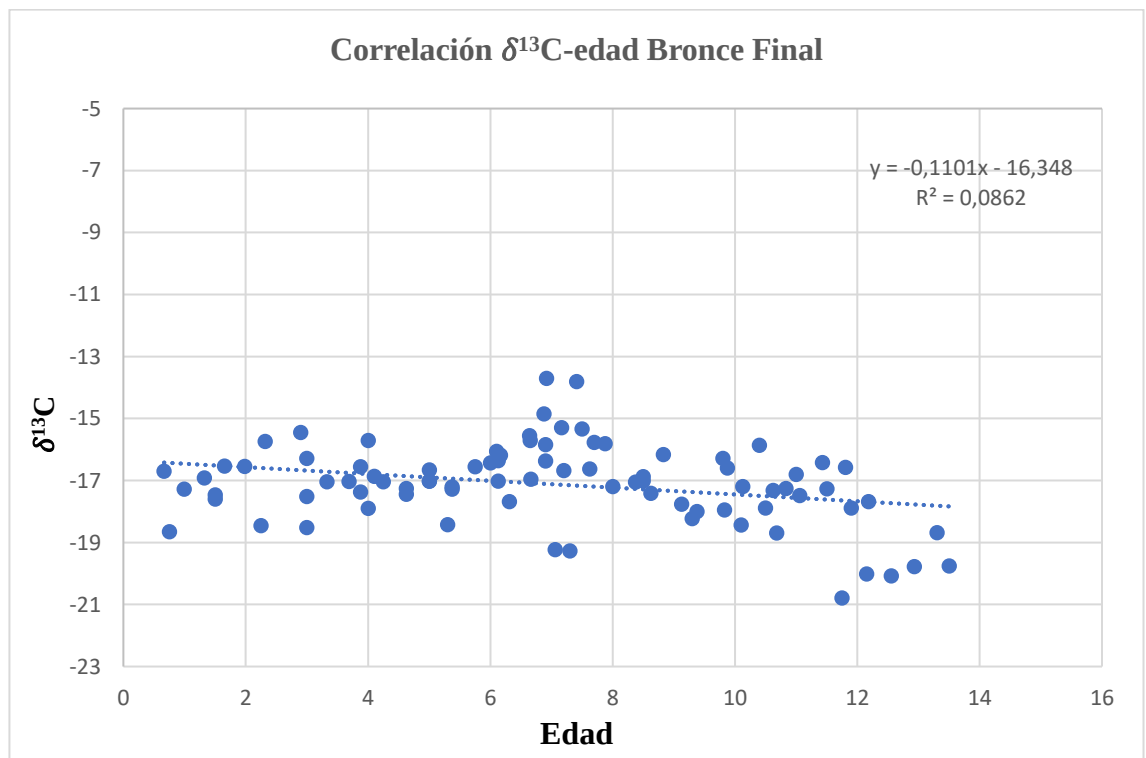


Figura 98: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad de los individuos del Bronce final.

En las figuras 99 y 100 aparecen representadas así las líneas de tendencia y valores de r^2 para los dos individuos del Bronce Medio. En el caso del $\delta^{15}\text{N}$ (figura 99), el valor es el más bajo de todos los análisis lineares realizados, casi 0. Esto es llamativo ya que se trata de tan solo dos individuos, con lo cual, a menos datos, el valor de r^2 esperado sería más alto, cosa que no ocurre en este caso. Esto no tiene fácil explicación, salvo que la distribución de los puntos, y de los valores, sea muy heterogénea incluso con una muestra tan pequeña. En cambio, el valor de r^2 para el $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos de este periodo sí se comporta de la manera esperada (figura 100). En este caso el valor es de 0,444, el más alto de todos los análisis lineares realizados, con lo cual, esta muestra de dos individuos agrupa el valor de r^2 más elevado y el más bajo de toda la muestra del presente trabajo, superando el valor previamente obtenido para el $\delta^{15}\text{N}$ de la muestra Mesolítica ($r^2=0,289$). Los dos individuos de este periodo tenían una dieta bastante semejante: terrestre basada en las plantas C_3 y, al parecer, con menor variación que los otros individuos de periodo posterior.

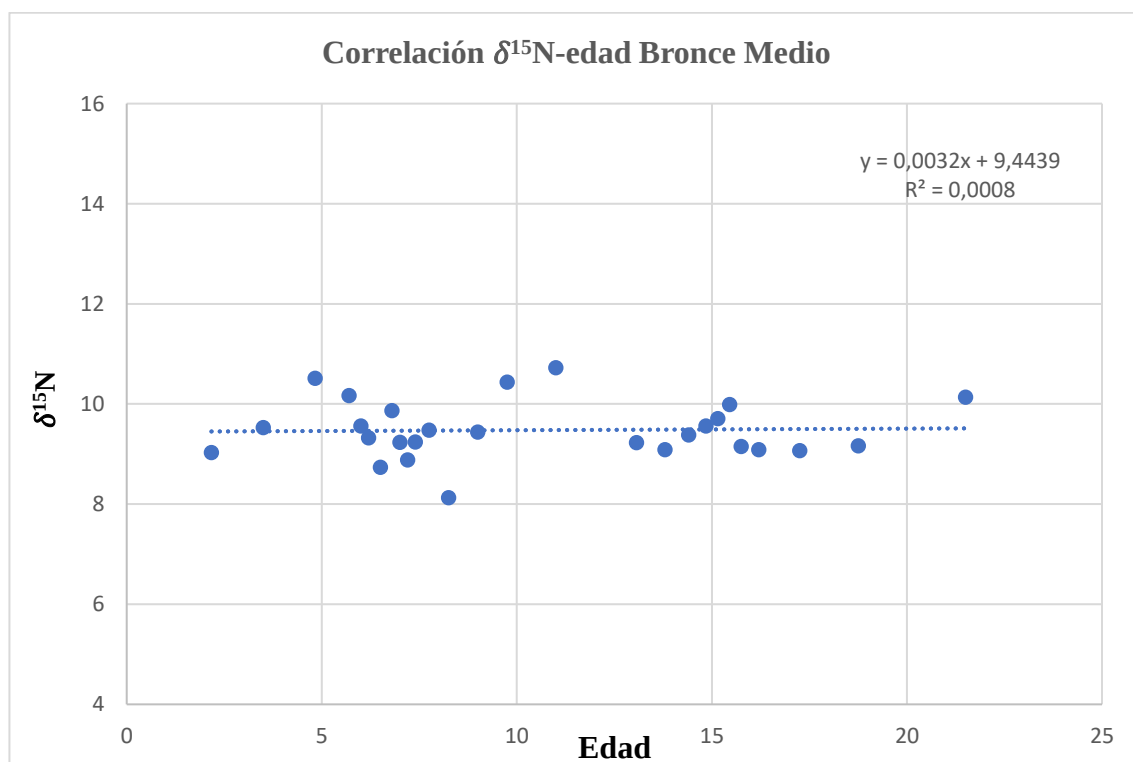


Figura 99: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad de los individuos del Bronce Medio.

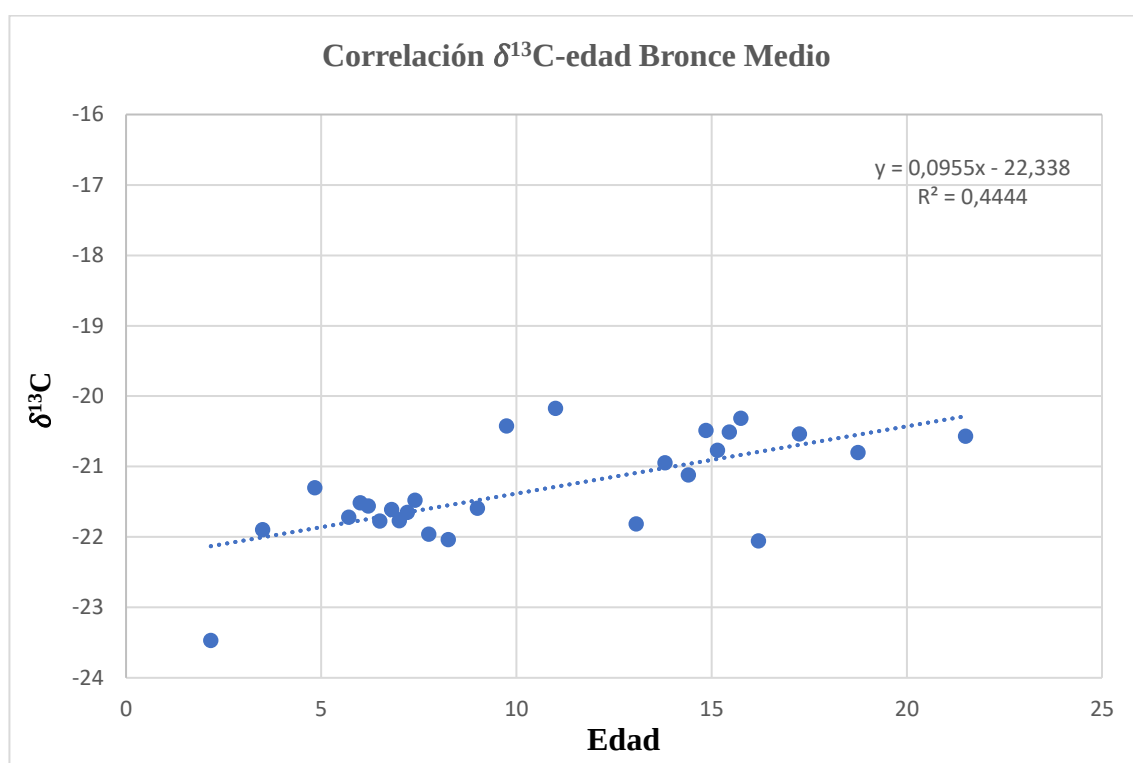


Figura 100: línea de tendencia, fórmula y valores de r^2 para la correlación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad de los individuos del Bronce Medio.

Más adelante se discutirá si ambos dientes pudieron pertenecer al mismo individuo o no. De todos modos, se debe proceder con cautela en este último aspecto ya que, al ser solo dos individuos, a priori se tiende a pensar que el valor de r^2 será mayor por una supuesta poca dispersión de los datos, más probable a mayor número de individuos.

Para poder estudiar la dieta infantil con mayor facilidad, esta muestra de individuos de la Edad del Bronce se ha dividido en dos grupos. El primer grupo representa las secuencias de dentina de aquellos dientes cuyo desarrollo se completó antes de los nueve años, formado así por tres individuos: Can10.I2 (del Bronce Medio), Can14.M1 y Can17.I2. En el segundo grupo se encuentran el resto de los dientes, proporcionan información de la alimentación de estos individuos a edades mayores, hasta los catorce años. Este grupo está formado cinco individuos: Can4.C, Can6.P1, Can7.P1, Can15.M2

y Can16.P2. El motivo de realizar esta división fue para facilitar la visualización de las secuencias de dentina, ya que al encontrarse varias muy próximas entre sí debido a los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$, esta se dificultaba.

En las figuras 101 y 102 pueden observarse las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos cuyos dientes proporcionan información hasta los 9 años de edad. En la gráfica 101 del $\delta^{15}\text{N}$ puede observarse como la mayoría de los datos se sitúan entre 9 y 10,50‰, salvo algunos valores del individuo Can17.I2 que ya comentamos es quien representa los valores máximos y mínimos del grupo de este periodo y, como tal, una dieta en la que los recursos proteicos variaron muchísimo a lo largo de esos años, en una magnitud del 6,11‰, lo cual supone más de un nivel en la cadena trófica. Se pueden observar además el inicio y final del proceso de destete de manera clara en los individuos Can14.M1 y Can17.I2. En el primero, Can14.M1, este comenzaría al año (segundo punto) y sería muy rápido, hasta el 1,35 años (tercer punto), ya que en este momento los valores de $\delta^{15}\text{N}$ vuelven a aumentar. En el segundo, Can17.I2, el proceso comenzaría también en el segundo punto de la secuencia, al año y medio de edad, indicando que hasta este momento se produjo una lactancia materna exclusiva, como parecen indicar los valores. En este segundo individuo, el proceso se alargaría hasta casi los 4 años (3,68 años), donde se produjo ya el cambio hacia otro tipo de alimentación. En el caso de Can10.I2, poco se puede decir sobre cómo se produjo el destete, ya que faltan datos para antes de los dos años y la secuencia comienza aumentando los valores de $\delta^{15}\text{N}$ hasta los 4,83 años para luego disminuir. Existe la posibilidad de que este fuese el momento de inicio del proceso de destete, con una lactancia materna exclusiva bastante tardía, sin embargo, también existe la posibilidad de que este proceso se iniciara antes de lo que permite saber la secuencia y se esté observando la introducción de alimentos más proteicos tras el proceso.

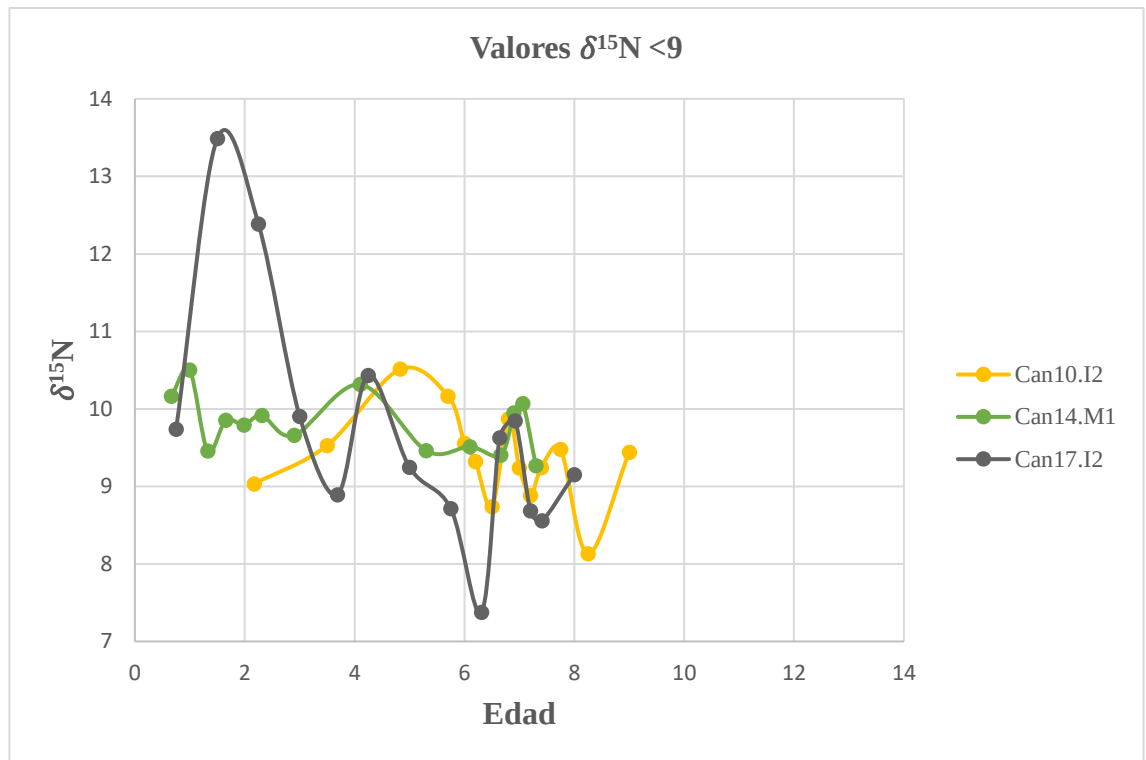


Figura 101: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los dientes que proporcionan información de antes de los 9 años.

En cuanto a la Figura 102, que muestra los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las diferentes secuencias, se puede observar como el individuo Can10.I2 solamente muestra un aumento en los valores de este isótopo, sin proporcionar más información sobre el proceso de destete, si bien el valor más alto de este individuo (tercer punto, -21,30‰) podría ser el momento en el que este proceso se iniciase, aunque sea bastante tarde, pero los siguientes puntos son estables ya a lo largo de la secuencia y no se puede precisar con exactitud. En el caso de Can14.M1, este proceso tendría fin al año de vida (0,995), mientras que en Can17.I2, entre los 2,25 y los tres, ya que ambos puntos tienen unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ muy similares que no permiten una mayor diferenciación. Al final de este apartado aparece una tabla (tabla 43) con información sobre la edad de finalización de este proceso según ambos isótopos.

Puede además observarse en los dos individuos del Bronce Final, una especie de “M” en el que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían bastante en un periodo de tiempo muy corto. En el individuo Can14.M1 eso sucede entre los cinco y los siete años, donde en tan solo dos años se producen cinco variaciones. En el otro individuo, Can17.I2, esto sucede entre los

6,31 años y los ocho, también con cinco variaciones en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en menos de dos años. Esto se debe a cambios estacionales en el consumo de plantas de diferentes orígenes, pasando de una posible alimentación mixta, C_3 y C_4 , al consumo de solamente plantas C_4 . El hecho de que sean variaciones estacionales probablemente esté relacionado con la intensificación de la agricultura que sucedió durante la Edad del Bronce, así como con la introducción de nuevos cultivos, como es el mijo, una planta C_4 , en la cornisa cantábrica, y el uso de esta planta como cultivo de crecimiento veraniego, adoptando estos grupos productores así nuevos ciclos de cultivos, explotando la tierra durante todo el año. Desafortunadamente, esta “M” solamente es posible observarla en estos dos individuos, aunque también es posible que esta sea consecuencia no de este nuevo tipo de explotación, si no de cambios en la alimentación debidos a otras causas ambientales, como sequías o mala cosechas que causarían que estas poblaciones cambiaran sus pautas de alimentación durante este periodo de tiempo.

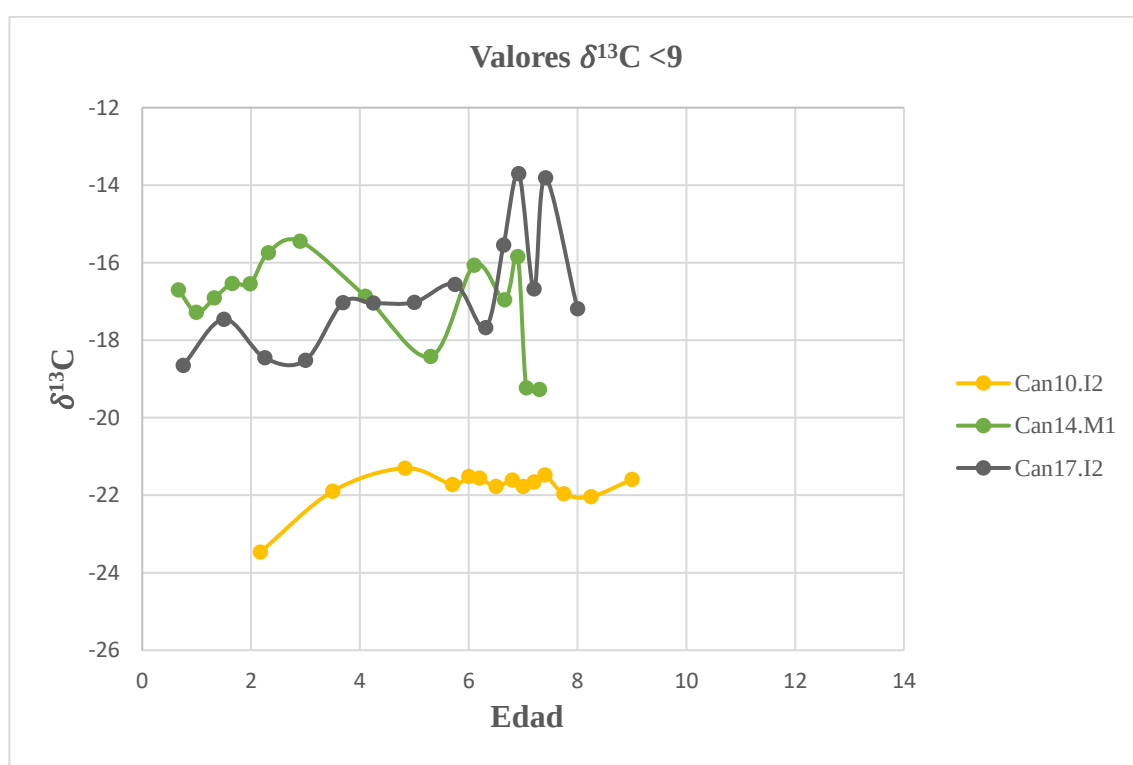


Figura 102: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los dientes que proporcionan información de antes de los 9 años.

En el segundo grupo se encuentran aquellos individuos del Bronce Final cuyos dientes dan información pasados los nueve años, y hasta los catorce. A pesar de haberse dividido la muestra de este periodo con el objetivo de facilitar la visualización de los datos, estos siguen estando enmarañados, aunque este tipo de representación es necesaria para poder discutir los datos en su contexto poblacional.

La figura 103 muestra las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$, y se puede observar la poca estabilidad de los valores, como van fluctuando a lo largo de la edad sin que exhiban ninguna tendencia. Como ya se mencionó anteriormente, al realizar el análisis linear y obtener el valor de r^2 de la muestra, los datos son poco homogéneos y muestran diferencias en el acceso a los recursos proteicos a lo largo de la vida de los diferentes individuos. No existe así ningún patrón tampoco respecto a un mayor o menor consumo a una edad específica, lo que lleva a pensar que el consumo de productos cárnicos y secundarios se producía cuando estos estaban disponibles.

En cuanto a los patrones de destete, solo dos individuos proporcionan algo información, aunque esta no sea muy específica. Parece ser que Can4.C habría finalizado este proceso a los tres años, a juzgar por la disminución en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ al comienzo de la secuencia, y Can15.M2 lo haría a una edad cercana a los cinco, por la misma razón. Tras estos puntos, los valores de la secuencia de ambos individuos aumenta, lo que indica el fin de este proceso.

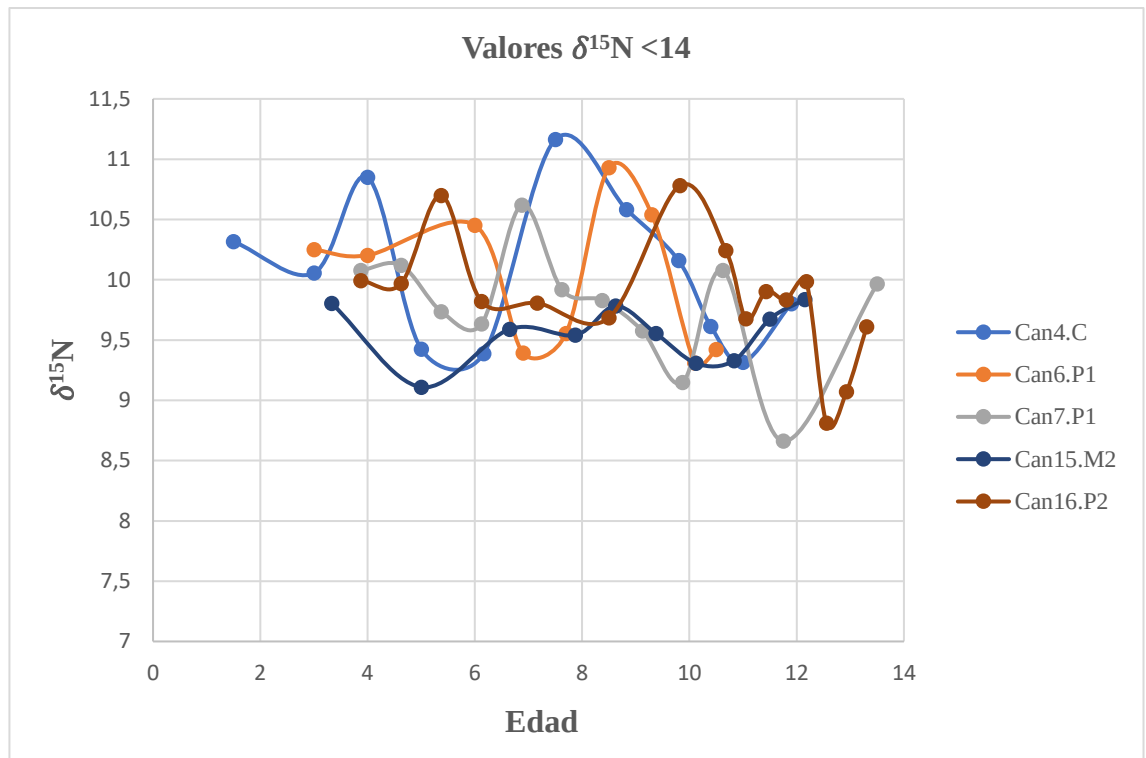


Figura 103: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los dientes que proporcionan información de la dieta infantil hasta los 14 años de edad.

En la gráfica 104, que muestra las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de estos individuos, vuelve a aparecer el mencionado enmarañamiento de las secuencias, como ocurrió anteriormente, aunque en esta ocasión la tendencia en disminución de los valores desde los diez años de edad se ve más claramente. Parece que también se produjera un aumento de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre los seis y los ocho años de edad en los cinco individuos de la gráfica, con cambios en algunos casos en torno a 2‰, evidenciando un mayor consumo de recursos C_4 a esta edad, pero sin ninguna explicación aparente por el momento.

9.2.1 Evidencias de lactancia y destete.

El análisis de las evidencias del periodo de destete es más complicado en este periodo, al tratarse de dientes que crecen a una edad mayor y, como tal, de secuencias de dentina que representan edades más tardías, faltando así información de los primeros años de vida que no aparece representada. Los dos únicos individuos que proporcionan alguna evidencia son Can6.P1, con un posible fin de destete a los 4 años, y Can16.P2, que sería a los 4,625. En el caso del primero, y como ya se mencionó anteriormente cuando se

discutió la localización de este proceso en los individuos mesolíticos, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ parecen registrar estos cambios antes que los valores de $\delta^{15}\text{N}$, con lo cual, observando la figura 103, el primer momento en el que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ disminuyen es a los 7 años. Esto supone demasiado retraso para que ambos isótopos estén hablando del mismo proceso, con lo cual habría que tomarlos como dos casos independientes. En cuanto al segundo individuo (Can16.P2), y volviendo a la anterior tabla, los datos tampoco parecen coherentes como para sugerir un destete posterior a los 4,625, indicando que posiblemente se traten de diferentes procesos. En la tabla 43 pueden encontrarse las edades de destete para los individuos del Bronce según ambos isótopos.

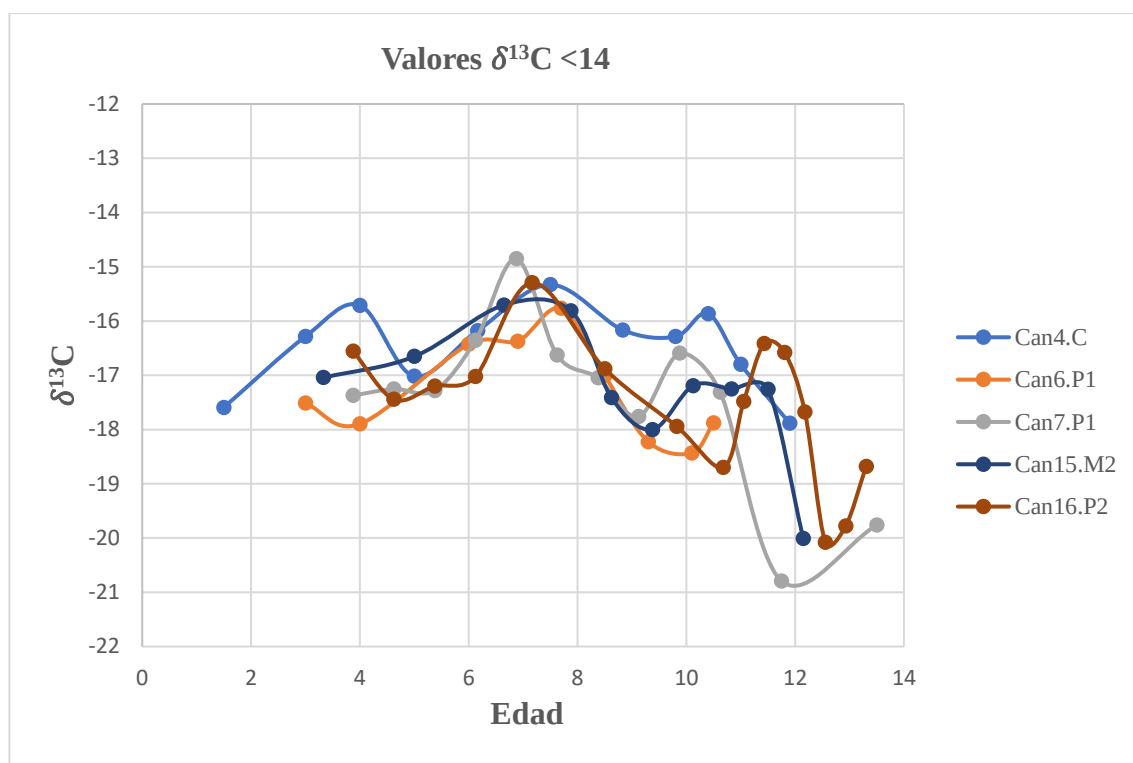


Figura 104: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los dientes que proporcionan información de la dieta infantil hasta los 14 años de edad.

Edad	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
Can4.C	3	-
Can6.P1	-	4
Can7.P1	-	-
Can10.I2	6,5	4,83
Can14.M1	1,32	0,995
Can15.M2	5	-
Can16.P2	-	4,625
Can17.I2	3,68	3

Tabla 43: edad estimada de finalización del proceso de destete según ambos isótopos.

Sin embargo, hay que proceder con cautela con esta tabla ya que, y como sucedía con la tabla de destete de los individuos de periodo Mesolítico, ambos isótopos tienen que reflejar una edad muy cercana entre sí, motivo por el que habría que desconfiar de los valores de edad del destete del individuo Can10.I2, debido al periodo de casi dos años que diferencia cada valor. Es más, otra lectura que permiten los datos es un destete muy temprano, antes del comienzo de las secuencias de dentina, en torno en la mayoría de los casos a los 6 meses de edad.

9.2.2 Supervivientes vs no supervivientes.

Como en el apartado anterior, se van a comparar las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ entre ambas categorías de individuos. En las figuras 105 y 106, se puede observar juntas las secuencias de los individuos de ambos periodos, Bronce Medio y Final, que completaron el desarrollo del diente estudiado. Sin embargo, al no observarse tendencia alguna y dado que los tres dientes no completos pertenecían al Bronce Final, se eliminaron los individuos del Bronce Medio para realizar una mejor comparación, como puede observarse en las figuras 107 y 108.

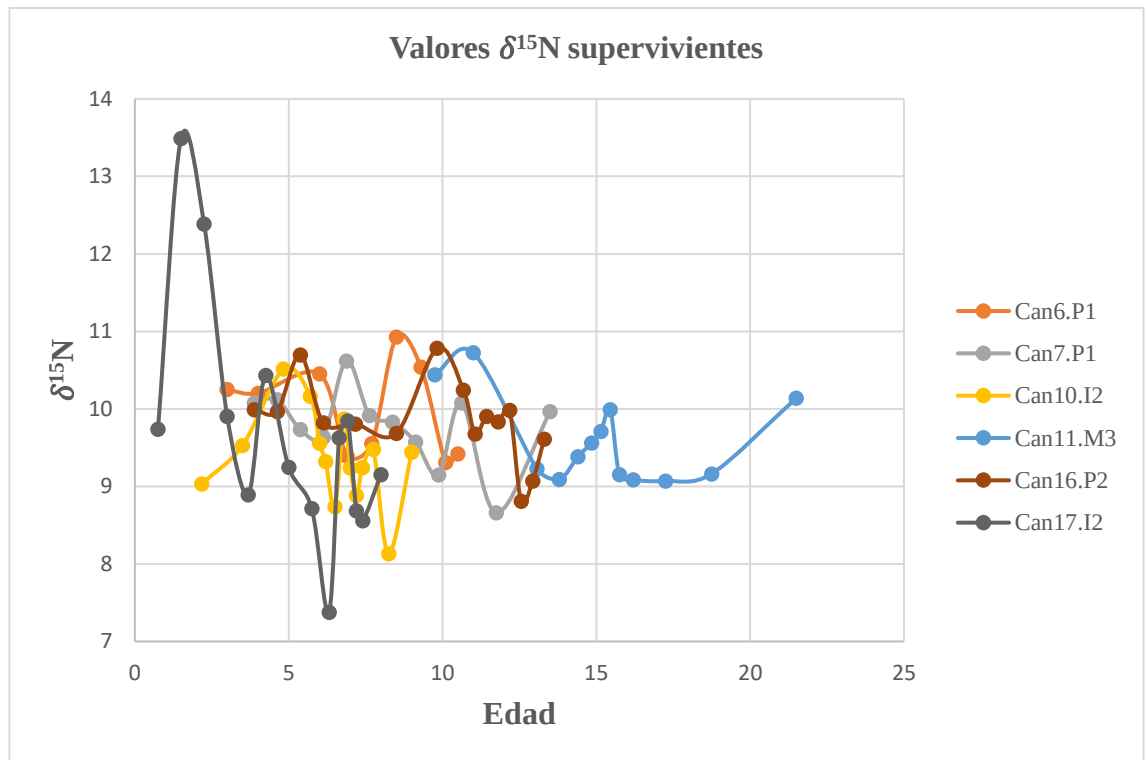


Figura 105: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de aquellos individuos del Bronce (Medio y Final) que completaron el desarrollo del diente estudiado.

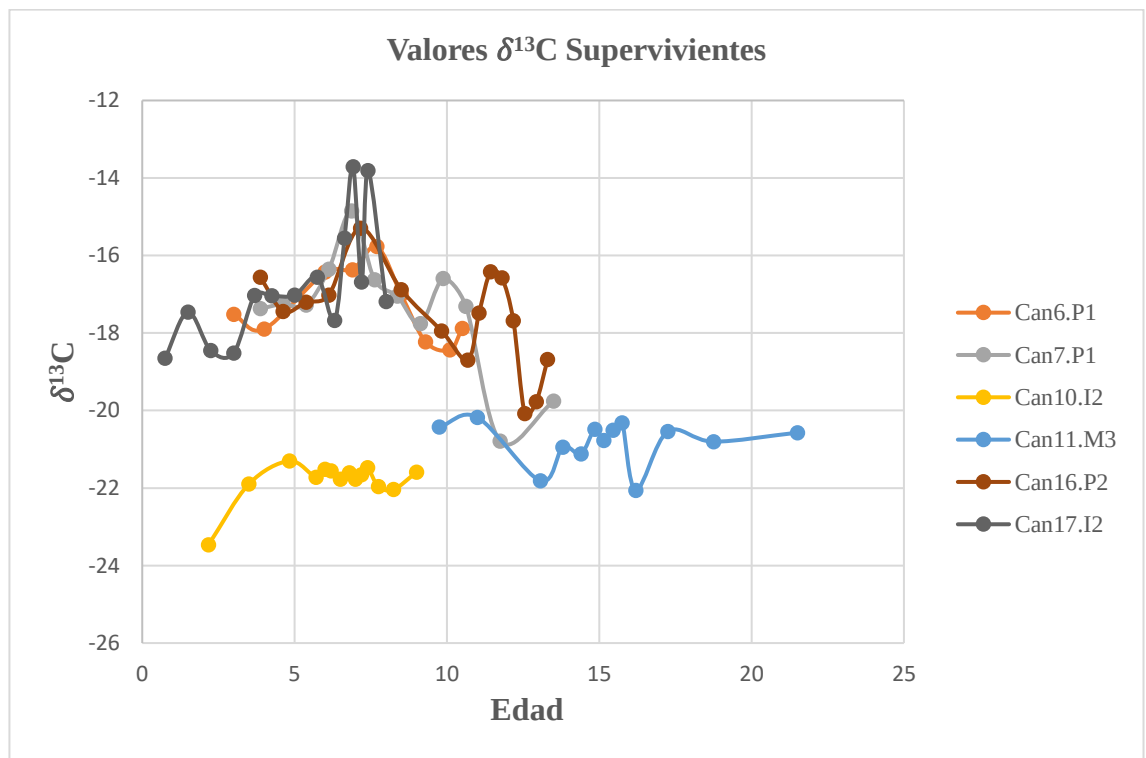


Figura 106: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de aquellos individuos del Bronce (Medio y Final) que completaron el desarrollo del diente estudiado.

En las gráficas 105 y 106, donde aparecen representadas las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ respectivamente de aquellos individuos cuyo diente terminó de formarse, se pueden observar las tendencias ya mencionadas cuando se describieron las series de gráficas, así como los valores entre los que ambos isótopos tienden a concentrarse. De nuevo, eliminando los valores del Bronce Medio, las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ vuelven a mostrar ese pico entre los seis y los ocho años, así como el pequeño aumento y disminución de los valores al final de las mismas.

Por otro lado, las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ de los tres individuos no supervivientes tampoco parecen revelar ninguna tendencia (figuras 109 y 110). Sin embargo, al final de la secuencia de los individuos Can4.C y Can15.M2, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ aumentan mientras que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ disminuyen. Esto crea la “burbuja del estrés” ya mencionada, indicativa a nivel isotópico de este periodo. En el caso del individuo Can4.C, este periodo empezaría a los 10,83 años según los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y a los 10,4 años por el $\delta^{13}\text{C}$, recordando además que los isótopos de carbono recogen antes los cambios en la dieta si bien de manera más sutil. En cambio, en el individuo Can15.M2, el periodo se inició a los 10,83 años como muestran los valores de $\delta^{15}\text{N}$, pero a los 11,5 años por el $\delta^{13}\text{C}$. En ninguno de los dos casos los valores de las secuencias se recuperan, lo que indica que el individuo murió poco después, aunque no se disponga del esqueleto de dichos individuos para estimar la edad de muerte de estos. Esto podría indicar que esos periodos de estrés estarían detrás de la causa de muerte de estos individuos.

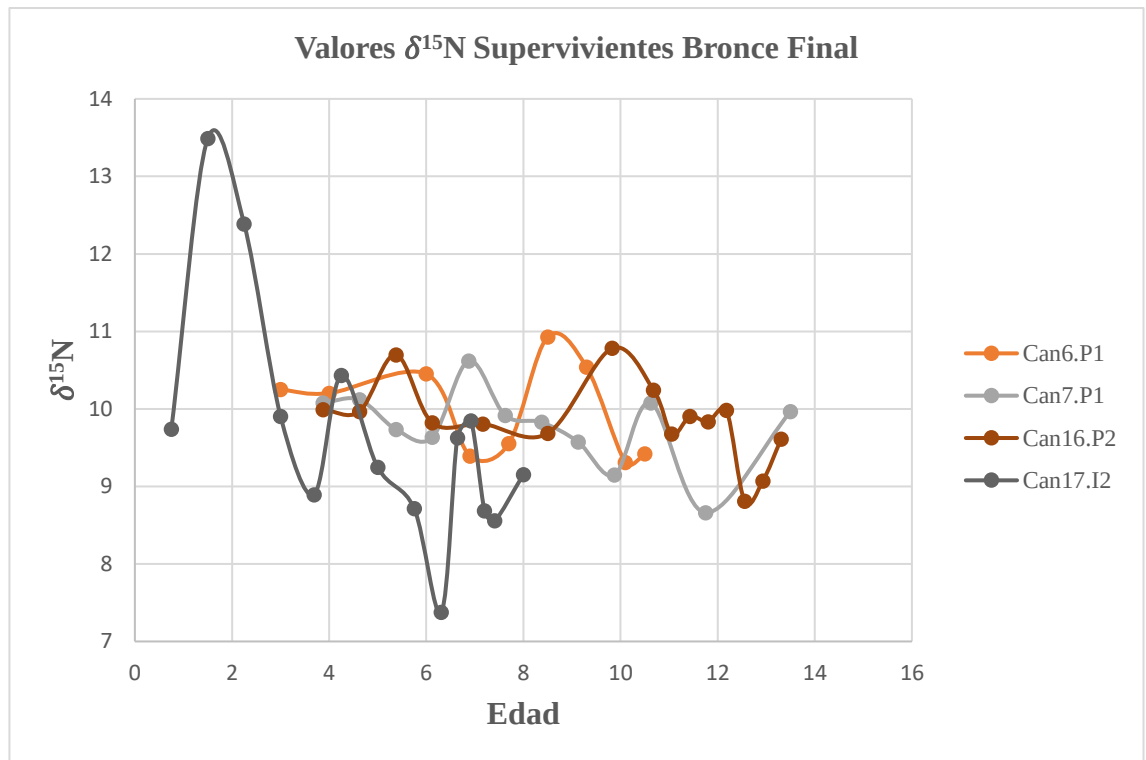


Figura 107: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de aquellos individuos solamente procedentes del Bronce Final que completaron el desarrollo del diente estudiado.

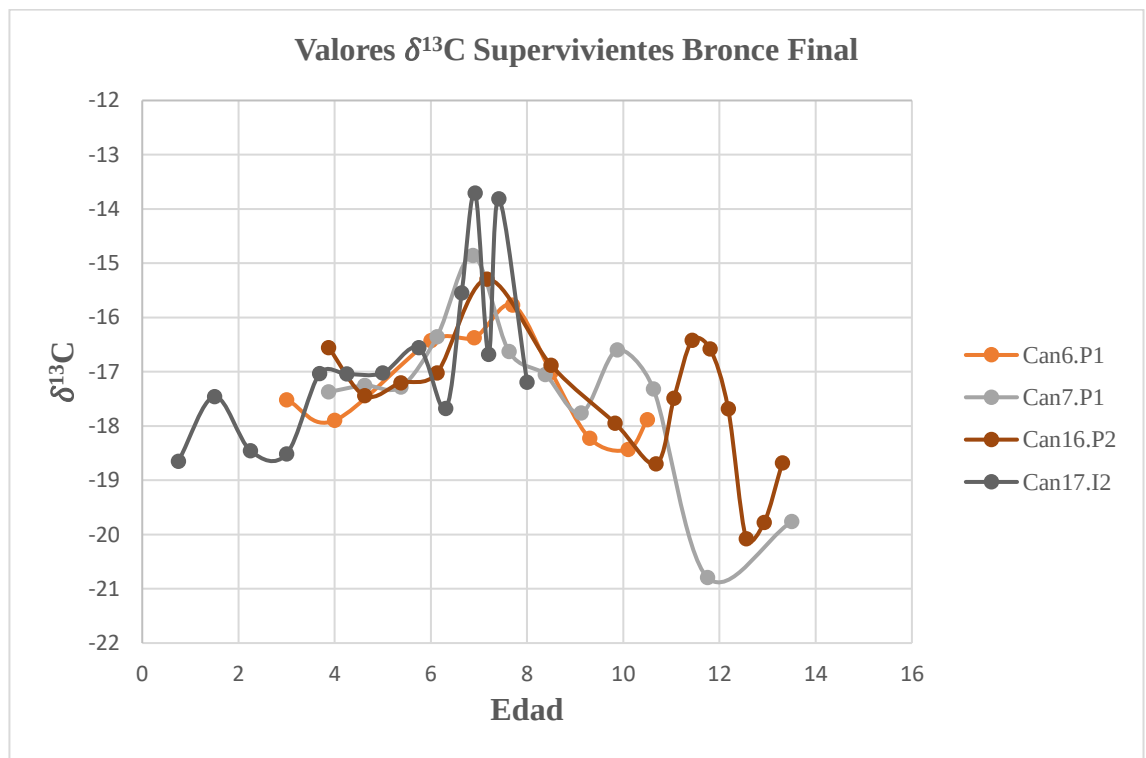


Figura 108: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de aquellos individuos solamente procedentes del Bronce Final que completaron el desarrollo del diente estudiado.

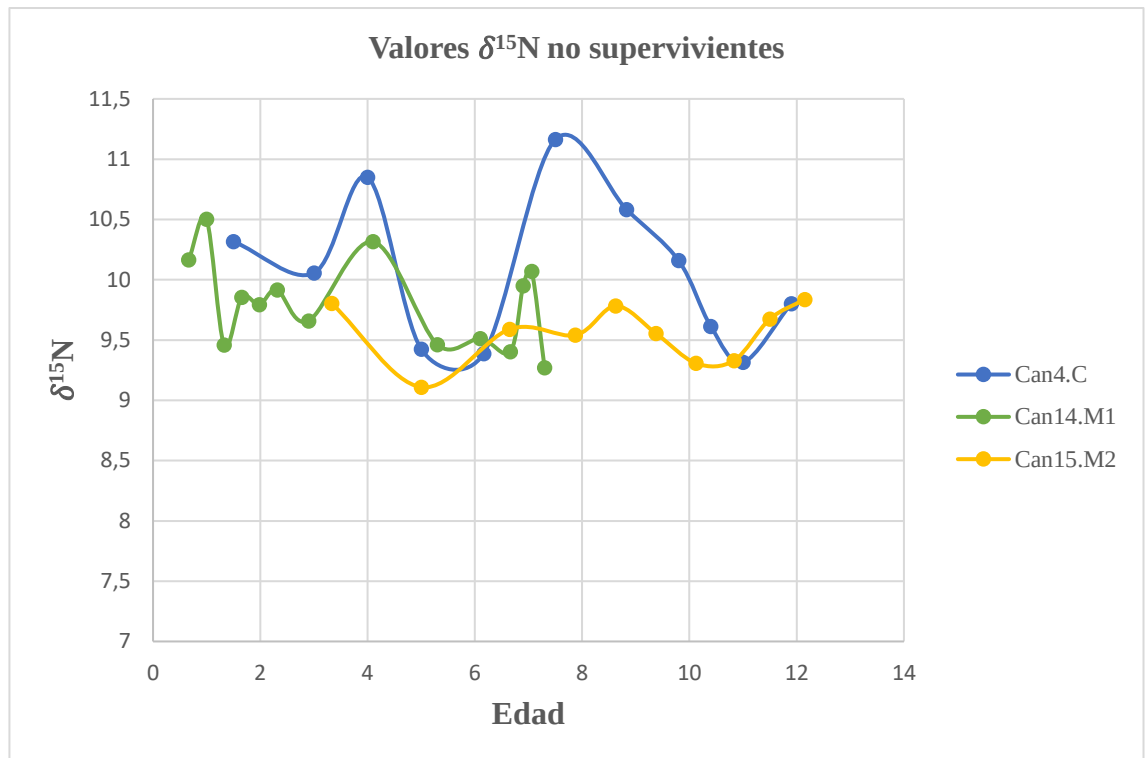


Figura 109: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de aquellos individuos que no completaron el desarrollo del diente estudiado, muriendo antes de esa edad.

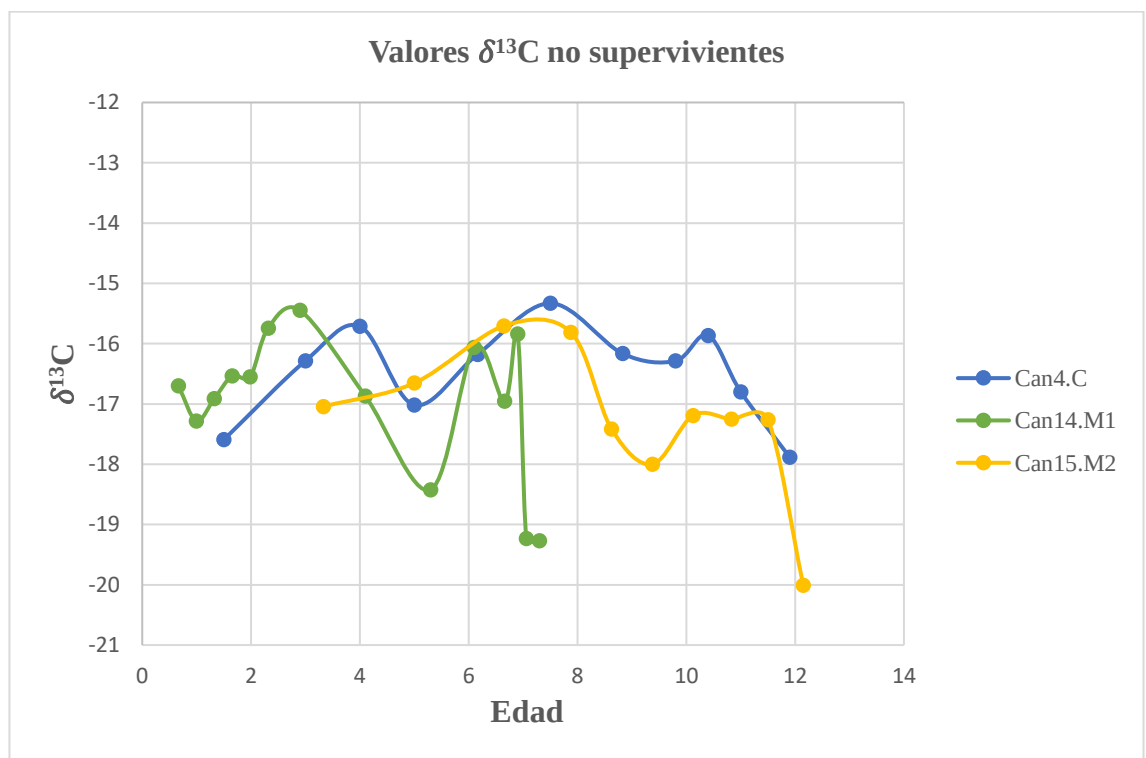


Figura 110: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de aquellos individuos que no completaron el desarrollo del diente estudiado, muriendo antes de esa edad.

Al comparar las series de secuencias de aquellos que sobrevivieron (azul) y completaron el desarrollo del diente, con aquellos que murieron antes (rojo), como se puede observar en las figuras 111 y 112, se nota como para los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (figura 111) no existe diferencia entre ambos grupos; es más, los individuos fallecidos se encuentran dentro del rango de los supervivientes. En cuanto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 112), parece ser que estos individuos que no completaron el desarrollo y murieron antes, presentan varios mínimos y máximos de estos valores, mostrando así una mayor variabilidad en su alimentación. Esto podría ser debido a que podrían no tener asegurado el alimento, como aquellos que sí sobrevivieron, lo cual los llevaría a explotar diferentes recursos para poder así sobrevivir. Hay que hacer mención también a como las “M”, de las cuales ya se habló, aquellas que indicaban cambios sucesivos en la dieta en un periodo muy corto de tiempo (5 cambios en menos de 2 años), se encuentran tanto en un individuo que no completó el desarrollo del diente (Can17.M1), como en otro que sí lo consiguió, no teniendo, a priori, mayor impacto en los procesos de salud y mortandad de ambos individuos.

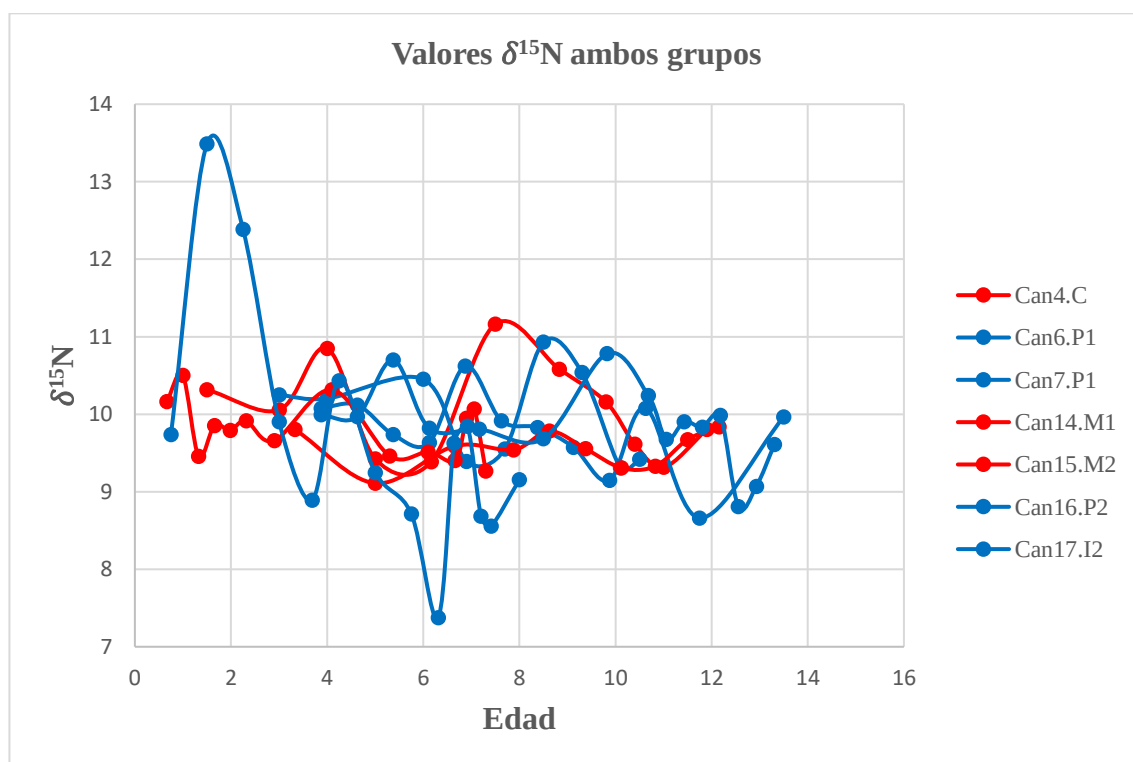


Figura 111: series de secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de aquellos individuos que terminaron el desarrollo del diente (azul), de aquellos que murieron antes de completar dicho proceso (rojo).

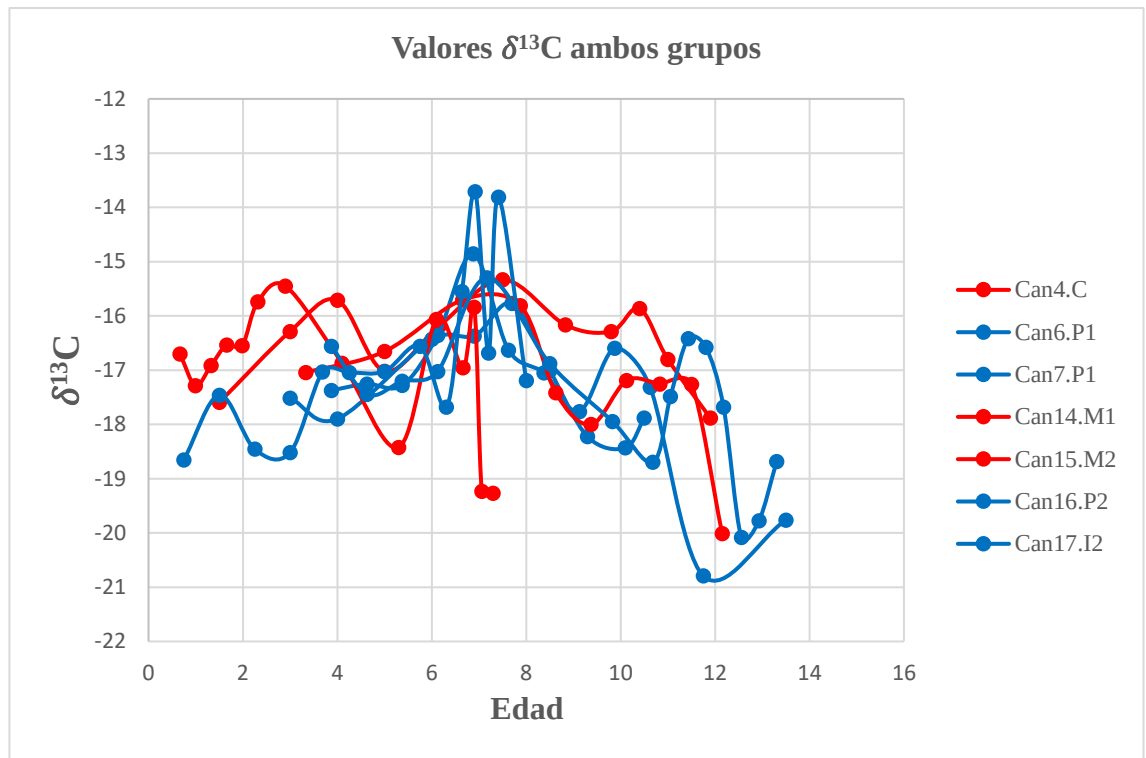


Figura 112: series de secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de aquellos individuos que terminaron el desarrollo del diente (azul), de aquellos que murieron antes de completar dicho proceso (rojo).

9.2.3.- Resumen: la dieta de las sociedades de la Edad del Bronce.

La alimentación durante este periodo parece sufrir constantes cambios a lo largo de las secuencias de dentina, consumiéndose una mayor variabilidad de recursos, lo que la hace más heterogénea, tal y como se puede ver por los valores de r^2 expuestos en su correspondiente apartado. Dos de las causas detrás de dicha variabilidad son, por un lado, la intensificación en la producción de los alimentos, y por otro la mayor estratificación social que se observa ya especialmente a nivel arqueológico durante el Calcolítico y comienzos de la Edad del Bronce. Estas diferencias en la estructura social, con individuos con mayor poder, legitimados a través del registro funerario, artístico y material, se mostraría también en el acceso diferencial a los recursos alimenticios, especialmente parece ser en el acceso a las proteínas animales procedentes tanto de la carne como de los productos secundarios (leche, huevos, queso...). Este impedimento de unos individuos hacia otros, o bien la acumulación de ciertos tipos de alimentos por los primeros, podría significar incluso otro tipo más de legitimación por parte de estas élites. En la región que se trata en este estudio, en el que la ganadería ha jugado un papel tan importante, esta podría ser la causa que habría sido objeto de la acumulación originaria que más tarde

daría lugar a esta desigualdad social (Ontañón 2012). Aunque los cambios observados dentro de las propias secuencias también nos llevan a pensar en otra posibilidad como serían problemas tanto con las cosechas como con la producción ganadera.

De especial interés supone además la introducción de nuevos cultivos, de plantas C_4 , en la cornisa cantábrica, y el impacto de las mismas no solo en la alimentación, sino en las dinámicas sociales de estos grupos. Como se ha podido observar, los valores de $\delta^{13}C$ cambian de los individuos fechados en el Bronce Medio (comienzos del II milenio cal BC), a aquellos fechados en el Bronce Final (segundo tercio del II milenio cal BC), haciéndose más positivos los de estos últimos. Esto quiere decir que ya desde el II milenio cal BC aumenta el consumo de estas nuevas especies vegetales en la región cantábrica. Las plantas C_4 , además, proceden en su mayoría de climas más áridos, las cuales pueden ser cultivadas en la Península Ibérica durante el verano, permitiendo así la complementación de estas con otros cultivos ya existentes en la región y de ciclos invernales para, de esta manera, extender la producción agrícola durante todo el año. Los alimentos proporcionados por la producción agricultura no estarían libres tampoco del control ejercido por las élites anteriormente mencionadas. Sin embargo, es posible observar cómo, dentro de unas variaciones, todos los individuos de la muestra de la Edad del Bronce final consumen los mismos recursos vegetales, lo cual indicaría que estos supondrían la dieta básica de toda la población.

De nuevo aparece la problemática de la falta de estimación del sexo de los dientes, ni genéticamente ni a través de técnicas odontométricas. En este periodo, dónde según diversas autoras y autores (Hernando 2012) ya es posible encontrar una división entre “hombres” y “mujeres” no solo a nivel de labor, sino también social y político, implicando una relación de poder desigual entre ambas partes, hubiese sido interesante interpretar los valores isotópicos desde una perspectiva de género.

Al final de las secuencias de dentina de varios individuos se observan signos de estrés de los cuales no se recuperaron, posiblemente porque este estrés pudo estar relacionado con la causa de muerte, y sus etiologías además variables (enfermedad, desnutrición...), con lo cual, aunque no se pueda asegurar cómo murió dicho individuo, ese periodo de estrés pudo jugar un papel crucial al final de su vida.

Aparte está el periodo de lactancia y posterior destete, que si bien admite dos posibles lecturas, ninguna es especialmente optimista respecto a estos procesos.

Admitiendo la posibilidad de un destete tardío, esto significaría que la lactancia tuvo que alargarse para proporcionar a los lactantes un extra de nutrientes de que otra forma sería difícil de conseguir. En el apartado dedicado a la lactancia se ha podido observar cómo a partir de los seis meses la leche materna solo cubre la mitad de los requerimientos metabólicos y energéticos, disminuyendo a un cuarto de estos hacia el año. Por otro lado, un destete muy temprano, en el que habría que introducir otros alimentos para compensar la falta de leche materna, situaría al lactante en una posición de vulnerabilidad hacia la malnutrición e infecciones. Aparte de disminuir el periodo entre nacimientos, lo cual tendría un impacto posterior en el tiempo de crianza invertido en cada descendiente, si bien esta estrategia puede tomarse para aumentar rápidamente el tamaño poblacional a cambio, seguramente, de una población más frágil ante amenazas ambientales y biológicas.

9.3 Asignación de los dientes aislados a posibles individuos.

9.3.1.- ¿Uno o dos individuos del Bronce Medio?

Hasta el momento, los dos dientes correspondientes a este periodo, Can10.I2 y Can11.M3, han sido presentados como dos sucesos independientes uno del otro. A pesar de que ambos dientes fueron encontrados en dos unidades estratigráficas distintas, en una cueva donde las UE superiores parecen haber sido removidas, las dataciones radiocarbónicas de ambos los sitúan muy próximos temporalmente, y al ser diferentes dientes, existe esa posibilidad. En este apartado se discute si podrían pertenecer al mismo individuo tomando ambas secuencias como partes de una más larga.

En la gráfica 113 puede observarse esta nueva secuencia con los valores de $\delta^{15}\text{N}$, más larga, proporcionando información desde los dos a los veintidós años. Si ambos dientes fuesen del mismo individuo, entonces puede observarse cómo la variación en el consumo de proteínas se mantiene durante toda la secuencia sin llegar al cambio en el nivel trófico, quedándose en el umbral, ya que la diferencia entre el valor máximo y mínimo, detectado en la unión entre las dos secuencias anteriores, es de 2,59‰, evidenciando, eso sí, fuertes cambios en la dieta. No se observa además ninguna incoherencia en la unión de ambas secuencias, ya que el incremento observado entre la

penúltima y última muestra del segundo incisivo se puede solapar con el incremento también presente entre el primer y segundo punto del tercer molar.

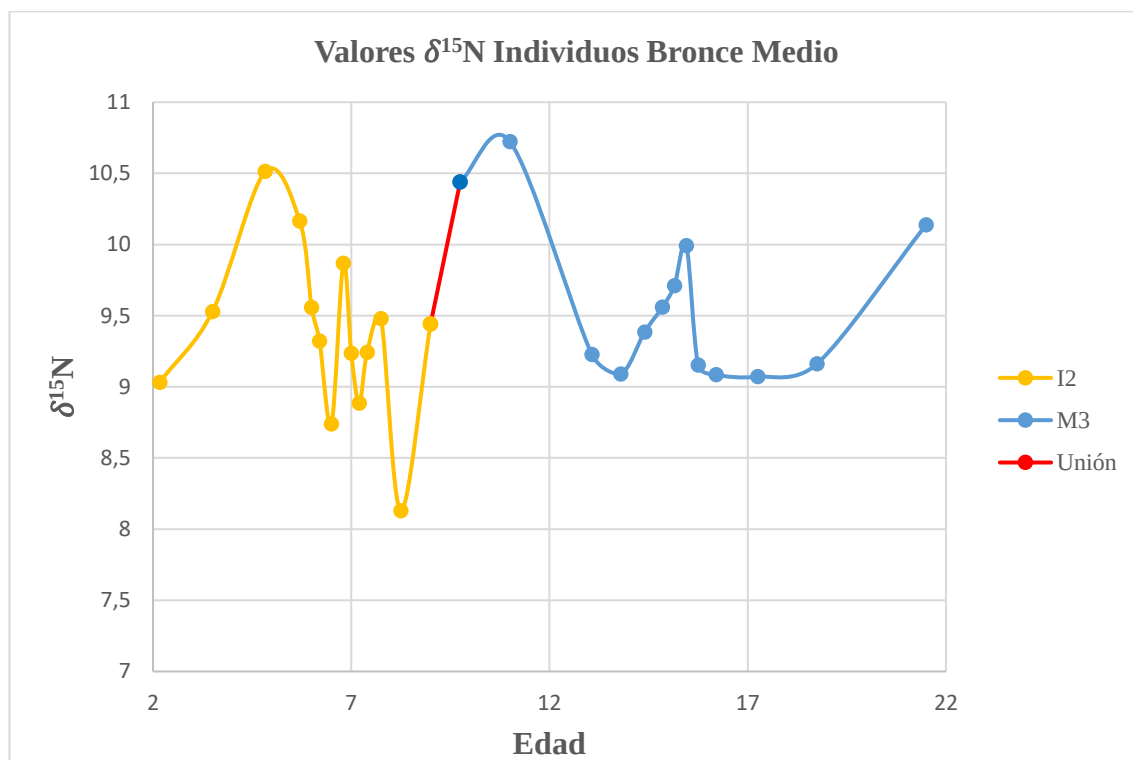


Figura 113: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los dientes fechados en el Bronce Medio si fuesen del mismo individuo. La línea roja refleja la unión entre ambos.

En cuanto a la nueva secuencia con los valores de $\delta^{13}\text{C}$, representada en el figura 114, se puede observar el mismo caso, ya que las tendencias de ambas secuencias coincidirían. Además, estarían representando otra tendencia mayor, sostenida durante todos esos años de un aumento en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ desde una edad muy temprana, y estabilizados entre -20 y -22‰, lo que sugiere una dieta C_3 mantenida durante todos esos años, sin ningún consumo de plantas C_4 , como se observa en el periodo inmediatamente posterior, el Bronce Final, donde este tipo de cultivos ya son identificados en el registro isotópico.

Así podemos observar además cómo el análisis secuencial de dentina tiene el uso potencial de identificar dientes del mismo individuo, aún en contextos donde estos no aparecen próximos entre sí ni en conexión anatómica, incluso en diferentes unidades

estratigráficas. En este caso, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ parecen indicar que sí se trataría del mismo individuo, sin embargo, al realizar un test estadístico χ^2 , este mostraba como las muestras eran significativamente diferentes al 95% ($t= 12,5$; $\chi^2= 3,84$; g.l.= 1), evidenciando que ambos dientes no pertenecían al mismo individuo.

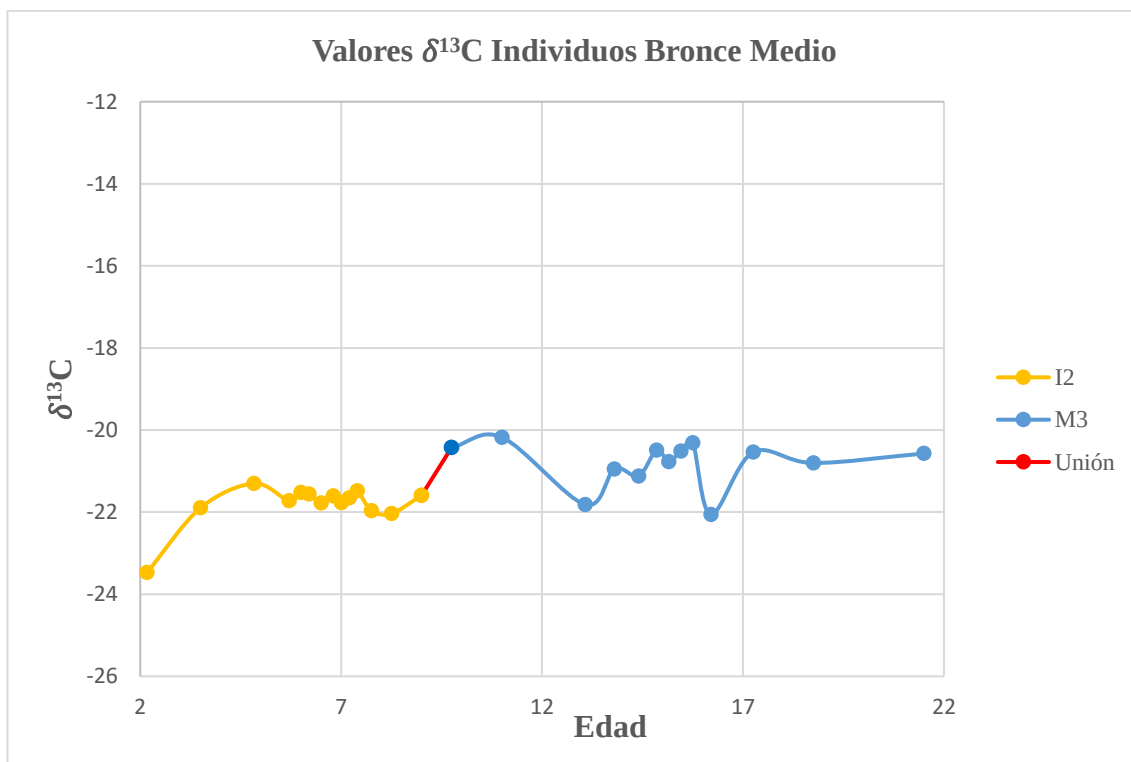


Figura 114: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los dientes fechados en el Bronce Medio si fuesen del mismo individuo. La línea roja refleja la unión entre ambos.

9.3.2.- Can14.M1 y Can16.P2.

Otros dos dientes que se han identificado como potencialmente pertenecientes al mismo individuo, por las semejanzas en los puntos de inflexión de sus secuencias, son este primer molar y segundo premolar, que pueden verse representados en las mismas gráficas con la estimación de la edad original en las figuras 115 y 116. En esta ocasión, ambos dientes sí que proceden de la misma unidad estratigráfica y tienen una datación radiocarbónica cercana entre sí. De hecho, la prueba estadística χ^2 realizada muestra que la datación de las dos muestras no son significativamente distintas ($t= 2,67$; $\chi^2= 3,84$; g.l.= 1).

En esta ocasión, se han realizado dos ajustes: uno para el $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 117) y otro para el $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 118). Primeramente, se realizó la media aritmética de aquellos puntos de inflexión (picos) más característicos de la secuencia, y luego se ajustaron el resto de los puntos, incluidos los intermedios, con el objetivo de conservar la distancia temporal entre muestra y muestra del original, calculada a partir del ritmo de crecimiento de cada región del diente.

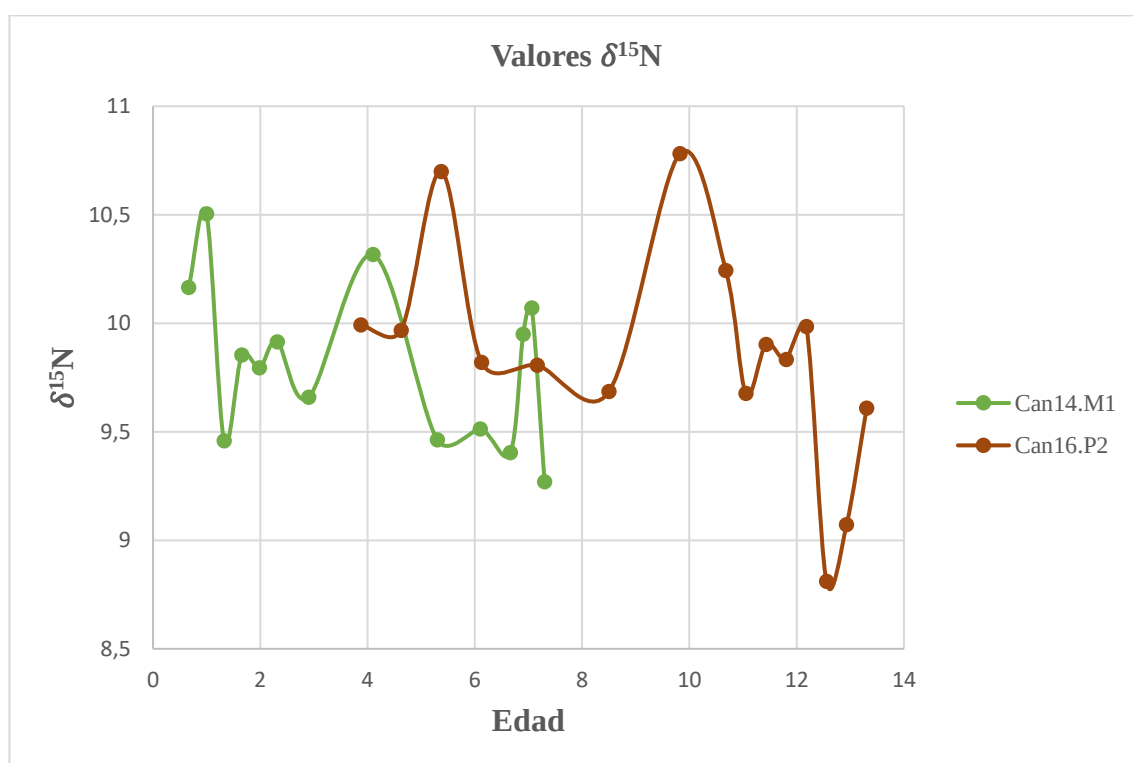


Figura 115: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de ambos dientes presumibles del mismo individuo con la edad estimada original, antes de ser corregida, para mostrar el parecido entre ambas.

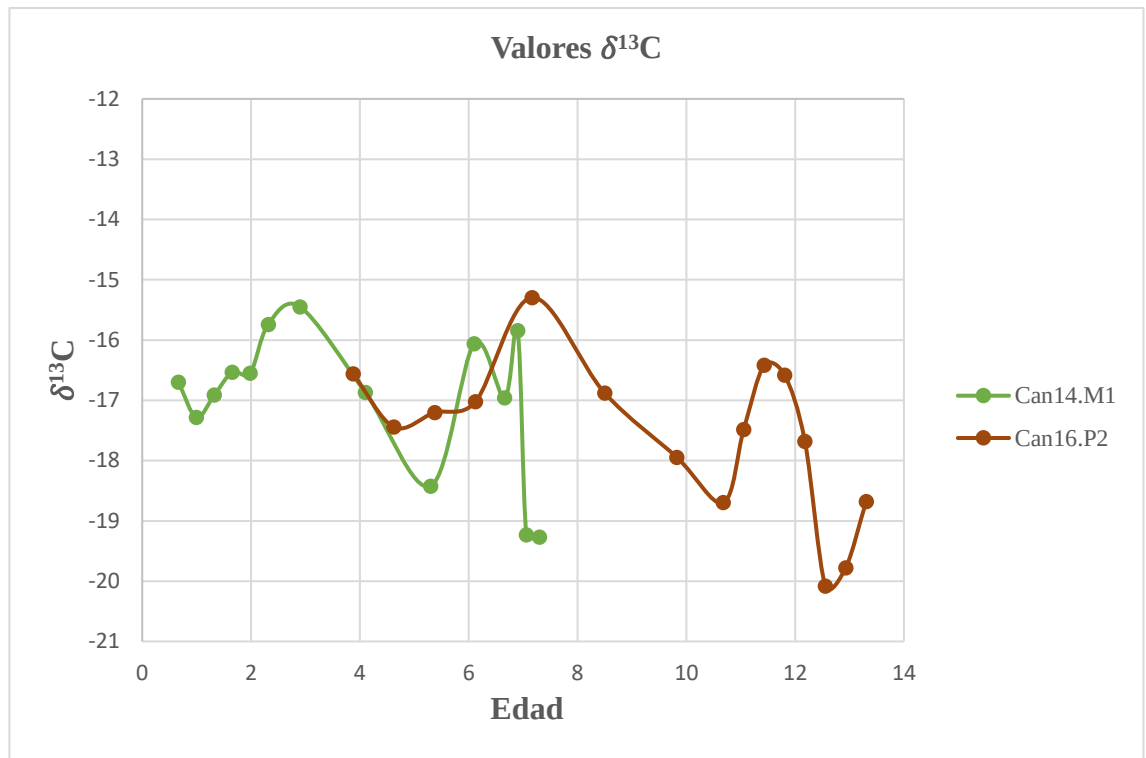


Figura 116: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de ambos dientes presumibles del mismo individuo con la edad estimada original, antes de ser corregida, para mostrar el parecido entre ambas.

Como se puede observar, ambas secuencias encajan en su mayor parte si bien con ciertas diferencias puntuales. En el caso de la secuencia de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 118), esta pequeña diferencia se sitúa hacia el final de la misma, con un leve incremento en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del primer molar, que luego disminuyen inmediatamente, ajustándose a lo esperado.

El caso de las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ es algo más complicado. En la gráfica 117, puede observarse como ambas secuencias siguen tendencias similares, motivo por el cual se pensó que podrían pertenecer al mismo individuo y se ajustaron. Sin embargo, los valores del primer molar tienden a ser inferiores a aquellos del segundo premolar para los mismos momentos, especialmente aquellos puntos de inflexión que caracterizan la función. Además, existen dos momentos específicos en los que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ para edades muy cercanas varían bastante. El primero es entre los 3 y los 4 años, donde los valores del primer molar disminuyen más de lo previsto y enseguida aumenta el valor hasta encajarse con la secuencia del segundo premolar. En el segundo, entre los 9 y los 10,5 años, ya al final de ambas secuencias, se puede observar cómo los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de ambas secuencias toman direcciones opuestas, aumentando su valor en el caso del

primer molar, y disminuyéndolo en el caso del segundo premolar. Las anteriores diferencias pueden deberse a diferencias metabólicas en el crecimiento de ambos dientes. La última, sin embargo, es más difícil de explicar y por el momento, aún no disponemos de una explicación satisfactoria para estas diferencias.

Cabe mencionar que mientras que Can16.P2 es un diente completo, con desarrollo finalizado, Can14.M1 no lo es, indicando que el individuo murió antes de que el proceso finalizase. Si se admite que ambos dientes pertenecen al mismo individuo, quizás habría que adelantar aún más la edad de desarrollo del segundo premolar de este individuo, o bien atrasar más aún el crecimiento del primer molar, para así poder ajustarlo al apartado anterior donde se discutieron las secuencias de ambos dientes en el contexto de supervivientes y no supervivientes.

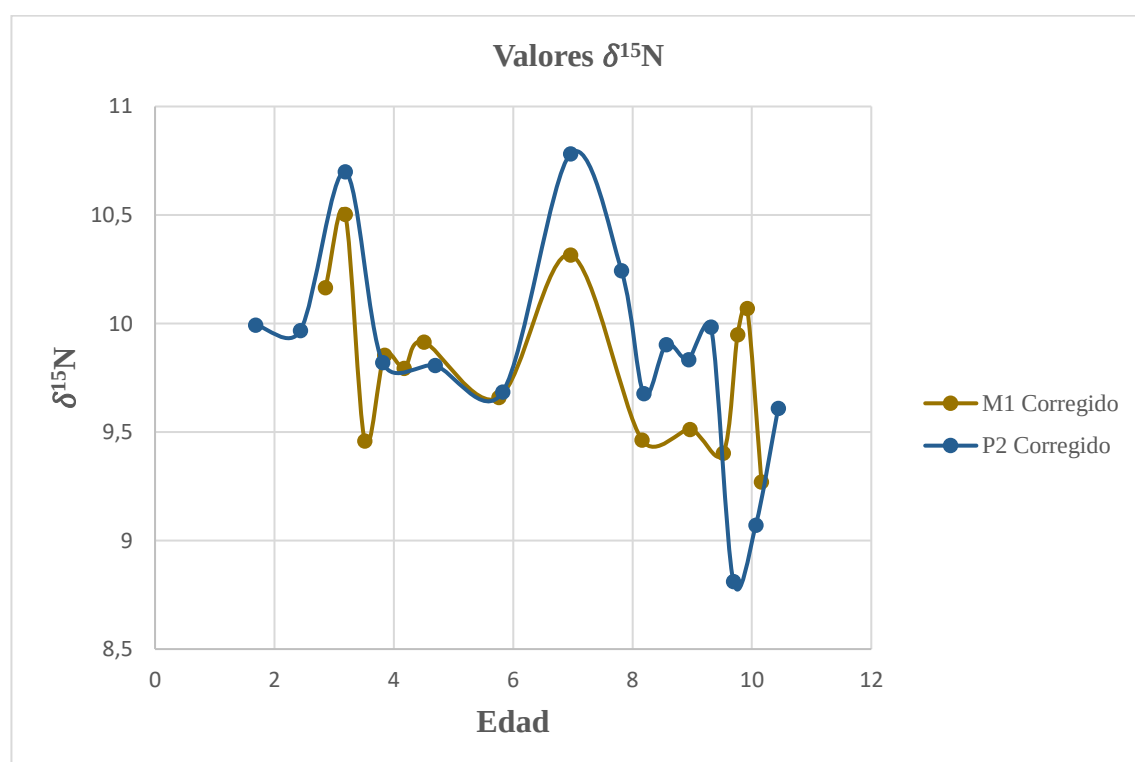


Figura 117: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ del segundo premolar y primer molar pertenecientes, probablemente, al mismo individuo.

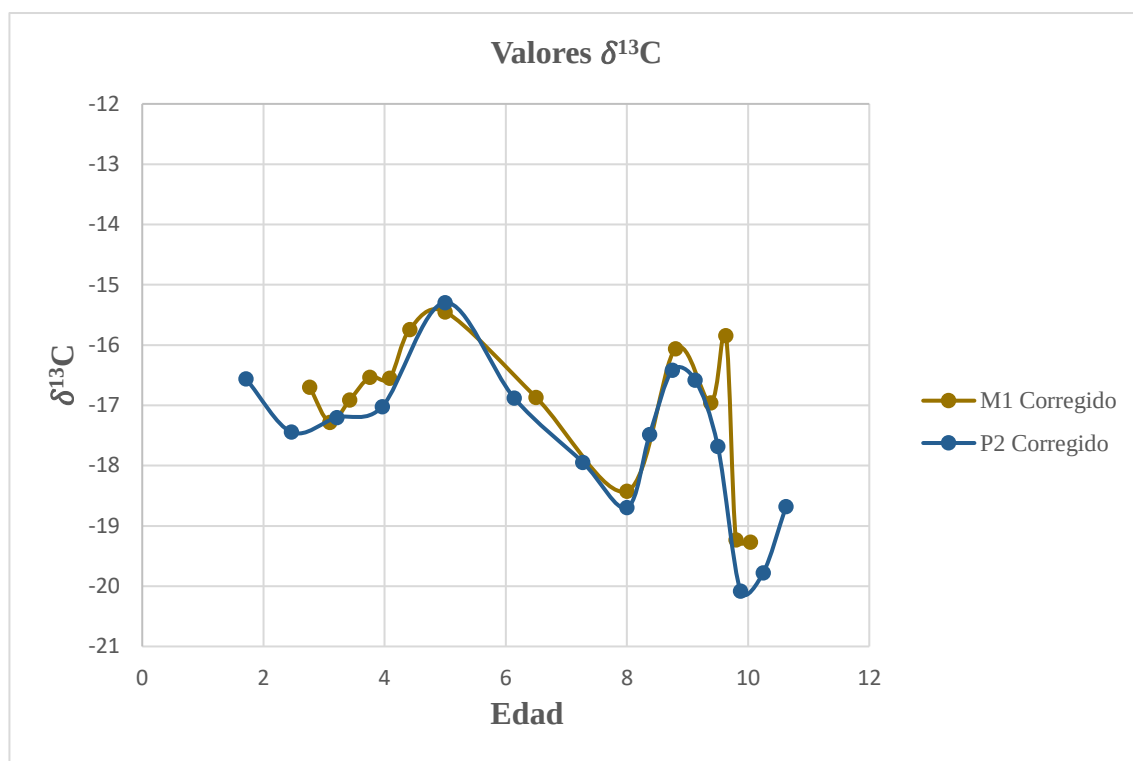


Figura 118: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ del segundo premolar y primer molar pertenecientes, probablemente, al mismo individuo.

9.3.3.-Parecidos entre otras secuencias.

Así mismo, se realizaron comparaciones entre pares de secuencias y en ningún otro caso se encontraron parecidos entre ambas secuencias para dos dientes. Esto es, que tanto las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ como las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ compartieran similitudes tales como puntos de inflexión, máximos y mínimos, y tendencias. Sí que se hallaron estos parecidos entre otros pares de dientes en una sola de las secuencias, no en ambas. Sin embargo, esto no fue suficiente para considerar que ambos perteneciesen al mismo individuo, ya que el requisito era que los valores isotópicos de ambas secuencias coincidiesen. En la tabla 44 se pueden encontrar resumidos qué dientes y para qué isótopos coincidían alguna de las secuencias. El único diente para el cual no se encontró parecido alguno con cualquiera de los otros, Can4.C, no aparece en dicha tabla. Además, hay que tener en cuenta que tanto Can14.M1 como Can16.P2, pertenecientes al mismo individuo como ya se discutió en el apartado anterior, vuelven a aparecer en la tabla por el parecido entre estos y algunas secuencias de los otros dientes.

El hecho de que existan secuencias parecidas, aunque no acaben de encajar o incluso la otra secuencia sea diferente, lo único que quiere expresar es que, a pesar de que no existe la seguridad de que estos individuos conviviesen, es más, la evidencia radiocarbónica solo permite saber que son próximos entre sí en el tiempo, sí que estos individuos comparten una experiencia nutricional común en el sentido en que tuvieron unos regímenes alimenticios muy parecidos en algunos momentos de su vida, ya sea variando entre una dieta mixta C₃/ C₄ a una solamente basada en el consumo de recursos C₄, y viceversa, o bien con diferencias en el acceso a recursos proteicos. Sería muy arriesgado suponer que estas experiencias nutricionales compartidas fuesen exactamente coetáneas y producto de un cambio ambiental o social que se reflejase a su vez en todos los individuos del grupo. En los casos además en los que existe parecido en una de las secuencias, los datos de la edad no son iguales, con lo cual es poco probable que esto se deba a acontecimientos específicos, y especiales, en la vida de los individuos donde se producía, por motivos sociales o incluso fisiológicos, un cambio en la dieta.

	Can6.P1	Can7.P1	Can14.M1	Can15.M2	Can16.P2	Can17.I2
Can6.P1	-	X	X	C	C	X
Can7.P1	X	-	N	X	C	C
Can14.M1	X	N	-	X	MI	X
Can15.M2	C	X	X	-	X	X
Can16.P2	C	C	MI	X	-	X
Can17.I2	X	C	X	X	X	-

Tabla 44: semejanzas entre pares de secuencias. Cuando las secuencias entre pares de dientes no coinciden, aparecen como “X”. Cuando solamente existe parecido en las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$, aparece una N, así cuando solo hay parecido en las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$, este se representa por una C. Los individuos Can14.M1 y Can16.P2 aparecen como “MI”: mismo individuo.

9.4.- Comparación entre mismos dientes.

En este apartado se compararán las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ de dientes idénticos, para conocer las diferencias entre ambos y saber así si estas se deben a posibles procesos metabólicos o, por el contrario, están relacionados con la dieta de cada individuo y, por tanto, también con ese nivel superior tanto ambiental como cultural que influencia

la alimentación. Evidentemente, para que esto sea posible tiene que haber un mínimo de dientes, razón por la cual algunos dientes, como el primer incisivo, no existente en la muestra, o el primer molar, del cual solo se ha estudiado uno, no aparecen en este apartado. Hay que tener en cuenta además que, en algunos casos, como se observará más adelante, se han comparado dientes de diferentes periodos para así comprender mejor las diferencias entre ambos momentos y estos dos diferentes tipos de sociedades humanas.

En la figura 119 se puede encontrar las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los segundos incisivos estudiados en el presente trabajo mientras que, en la figura 120, se muestran las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$. En este caso hay un diente procedente del Mesolítico, Can9, uno del Bronce Medio, que es Can10, y finalmente un tercero del Bronce Final, que es Can17. En la primera figura (119), no se aprecian diferencias entre las tres secuencias, dentro de ciertos rango excepto al comienzo de las mismas, debido con total seguridad a la lactancia y el posterior proceso de destete. Sí que se puede observar durante estos primeros años diferencias en este proceso, con valores de $\delta^{15}\text{N}$ mucho más altos durante el periodo del Bronce que para el individuo mesolítico. Esto estaría relacionado probablemente con que las secuencias para estos dos individuos se inician antes, y representan una información más detallada, ya que cada muestra en el individuo mesolítico medía 1,5mm en lugar de 1mm, como ocurre con los individuos posteriores. Sin embargo, estos valores de $\delta^{15}\text{N}$ más elevados en los individuos del Bronce puede tener explicación en un mayor acceso a recursos proteicos por parte de las mujeres lactantes, especialmente en un momento en el que se ya se produjo la supuesta “revolución de los recursos secundarios”, entre los que se encuentran muchos de estos productos con alto contenido proteico.

En cuanto a las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 120), se observan 3 tipos de dieta: una basada en recursos C_3 , otra mixta (C_3 y C_4), y una tercera que se basa en recursos C_4 . La primera corresponde, como ya se mencionó, al individuo del Bronce Medio, la segunda a los individuos mesolíticos, y la tercera al Bronce Final. Estos valores parecen indicar como, teniendo en cuenta el gran lapso temporal y cultural que separan ambos periodos, tras la llegada de la agricultura a la región cantábrica, la dieta se homogeneizó, pasando de una dieta mixta que aprovecha diferentes recursos, a un consumo mayoritario de recursos agrícolas C_3 . Más adelante, tras una mayor intensificación de la producción, así como la introducción de nuevos cultivos en el área, se retorna al consumo de diferentes plantas cultivables, lo cual traería cierta variabilidad en la alimentación, si bien la dependencia hacia los recursos agrícolas no solo se mantuvo, si no que creció.

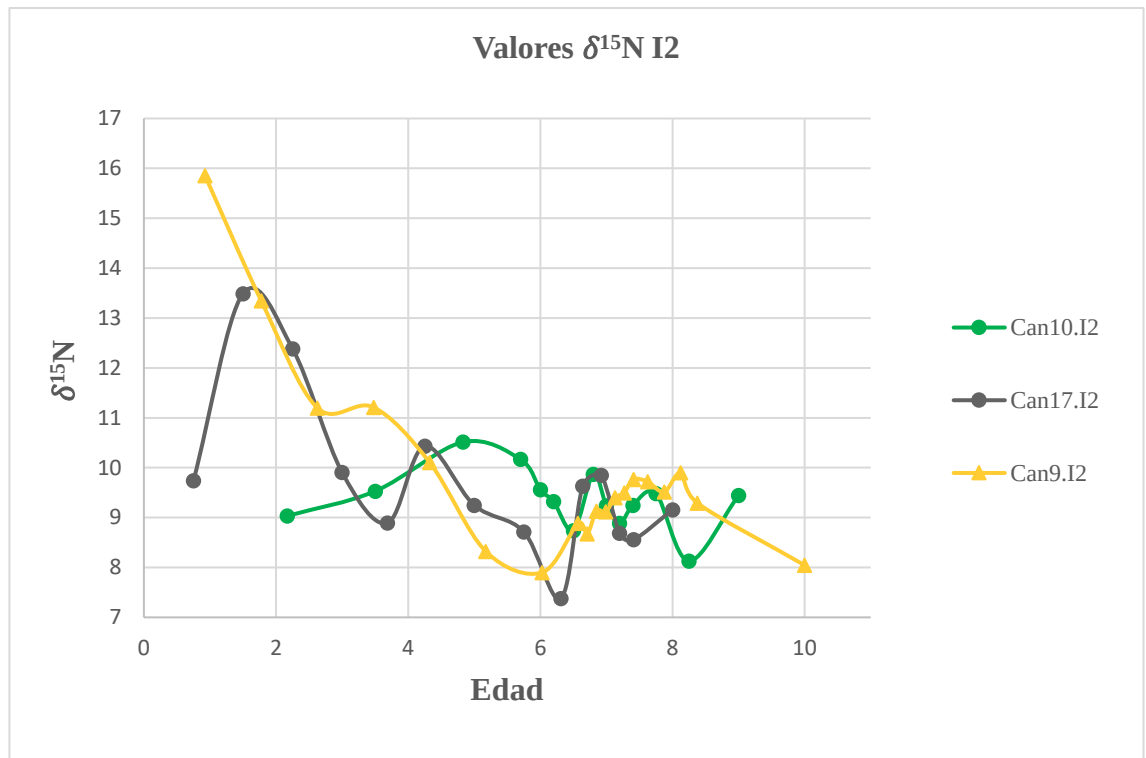


Figura 119: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los segundos incisivos estudiados en el presente trabajo.

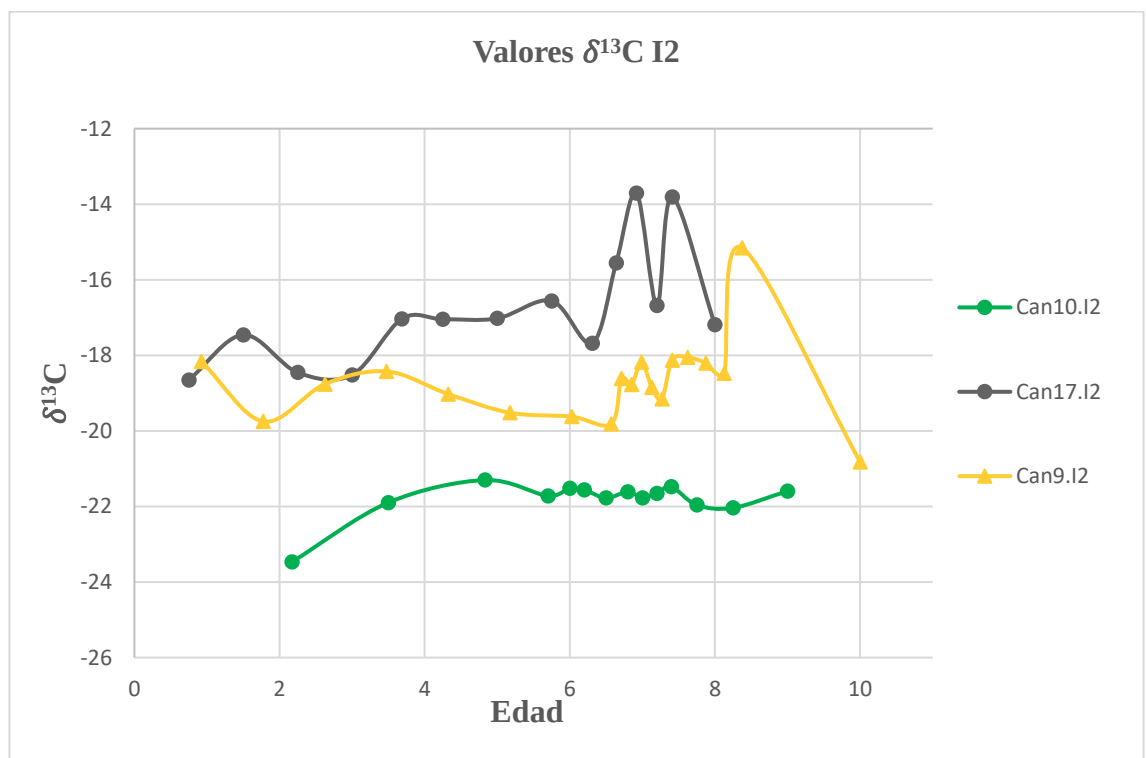


Figura 120: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los segundos incisivos estudiados en el presente trabajo.

La comparación entre secuencias de caninos puede observarse en las figuras 121 para el $\delta^{15}\text{N}$ y 122 para el $\delta^{13}\text{C}$. En el caso del $\delta^{15}\text{N}$, se observa como el individuo magdalenense (Can12) presenta los valores más altos, como ya se mencionó con anterioridad, debido a una dieta basada en recursos marinos de manera continuada durante esos años. Las otras secuencias se encuentran más cercanas entre sí. De hecho, dos pertenecen al mismo individuo mesolítico, Can3, mientras que la tercera pertenece al Bronce Final. Esta última presenta valores de $\delta^{15}\text{N}$ más elevados que la del periodo anterior, en ocasiones superando el umbral del 3‰, el mínimo para considerar que dos individuos ocupan niveles tróficos distintos. Esta diferencia en el consumo de este tipo de alimentos puede deberse, de nuevo, a la intensificación productora, en este caso ganadera, y el incremento en el consumo de productos secundarios procedentes de estos animales.

En el caso de la secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 122), de nuevo aparecen tres tipos de dieta: la C_3 mesolítica, otra basada en el consumo de recursos marinos por parte del individuo magdalenense, y la dieta C_4 típica del Bronce Final. Se puede observar, como con la llegada del Mesolítico, se estaría produciendo un aumento de la territorialidad del espacio, por el cual unos grupos impedirían a estos individuos que habitaban el interior de la región el acceso a estos recursos marinos, al contrario que ocurriría en periodos anteriores. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del Bronce Final de nuevo estarían relacionados con ese consumo de plantas C_4 introducidas durante ese mismo milenio en la cornisa cantábrica.

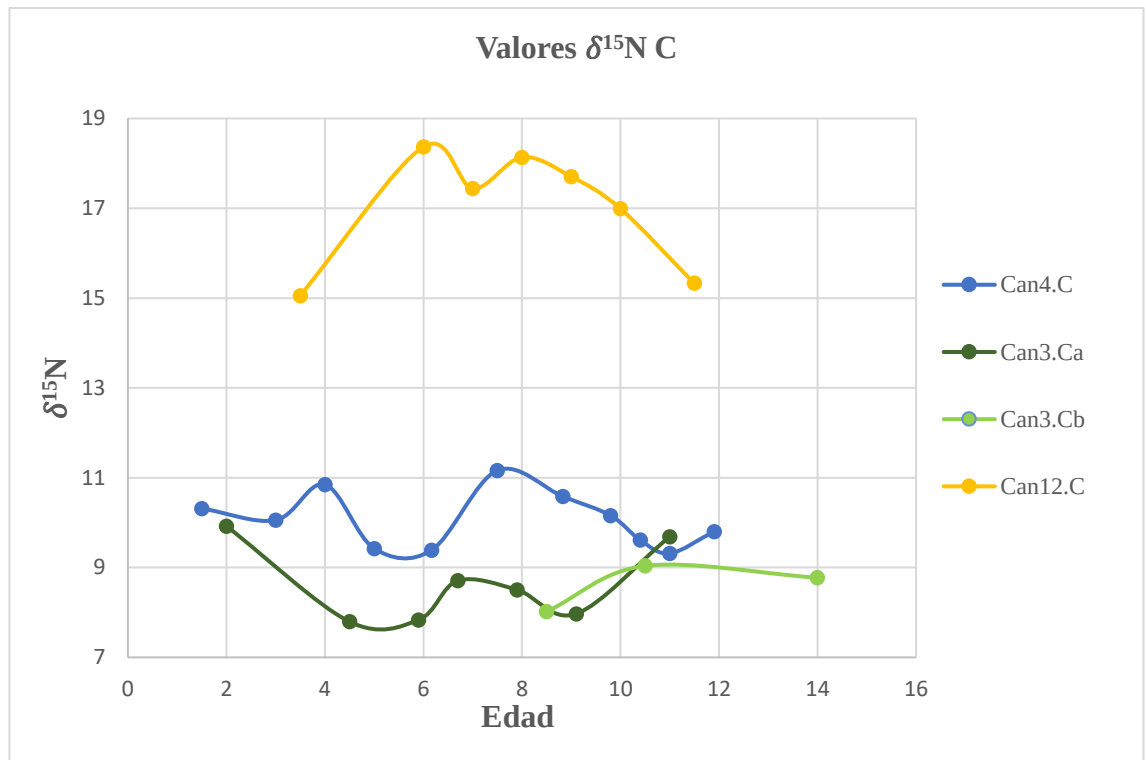


Figura 121: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los caninos analizados en el presente trabajo.

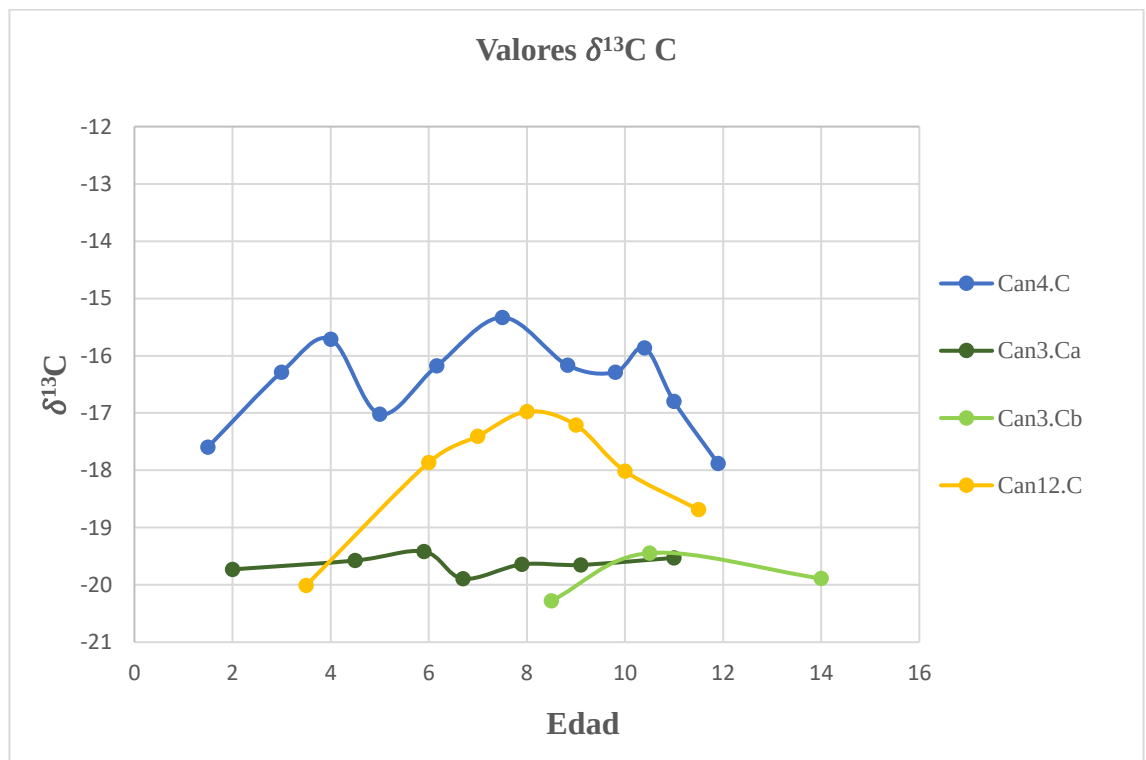


Figura 122: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los caninos analizados en el presente trabajo.

En cuanto a los primeros premolares (figuras 123 y 124), ambas secuencias pertenecen a dos individuos del Bronce Final, sin embargo, la información que proporcionan es escasa. Las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ (figura 123) muestran diferencias en el consumo de recursos proteicos a lo largo de los años en los que el diente se estaba desarrollando, sin que estas supongan un cambio en el nivel trófico en el que se situaban los individuos. No parece existir tampoco semejanzas en los momentos en los cuales se consumían más o menos de estos recursos, con lo que esta variabilidad puede corresponderse más con la disponibilidad de este tipo de recursos que con normas sociales respecto a qué pueden consumir los individuos infantiles de un grupo y qué alimentos no. Las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 124) parecen ser más similares, aunque al final de la perteneciente al individuo Can7 se aprecia una disminución en los valores, similar a la que ocurre con los valores de $\delta^{15}\text{N}$, evidenciando un cambio en la dieta a esa edad.

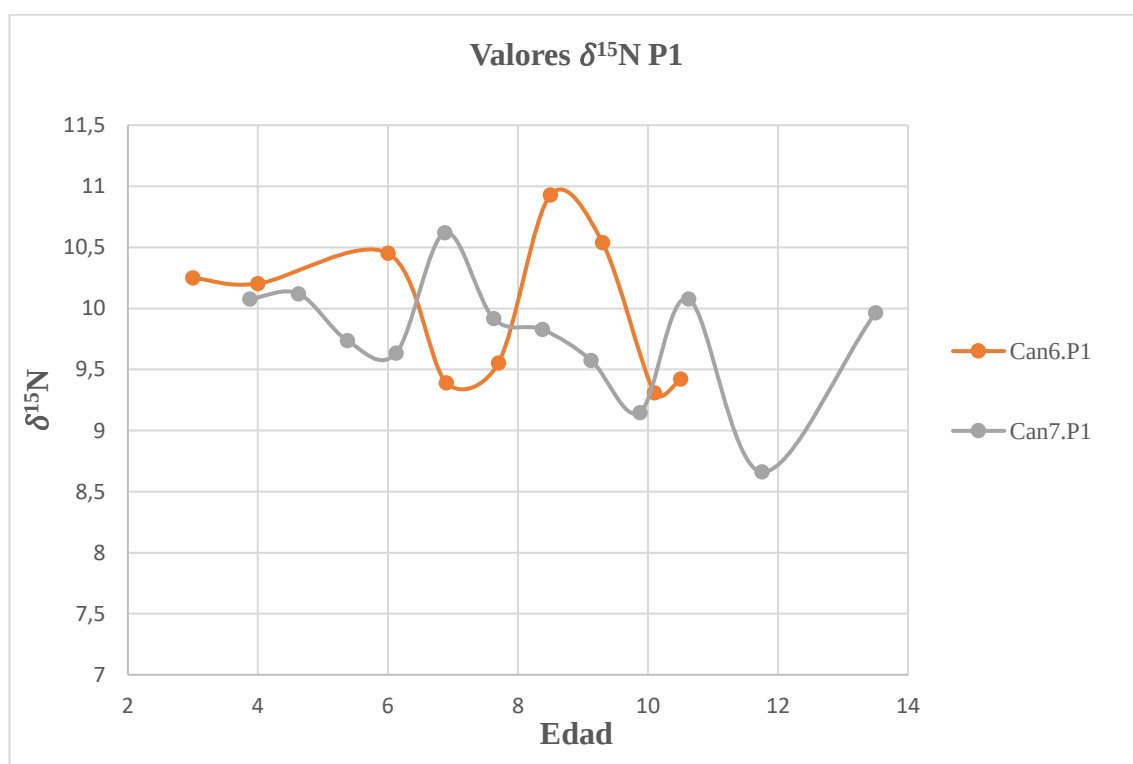


Figura 123: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los dos primeros premolares de la muestra.

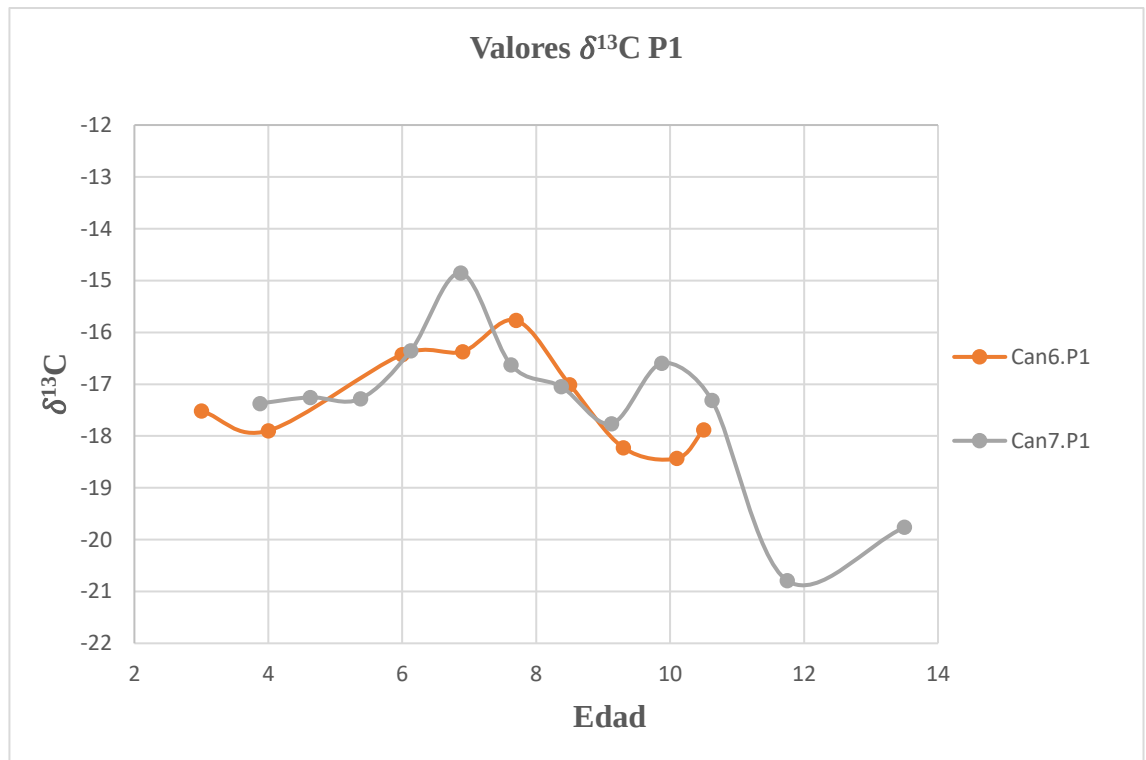


Figura 124: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los dos primeros premolares de la muestra.

En el caso de los segundo premolares uno pertenece a un individuo mesolítico (Can8), mientras que el otro pertenece al Bronce Final (Can16). Al comparar las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ (figura 125) pueden observarse diferencias entre ambas, siendo la más notable el continuo descenso en los valores del individuo mesolítico a lo largo de toda la secuencia, algo que no ocurre en el individuo Can16, donde estos se mantienen estables dentro de unos rangos, no superando en ningún momento el umbral del 3%. Esto indica dos regímenes alimentarios distintos, con el individuo mesolítico, que además no sobrevivió para completar el diente, teniendo una edad estimada de muerte en torno a los 12 años, consumiendo cada vez menos recursos proteicos, lo cual es probable que tuviese un impacto en su salud, debido a las múltiples funciones fisiológicas de las proteínas. El individuo del Bronce Final, en cambio, presenta una variabilidad con etapas en los que los valores apenas cambian, como entre los 6 y los 8,5 años, evidenciando así un consumo estable de este tipo de recursos.

En cuanto a las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 126), se vuelve a producir la tendencia ya observada: los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del Bronce Final son los más altos y están relacionados con la introducción de nuevos cultivos en la zona, como se observa por la variabilidad a

lo largo de la secuencia, indicando momentos en los que el consumo de plantas C_3 se incrementaba durante algún periodo de tiempo, para volver luego a valores C_4 , típicos para este periodo. La dieta mesolítica en este individuo vuelve a basarse en el consumo de plantas C_3 , también siguiendo lo esperado para este periodo.



Figura 125: secuencias de $\delta^{15}N$ procedente de los segundos premolares.

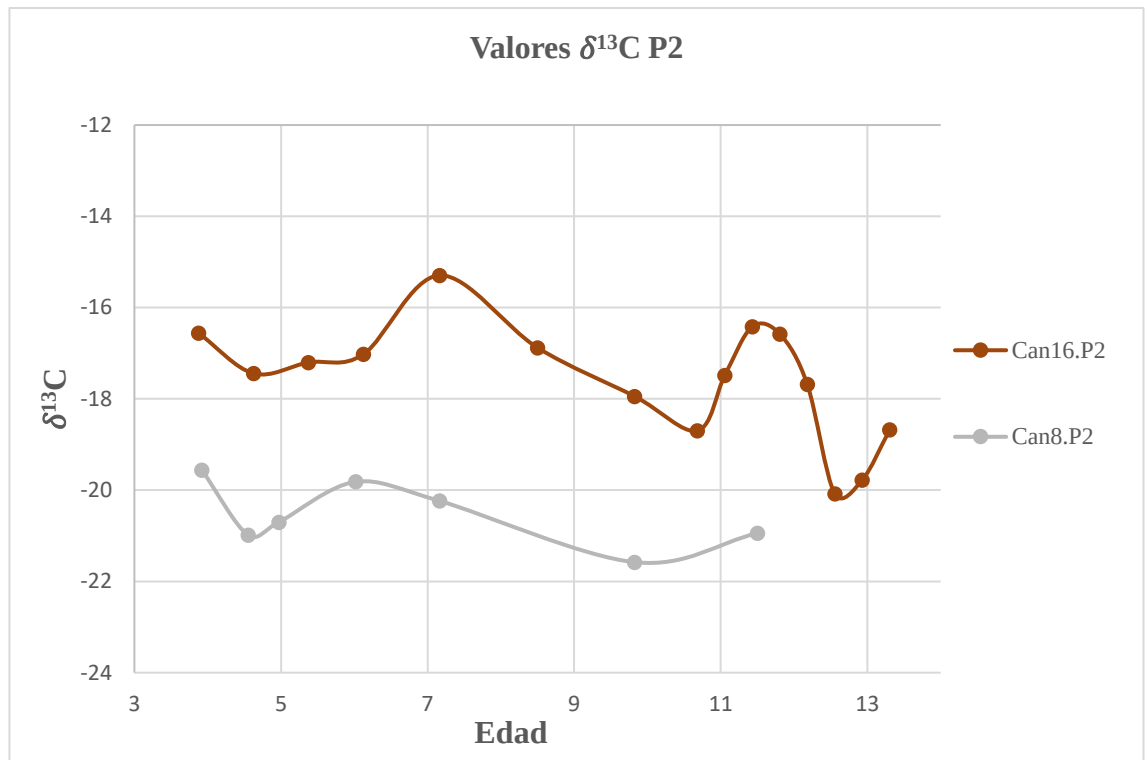


Figura 126: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los segundos premolares.

Las secuencias de segundos molares están representadas por un individuo del Mesolítico, Can13, y por otro del Bronce Final, Can15, que además murió antes de que el desarrollo del diente finalizase. En la figura 127, donde aparecen las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$, puede apreciarse como los valores de este isótopo son muy estables durante los años, con apenas variación. Esto significa que la ingesta de recursos proteicos fue similar durante esos años y, dada la edad a la que comienza, proporcionada por los otros individuos adultos del grupo. Esto puede indicar dos cosas: o bien estos recursos proteicos, procedentes de la ganadería, fueron estables durante todos esos años, o podría tratarse incluso de una dieta especial en un individuo que, a juzgar por los valores de $\delta^{15}\text{N}$, habría mostrado ya una cierta fragilidad. Como se acaba de mencionar, estos valores tan estables no proporcionan información alguna de ningún capítulo específico de estrés. Si la salud de este individuo estuviese comprometida, tendría que haber sido por un largo periodo de tiempo. El individuo mesolítico, por otra parte, sí que muestra variaciones de mayor magnitud, llegando a sobrepasar en dos ocasiones el umbral del nivel trófico, una de ellas relacionada con el proceso de destete. Parece existir cierta semejanza con el individuo Can8.P2, en una tendencia a la disminución de los valores de

$\delta^{15}\text{N}$ a lo largo de la secuencia, con la notable diferencia que este individuo no murió y pudo completar el desarrollo del diente, aumentando los valores de $\delta^{15}\text{N}$ durante los últimos puntos de la secuencia. Se podría teorizar acerca de si el otro individuo que sí falleció, de haber sobrevivido, habría experimentado también un aumento de los valores de este isótopo a una edad parecida, y si esto pudiera estar a su vez relacionado con algún aspecto cultural y fisiológico, como puede ser la llegada de la pubertad, un evento de especial interés en ambos aspectos.

Las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 128) vuelven a mostrar esa dieta C_3 mesolítica, y la dieta C_4 del Bronce Final. Mientras que la primera va variando desde valores mixtos y acaba en una dieta C_3 , la segunda sufre un cambio repentino entre la penúltima y última muestra, en el que el individuo pasa de ingerir una dieta con contenido en plantas C_4 , a una en la que solamente se alimentó de plantas C_3 hasta su muerte. Cabe preguntarnos si, conociendo la frágil salud del individuo, fuese este el último intento, a través de un cambio de dieta, tomado por el grupo humano para conseguir la mejoría de estado e impedir el hecho que aconteció.

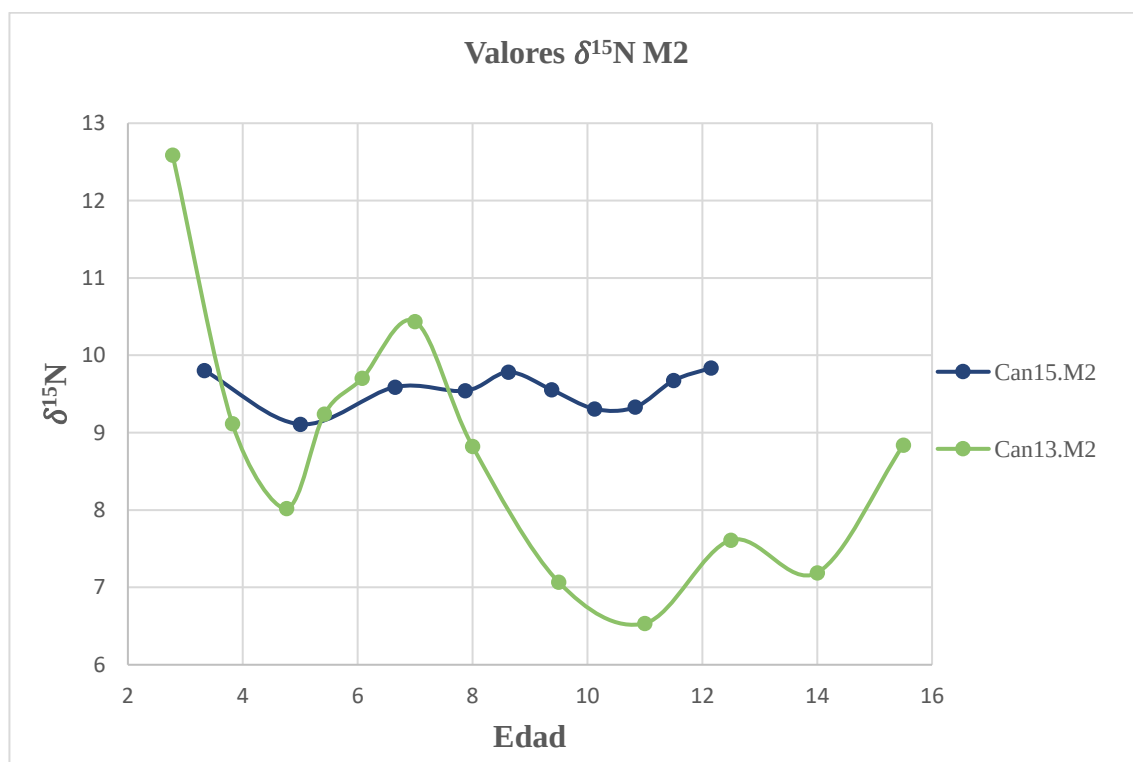


Figura 127: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los segundos molares.

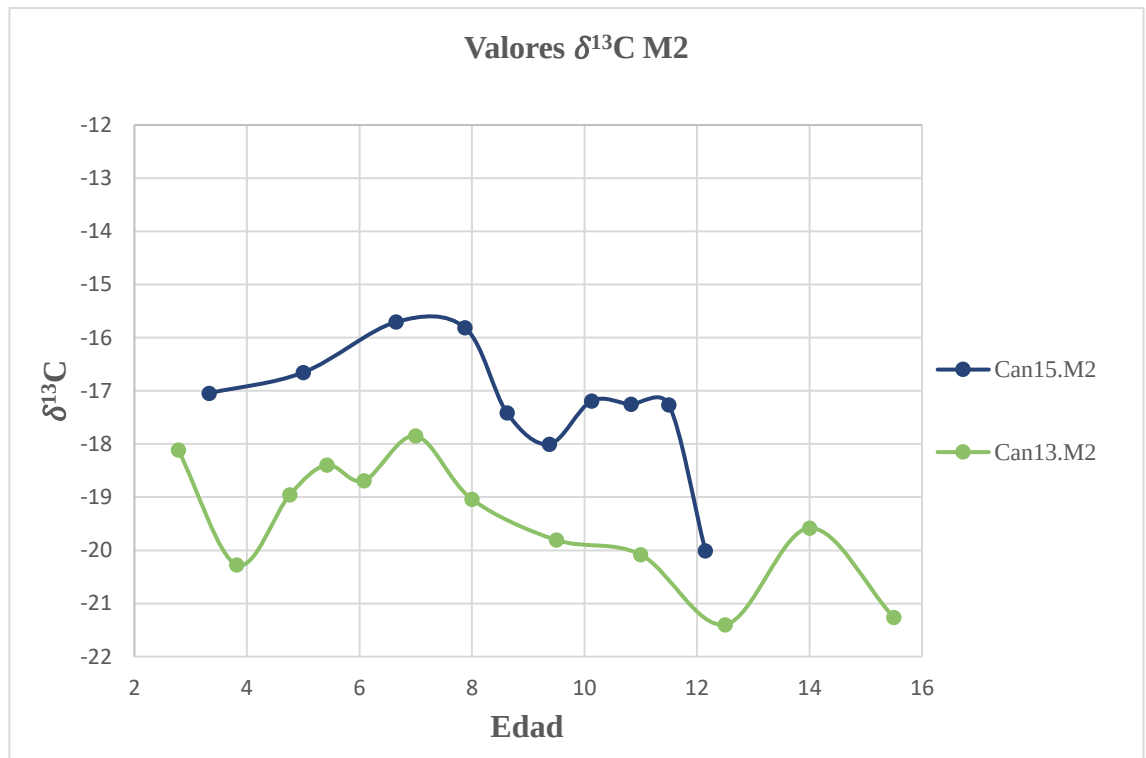


Figura 128: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los segundos molares.

Finalmente, se va a discutir las diferentes secuencias de los terceros molares, pertenecientes a 4 individuos distintos: 3 mesolíticos, y 1 del Bronce Medio. Además, uno de estos mesolíticos, el individuo Can2, murió en torno a los 16 años, antes de que el desarrollo del diente finalizase. Observando las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ (figura 129), puede apreciarse que los valores procedentes del individuo 11, el del Bronce Medio, son mayores que los de los otros individuos. Esto posiblemente esté en relación con el uso de productos secundarios y la intensificación de la producción ganadera. Sin embargo, esta secuencia no es estable, aunque la variación sea menor que la establecida para que esto suponga un cambio en el nivel trófico en el que se sitúa este individuo. Algo que también ocurre en los individuos mesolíticos: variación, pero sin cambio en el nivel trófico. En cuanto a estos últimos, parece que exista ningún patrón en cuanto a la alimentación que permita diferenciar a los supervivientes del individuo que murió, salvo un menor consumo proteico a lo largo de toda la secuencia de Can2, lo cual no es suficiente para asegurar que esto esté detrás de una posible peor salud que el resto del grupo.

Respecto a las secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 130), se trata de valores C_3 en los cuatro casos, con algún pequeño aporte de algún recurso C_4 en los individuos mesolíticos, sin

que esto suponga una dieta mixta de ambos tipos de plantas, aunque la dependencia de plantas C_3 fue más fuerte durante el Bronce Medio, ya que se produce un abandono casi total de la caza y la recolección como método de subsistencia, centrándose los esfuerzos en las labores productoras. De nuevo, siguen sin encontrarse diferencias entre los individuos mesolíticos que puedan estar relacionadas con Can2, el fallecido, sin embargo, la secuencia de este es más estable que la del resto, pudiendo ser esto un efecto de su muerte prematura, que terminó la secuencia antes del fin del desarrollo de la pieza dental.

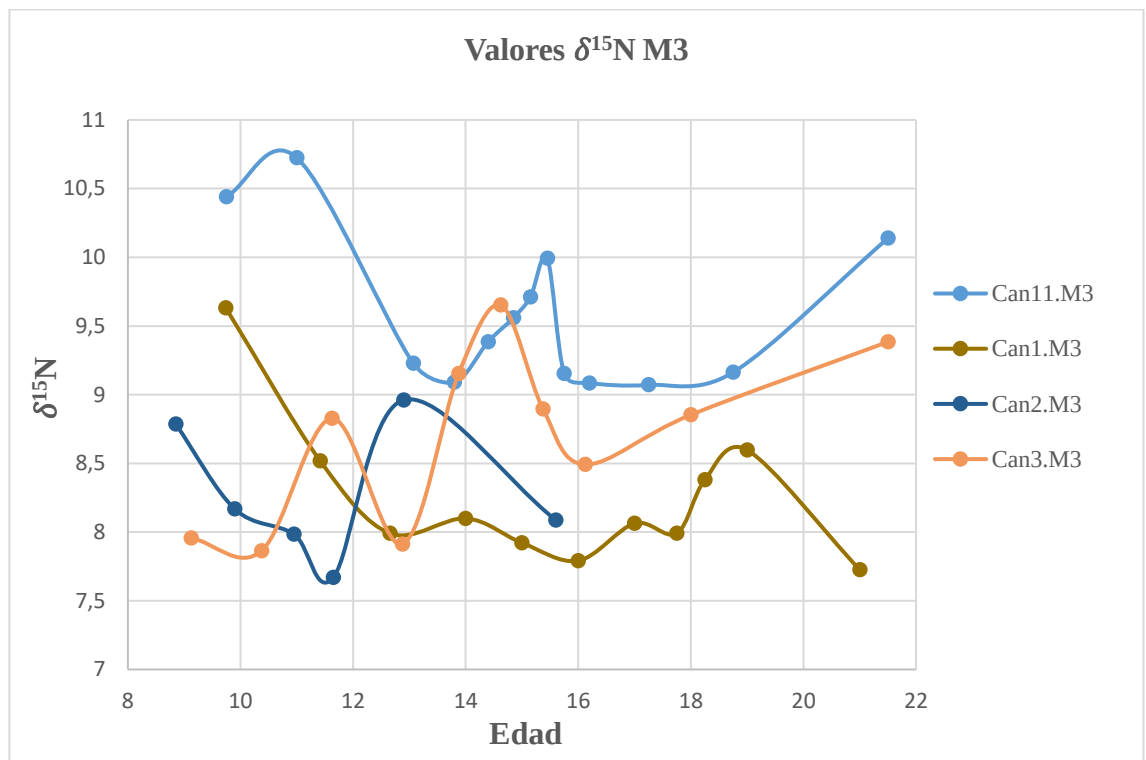


Figura 129: secuencias de $\delta^{15}N$ de los terceros premolares estudiados en el presente trabajo.

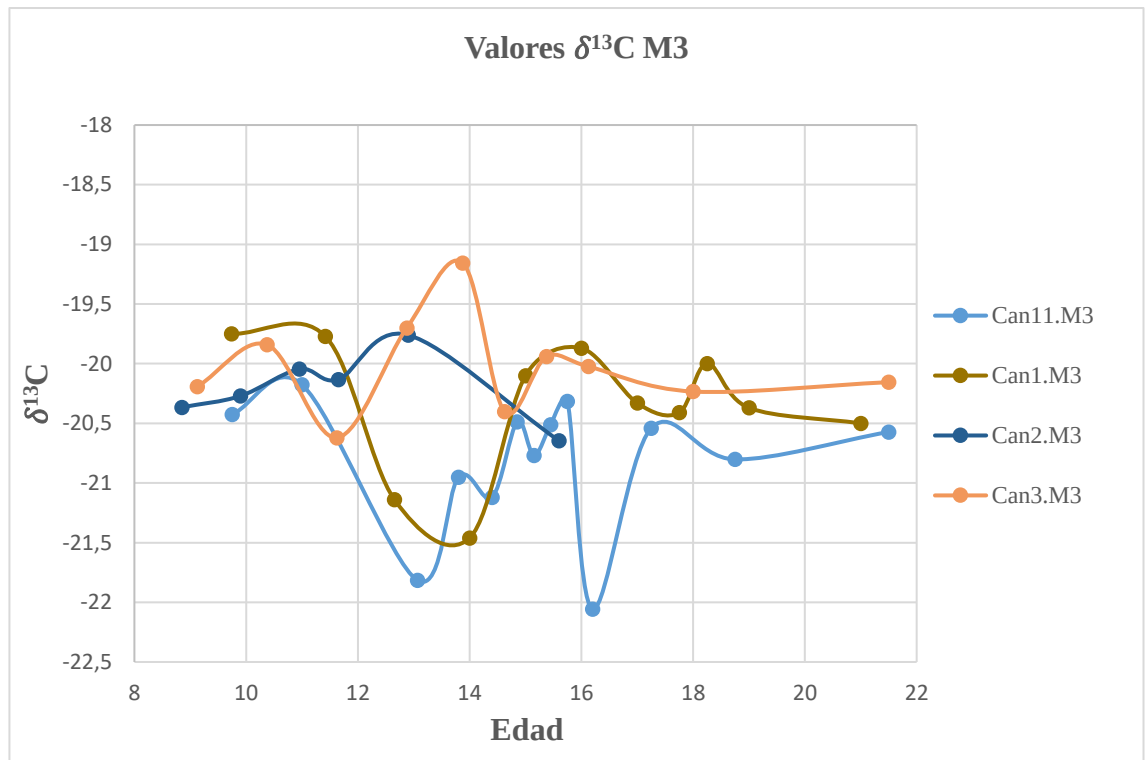


Figura 130: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los terceros premolares estudiados en el presente trabajo.

9.5.- Comparación entre metodologías para estimar la edad: el ejemplo de Can9 y de Can16.

Como se mencionó al principio del capítulo, se iba a realizar una comparación entre los dos métodos que existen ahora mismo para estimar la edad de cada muestra. El primero, usado en la presente tesis y basado en el estudio de Alqahtani (2010), tiene en cuenta los diferentes ritmos de crecimiento dental. El segundo, en cambio, solamente tiene en consideración la edad de inicio y final del diente, y divide la diferencia entre ambos momentos por el número de muestras de la secuencia de dentina, con lo cual los intervalos son totalmente regulares a lo largo de la misma y no tienen en cuenta los diferentes ritmos de crecimiento de la dentina a lo largo del eje.

Como ejemplo para comparar cómo varían las secuencias según ambos tipos de estimaciones, se han calculado de nuevo las edades según el método acumulativo en los dos individuos con la secuencia más completa, es decir, que no se tuvieran que unir varias muestras, ya que el otro método también realiza cortes seccionales, obteniendo más

dentina pero mezclando señales isotópicas de varios momentos. Los dos individuos seleccionados fueron Can9.I2 (figuras 131 y 132) y Can16.P2 (figuras 133 y 134).

En las figuras 131 y 132 (individuo 9), puede observarse un adelantamiento general de los valores, donde los pertenecientes a la corona, donde el ritmo de crecimiento es más lento, se encuentran más próximos mientras que los que representan valores de la raíz, de crecimiento más rápido, se alejan entre sí. El punto donde más afecta estos nuevos cálculos es en la nueva estimación de final de destete, adelantándola desde los 2,65 años hasta los 1,8 años, es decir, casi un año para un proceso que como se ha podido observar tiene gran impacto en la salud y ciclo vital del individuo.

Respecto al individuo Can16.P2, la secuencia sufre también cambios pero no tan notables, debido en parte porque no representa un momento tan crucial en la vida del individuo, pero también por la estabilidad de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (figura 133). En cuanto a la secuencia de $\delta^{13}\text{C}$ (figura 134), se observa como las principales curvas de la función se adelantan.

Ambos ejemplos sirven para ilustrar cómo la metodología usada para estimar la edad tiene efectos, no solo en la interpretación de los resultados, sino también en procesos específicos y de gran importancia que experimentan los individuos a lo largo de su ciclo vital, como es la lactancia y posterior destete, que se alargan en el tiempo normalmente durante años, o incluso en la muerte del individuo, ya que valores relativos, por ejemplo, a un periodo de estrés se pueden ver alterados, y si estos episodios tienen una función en la muerte del mismo, entonces se pueden malinterpretar los datos e infraestimar el impacto de este.

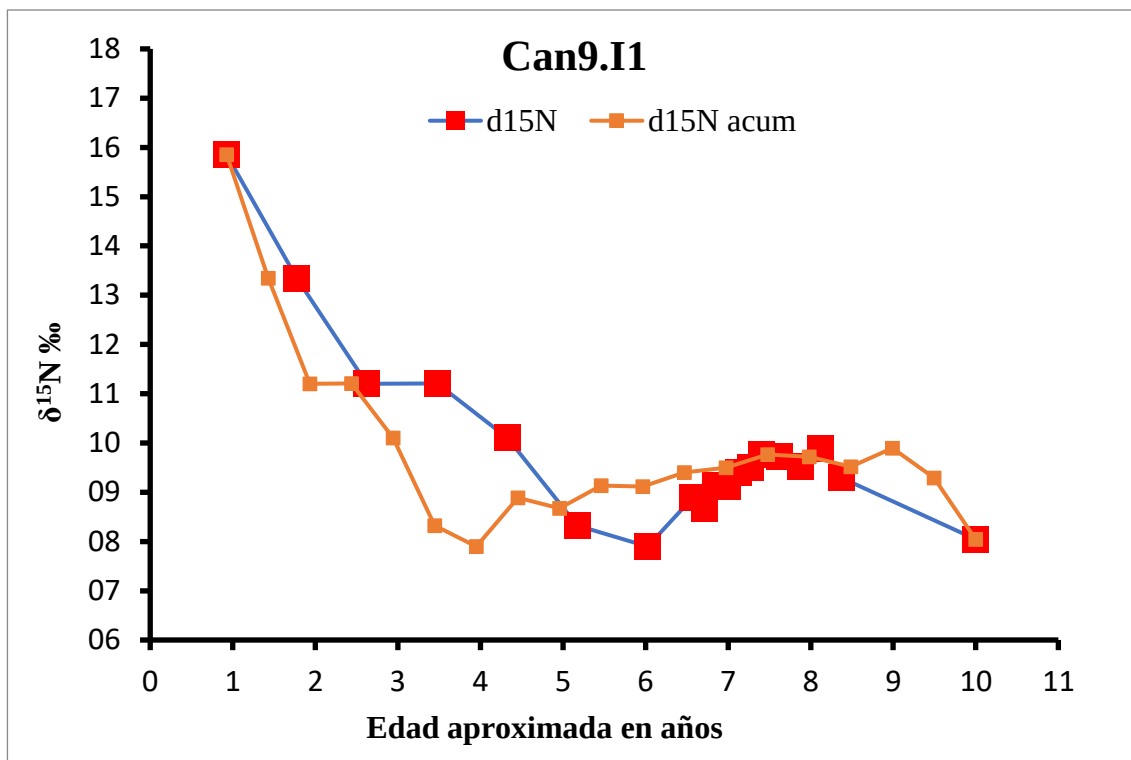


Figura 131: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 9.

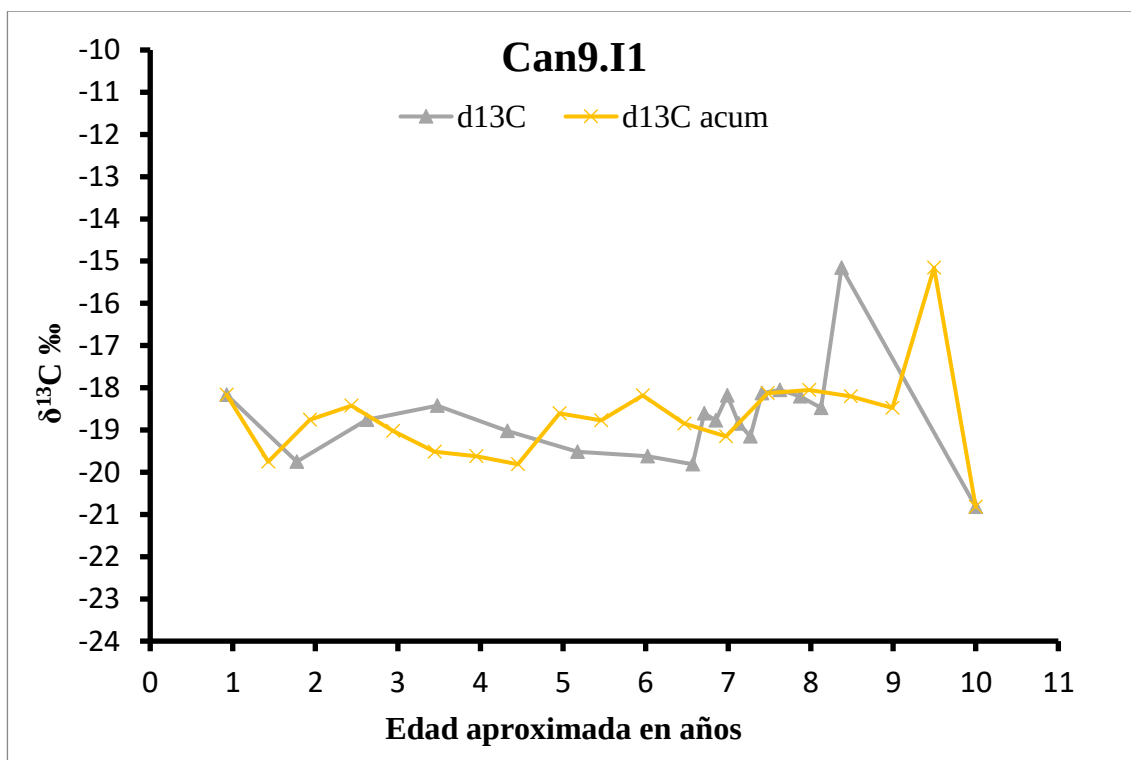


Figura 132: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 9.

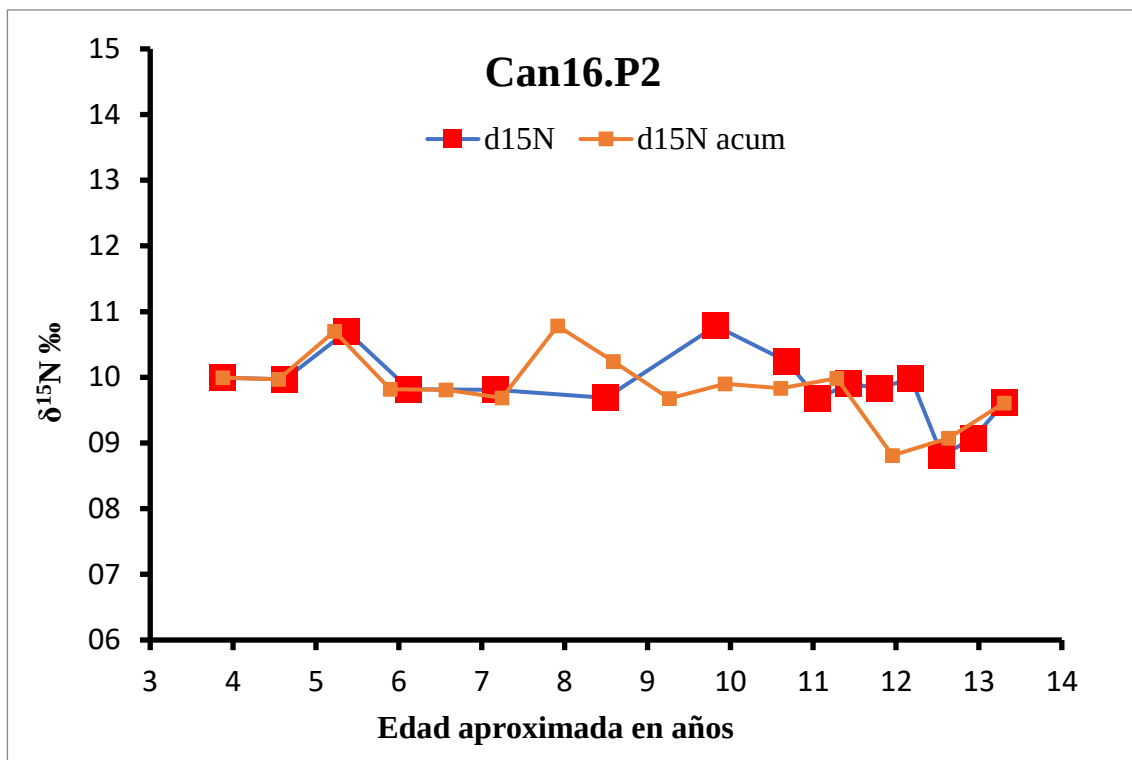


Figura 133: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 16.

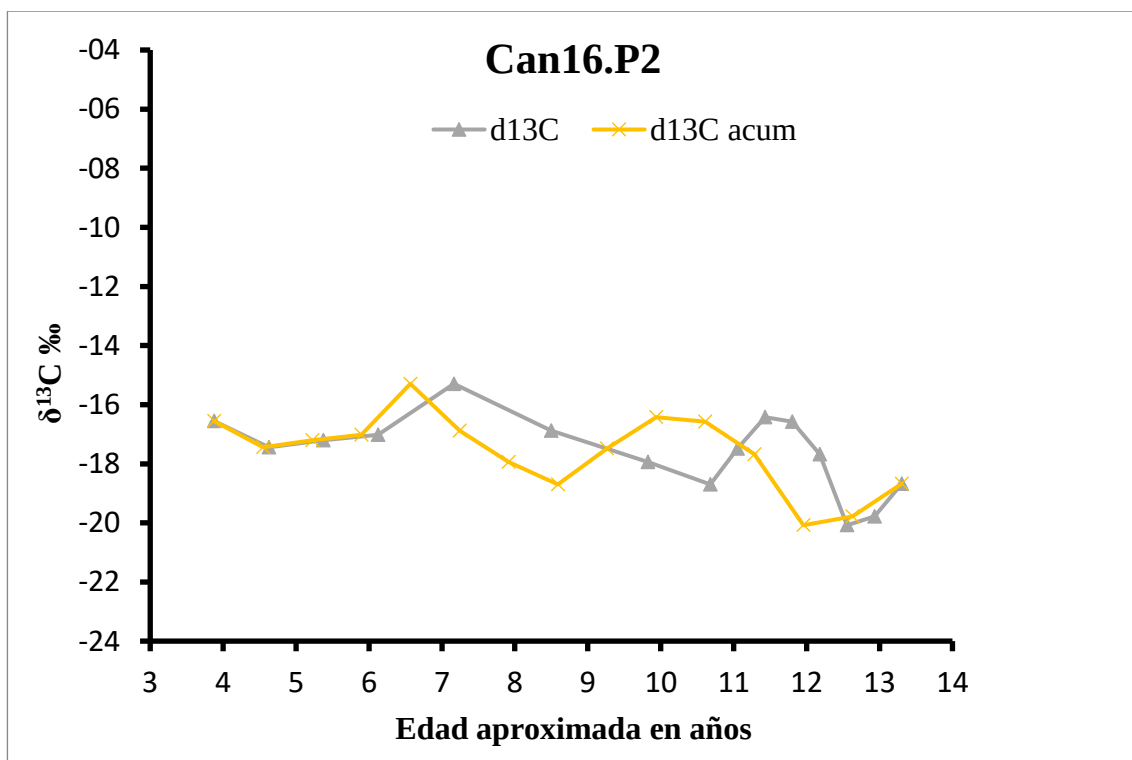


Figura 134: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 16.

9.6.- Colágeno óseo vs colágeno de dentina: ¿misma información?

Finalmente, se va a realizar una comparación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de colágeno óseo y de dentina de los dos individuos de los cuales esta información está disponible: Can2 y Can3, ambos procedentes del periodo Mesolítico. El primero se trata de un individuo cuya edad de muerte está en torno a los 16 años, de modo que la secuencia de dentina del diente analizado, un tercer molar, está inacabada. En cambio el otro individuo (Can3) era un adulto maduro, probablemente entre los 50 y los 70 en el momento de su muerte (Drak 2015). La edad de muerte claramente va a afectar a cómo se representen los valores isotópicos de cada tejido.

El individuo Can2.

En este primer caso, los valores isotópicos de la secuencia de dentina y del colágeno óseo deben solaparse, ya que ambos tejidos estaban en desarrollo en el momento de la muerte del individuo (figura 135). Al haberse realizado previamente dos análisis sobre colágeno óseo, aparece representada la media entre ambos valores.

En la siguiente figura puede observarse cómo la línea que representa el valor de $\delta^{15}\text{N}$ del colágeno óseo se encuentra entre los valores los valores del mismo isótopo procedente de la secuencia de dentina. De hecho, al realizar la media de los valores de dentina, esta es muy similar al valor del colágeno (Tabla 45), lo cual evidenciaría cómo el valor de colágeno refleja la media de la dieta de los últimos años de vida del individuo. Sin embargo, no ocurre así en el caso del $\delta^{13}\text{C}$, donde la media es diferente. Sin embargo, los test estadísticos no mostraron diferencias significativas entre las medias procedentes de la secuencia de dentina y la del colágeno (recordar que eran dos muestras) para ninguno de los isótopos.

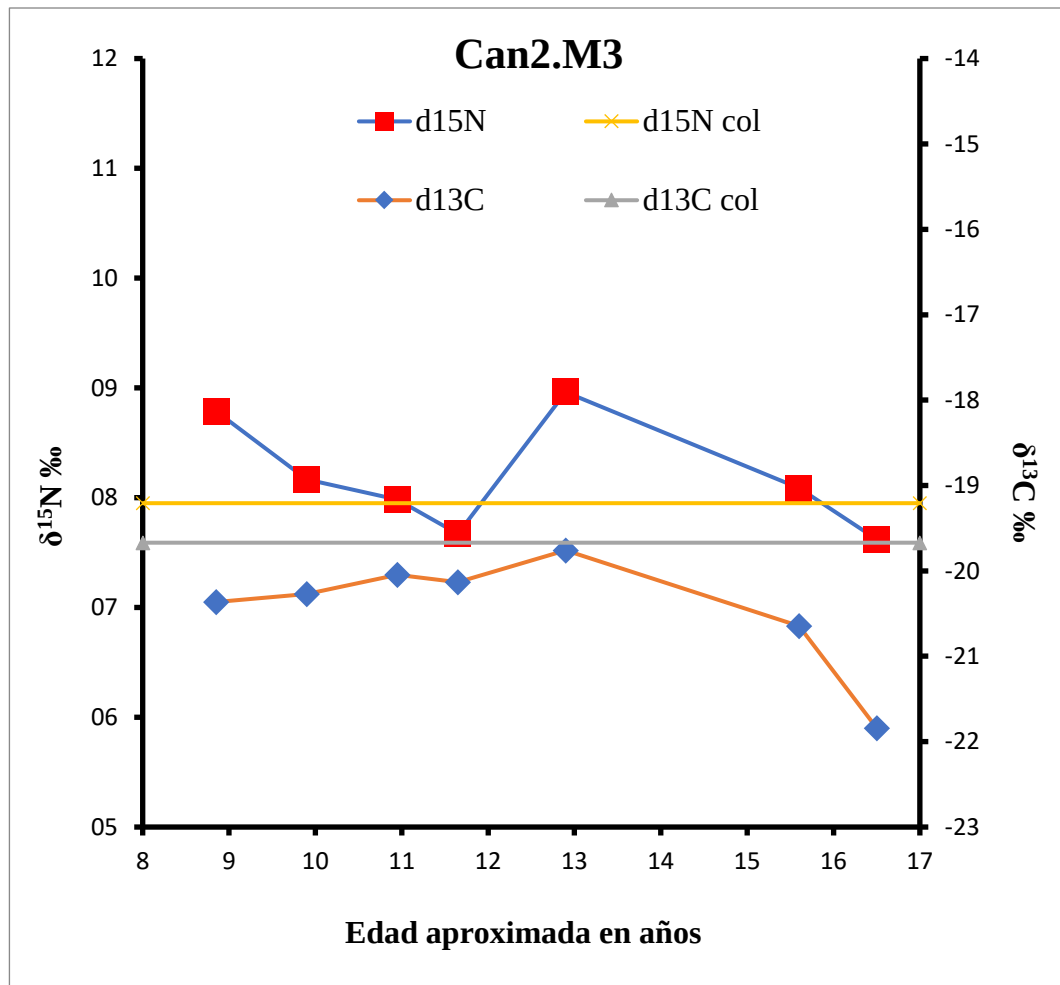


Figura 135: representación de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de la secuencia de dentina y del colágeno óseo (col).

	$\delta^{15}\text{N } \mu$	$\delta^{15}\text{N } \sigma$	$\delta^{13}\text{C } \mu$	$\delta^{13}\text{C } \sigma$
Dentina	8,1	0,51	-20,4	0,67
Colágeno óseo	7,9	0,14	-19,6	0,1
t de student	0,60		1,54	

Tabla 45: resumen estadístico de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de las muestras de dentina y de colágeno óseo del individuo Can2 y valor del test estadístico aplicado.

La diferencia entre los valores de las medias de $\delta^{13}\text{C}$ no tienen fácil explicación. Una de ellas puede ser que la propia ruta metabólica de síntesis del colágeno de ambos tejidos afecte a los valores a través del fraccionamiento isotópico, y que este efecto sea menor en el caso de los isótopos de nitrógeno, al tratarse de una proteína, que en el caso

del carbono. La segunda, también relacionada con el fraccionamiento, sería debido a una dieta con pocas proteínas y sin el suficiente aporte calórico, lo cual afectaría a los valores isotópicos (Jim *et al* 2004), más a los de carbono, aunque esto no sea observable en la secuencia de dentina, como sí ocurre en otros casos.

El individuo Can3.

En este caso existe la dificultad de que se trata de un individuo adulto maduro que completó el desarrollo de los dos dientes que se han estudiado (un canino y un tercer molar) mucho antes de su muerte, con lo cual el valor procedente del colágeno óseo por motivos del reciclaje de los elementos, no se solapará con ninguno de los valores de dentina.

Este es el motivo por el que se ha optado por representar los valores de la muestra de colágeno óseo junto con los de dentina como en las figuras 136 y 137, y no como en la figura 135 donde sí existía solapamiento entre los valores. Se ha decidido también representar los valores en el tramo inferior propuesto por Drak (2005), a los 50, y teniendo en cuenta el máximo tiempo de reciclaje óseo (diez años) para permitir una mejor visualización de los datos, ya que como se puede observar, al aumentar la edad en el eje x, las secuencias de dentina se han condensado.

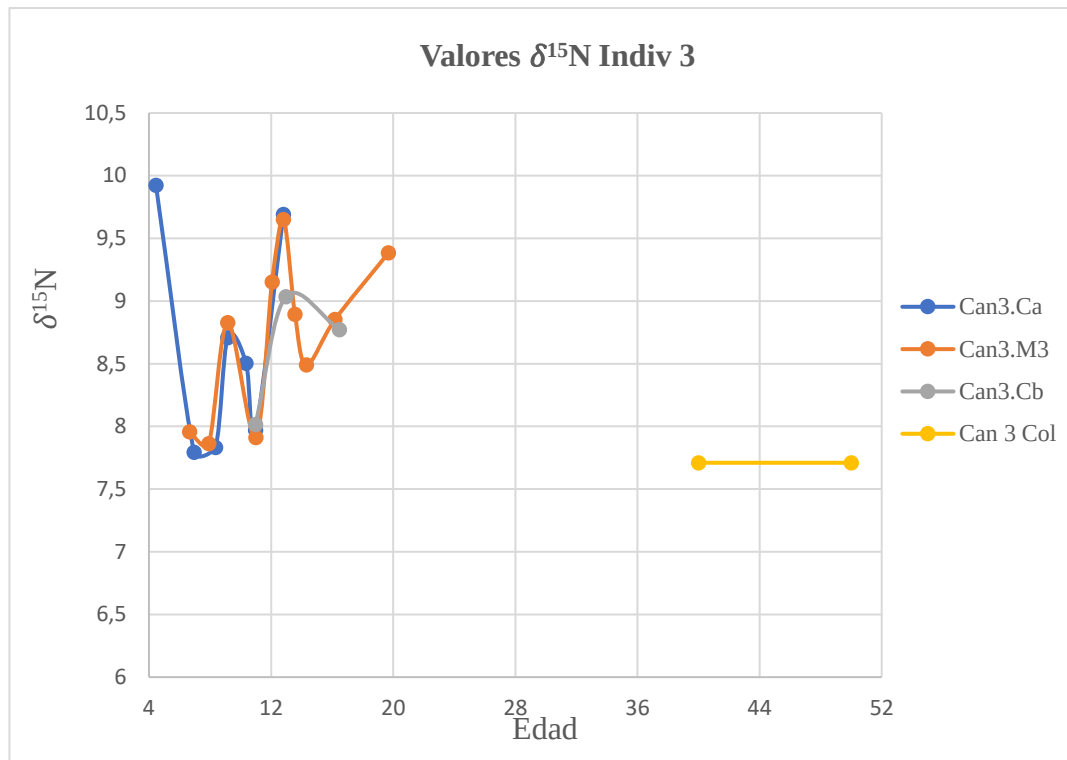


Figura 136: valores de $\delta^{15}\text{N}$ de las piezas dentales y del colágeno óseo del individuo Can3.

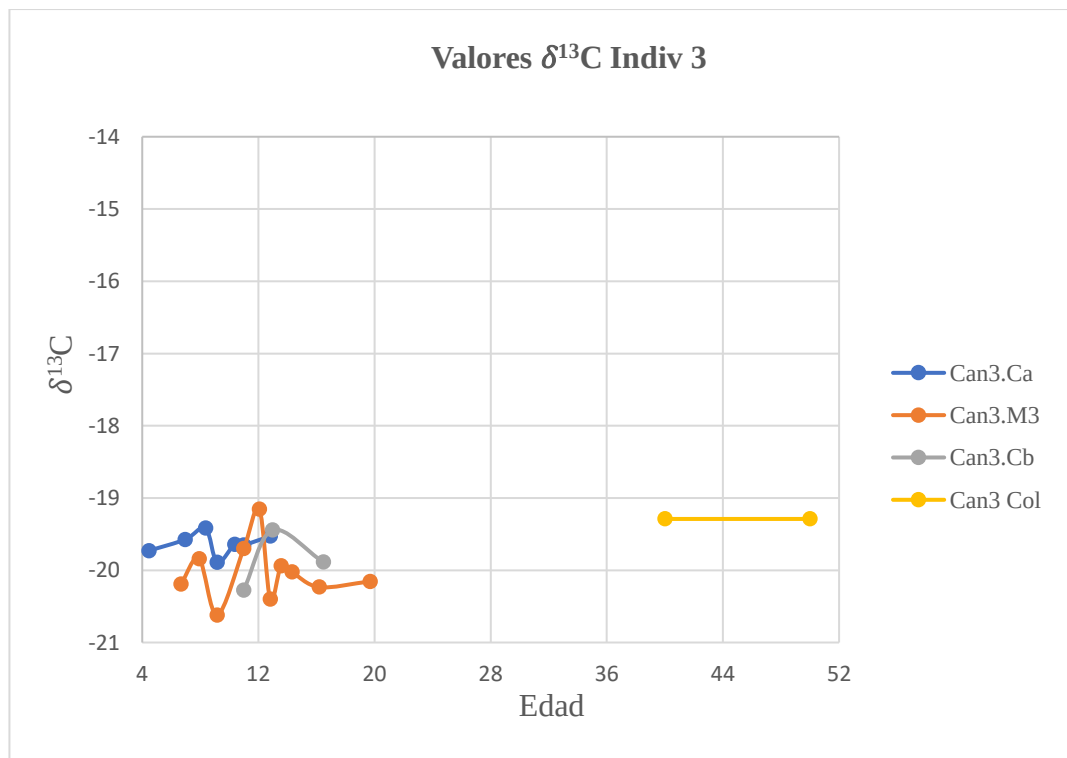


Figura 137: valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las piezas dentales y del colágeno óseo del individuo Can3.

En la siguiente tabla (tabla 46), pueden observarse las medias y desviaciones típicas de ambos dientes y de la muestra de colágeno óseo. La diferencia entre las medias de los valores del canino y del tercer molar en ambos isótopos son muy parecidas, y cubiertas por la desviación típica de ambas. En cambio, los valores del colágeno son inferiores con respecto a los anteriores en el caso del $\delta^{15}\text{N}$, y algo mayores en el caso del $\delta^{13}\text{C}$. Estos valores pueden deberse a un cambio en la dieta del individuo, consumiendo una menor ración proteica, o bien incluso otro tipo de recursos animales.

Durante una buena parte del trabajo, se ha comentado el potencial del análisis secuencial de dentina, y su combinación con los valores procedentes de colágeno óseo, para estimar la dieta de las grupos humanos. En este caso, si bien se cumple, debido a la avanzada edad de muerte del individuo existe un vacío entre ambos tipos de tejido al que no es posible acceder con los métodos actuales, conformando así una de las limitaciones de esta metodología.

	$\delta^{15}\text{N } \mu$	$\delta^{15}\text{N } \sigma$	$\delta^{13}\text{C } \mu$	$\delta^{13}\text{C } \sigma$
Canino	8,6	0,87	-19,6	0,15
Tercer molar	8,7	0,63	-20	0,4
Colágeno óseo	7,7	-	-19,3	-

Tabla 46: valores medios y desviación estándar de las secuencias de dentina y del colágeno óseo.

9.7.- Los isótopos de estroncio.

Desafortunadamente, los datos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del presente trabajo aportan limitada información sobre el grupo salvo que todos los dientes analizados presentan valores dentro del rango del estroncio biodisponible, motivo por el cual son compatibles como individuos locales. Sin embargo, conviene notar que en la región en la que se sitúa la cueva de Los Canes, las estructuras geológicas son repetidas entre la cordillera montañosa y el área de costa, hecho que pudiera estar enmascarando que hubiese individuos que crecieron en otras áreas que no fuesen el entorno de la cueva de Los Canes, pero no sean identificables con este tipo de análisis. Además hay que tener en cuenta el espacio temporal entre ambos tipos de muestras, procedentes del Mesolítico y de la edad del Bronce (Medio y Final), con un vacío entre ambos periodos. Este vacío impediría

localizar las migraciones que potencialmente llegaron a la región cantábrica en el Neolítico y Calcolítico, y que trajeron innovaciones culturales a la región, ya que los descendientes de estos, al haberse criado en el entorno de la cueva, tendrán los mismos valores de estroncio biodisponible.

Finalmente, al comparar los valores de Sr de Los Canes con los otros yacimientos de cronologías similares de la Península Ibérica, tanto del Mesolítico como de la Edad del Bronce, expuestos durante el apartado relativo al estado de la cuestión, se muestra cómo los yacimientos con mayor número de locales y menor movilidad son aquellos del centro y sur peninsular, mientras que los del noreste, más próximos geográficamente, muestran mayor proporción de individuos no locales, relacionado también con una mayor movilidad.

10.- Conclusiones

Las principales conclusiones del presente trabajo se organizan en torno a dos cuestiones: la primera es la dieta de los individuos que habitaron la cueva de los Canes durante el Mesolítico, donde también se ha obtenido evidencia anterior procedente del periodo Magdaleniense, es decir, de grupos de cazadores-recolectores; y la dieta de individuos procedentes de la Edad del Bronce, tanto en su tramo Medio como Final. El análisis secuencial de dentina, en el que se han analizado los ratios isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de este tejido a lo largo del eje axial de diferentes dientes, ha sido clave para poder obtener esta información, permitiendo conocer la alimentación de estos individuos a lo largo de diferentes momentos de su ciclo vital. También se realizaron análisis de los isótopos de estroncio en muestras de esmalte dental, sin embargo, estos datos proporcionaron un menor volumen de información acerca de los patrones de movilidad geográfica en ambos periodos.

En el primer grupo, el de los individuos cazadores-recolectores, existen diferencias entre la dieta, por un lado, del individuo magdaleniense, y por el otro, de los individuos mesolíticos. La del primero con un importante consumo de recursos marinos durante la mayor parte de la infancia, momento en el que se estaba desarrollando el diente estudiado de este individuo. De hecho, es posible observar al comienzo de la secuencia un cambio en la dieta hacia valores marinos, y al final de la misma un retorno hacia una alimentación más terrestre. Los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, en cambio, están dentro del rango del estroncio biodisponible para las áreas geológicas del entorno de la cueva de los Canes, por lo que parece que el individuo pasó su infancia en esa zona. Ahora bien, los recursos marinos pudo conseguirlos de diferentes maneras, como puede ser pescándolos en algún río cercano en el caso de los peces que realizan migraciones hacia el interior, o bien realizando viajes a la costa para obtener dichos recursos. Ya con anterioridad se comentó que la cueva no está lejos del mar y el trayecto de ida y vuelta podría realizarse en el mismo día. Además hay que considerar que algunos peces, como los salmónidos de los que hay registro osteológico en la cueva, se mueven entre diferentes tipos de agua.

Mientras la alimentación de los individuos mesolíticos se basaba en recursos terrestres, consumiendo plantas C_3 y con un aporte proteico cárnico limitado. Estos valores están relacionados con la disponibilidad de los recursos alimenticios en el entorno que habitaban y que, seguramente, no solo variarían a nivel estacional sino también de una temporada a otra como sería el caso de los recursos cinegéticos, ya que se puede

observar en el individuo Can1.M3 cómo durante dos años parece que se explota más el consumo de cérvidos que el de bóvidos. Esto se ve reflejado en los valores de correlación (r^2) entre los valores de ambos isótopos ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) y la edad. Aunque este valor de correlación para el Mesolítico sea estadísticamente considerado bajo, estaría indicando que los individuos de este periodo más antiguo consumirían los recursos que estuviesen disponibles en cada momento sin fuertes distinciones en el acceso a los mismos. A riesgo de aventurarse demasiado, esto quizás estaría hablando de una sociedad más igualitaria sin que parezcan existir restricciones en el acceso a los diferentes alimentos, aunque con los datos disponibles hay que proceder con cautela.

Como ya se comentó, se puede obtener información sobre la dieta de los grupos del pasado a través del análisis de isótopos estables sobre colágeno óseo. Sin embargo, en los últimos años el análisis secuencial de dentina ha permitido acceder a la alimentación de estos individuos, en diferentes momentos del ciclo vital en vez de en un solo momento que reflejase una media de los últimos años. Esto se ha comprobado en el presente trabajo en la información obtenida durante la infancia de dichos individuos, y en particular en el proceso de lactancia y destete, que tiene un papel clave en los procesos de salud y mortalidad de las poblaciones. En este aspecto, puede observarse cierta variabilidad en la edad de fin de destete siendo, en el caso del $\delta^{15}\text{N}$, a los dos años y medio el más joven, y en torno a los cuatro años y medio los otros dos individuos. Para el $\delta^{13}\text{C}$ las edades son algo inferiores, como ya se mencionó en la discusión de los resultados, siendo la más baja antes de los dos años y la mayor a los cuatro y medio. Todos estos datos parecen indicar un periodo de destete largo, durante el cual los individuos seguirían consumiendo leche materna, pero en menor proporción, posiblemente como complemento alimenticio, ya que otros alimentos tenían que haber sido introducidos en la dieta con anterioridad para asegurar la supervivencia de los individuos infantiles. Tras este periodo parece haber cierta estabilización de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 8 y 10‰, lo que indicaría cierta homogeneización de la dieta. Es así probable que estos individuos mesolíticos consumieran una cantidad similar de recursos proteicos que, si bien, podían variar entre temporadas.

Finalmente, no se observaron diferencias en los respectivos valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de las secuencias de dentina entre los dientes con el desarrollo completo, y los dientes que no lo terminaron, es decir, aquellos individuos que murieron antes de alcanzar la edad adulta. Esto refuerza la idea, ya expresada por los valores de r^2 , de una dieta homogénea

entre la población, no estando relacionada la causa de muerte, a priori, con la alimentación del individuo, como pueden ser problemas de desnutrición y el impacto que esta tiene en la salud.

El mundo de la Edad del Bronce, tanto del Bronce Medio como del Final, es muy diferente al periodo Mesolítico, como era de esperar. Lamentablemente, y tras la datación por ^{14}C , dientes procedentes de unidades estratigráficas que en un primer momento fueron adscritas al periodo Neolítico, resultaron ser mucho más tardías, dejando así un vacío en el registro arqueológico de la cueva de los Canes, que afectó al presente trabajo, ya que privaba del estudio de este periodo intermedio, dejando solamente dos momentos muy separados entre sí, tanto en el tiempo como culturalmente, un grupo de cazadores-recolectores y otro de agricultores y ganaderos experimentando ya una intensificación de su labor.

La dieta de la Edad del Bronce es altamente variable, presentando unos valores de r^2 próximos incluso a cero. Esto puede ser debido no solo al acceso diferencial a diferentes tipos de recursos alimenticios, sino también al consumo de nuevos cultivos de origen C_4 introducidos en la región cantábrica durante el II milenio cal BC. Estos nuevos cultivos tienen unos valores de $\delta^{13}\text{C}$ diferentes a las plantas C_3 . Antes de la introducción de estos cultivos, durante el Bronce Medio, la dieta de los dos individuos analizados se caracteriza por el consumo exclusivo de plantas C_3 con un aporte moderado de proteínas de origen animal, como atestiguan los valores tan negativos de $\delta^{13}\text{C}$, situación que cambia en los individuos del Bronce Final, donde estos valores aumentan, mostrando un mayor consumo de estos nuevos alimentos, aunque no de manera exclusiva, sino en combinación con los cultivos ya existentes en la región. Incluso en dos casos fue posible observar cómo existía una pauta estacional en el consumo de diferentes recursos, las denominadas “M”, las cuales estarían indicando un consumo de plantas C_4 durante el otoño e invierno, ya que estas plantas tienen ciclos de verano, con su recogida a finales del mismo. En cambio, no se aprecian diferencias entre ambos periodos en los valores de $\delta^{15}\text{N}$, si bien son altamente variables, indicando o bien un acceso diferencial e individual a los recursos proteicos, o una mala productividad ganadera por la cual no había suficientes recursos de este tipo. Esta última opción no parece muy posible en vistas de la intensificación productora que estaban experimentando los grupos humanos ya desde el Calcolítico.

Estos cambios económicos podrían tener su origen en la jerarquización social que precede a dicha intensificación. Las sociedades de la Edad del Bronce son grupos donde existe ya una desigualdad social, y en las cuales existían unos individuos pertenecientes a una élite podrían estar acaparando cierto tipo de recursos, como por ejemplo los cárnicos y productos secundarios derivados la ganadería, y que también podrían haber impedido el acceso del resto de la población a los mismos, si bien es cierto que la muestra estudiada no permite observar este tipo de jerarquización entre los individuos de la cueva de Los Canes.

En la región cantábrica, donde la agricultura sería más complicada y menos eficiente que la ganadería (pero no por ello inexistente o que no fuese la base de la alimentación de la población) la acumulación de estos recursos ganaderos probablemente esté en el origen de esta desigualdad social donde unos individuos tendría unos privilegios sobre el resto del grupo. Esta nueva élite intentaría legitimarse desde el punto de vista material (acumulación de bienes) o de manera más simbólica, como se pudo observar a nivel funerario en las etapas finales del fenómeno megalítico, cuando realizaron un uso privativo, e incluso artístico, sobre las estructuras de enterramientos como forma de legitimar su nueva posición social.

Esta variabilidad en la dieta durante la Edad del Bronce también afecta a los patrones de destete, si bien esto puede ser efecto de un mayor tamaño de la muestra para esa edad en este periodo comparado con el anterior. Si bien, se encuentran datos incompletos, es decir, edades no reflejadas en ambos isótopos, y otras que pueden ser consideradas erróneas como ya se advirtió, se pueden observar edades de destete muy tempranas, antes del año incluso, y otras alargándose potencialmente incluso hasta los 5 años. Como ya se comentó, el proceso de destete se ve influenciado por múltiples razones relacionadas tanto con características fisiológicas del individuo y de la mujer lactante (no necesariamente la madre del individuo lactante), como por cuestiones socioculturales, como la inversión parental, ideas sobre la salud de los individuos infantiles, o incluso el género del lactante. La lactancia materna además puede ser usada como alimento complementario durante periodos de tiempo considerable y posee cierto efecto anticonceptivo, lo cual puede mantener estable el tamaño de la población, de manera que un destete temprano permitiría el aumento rápido de la población y de la mano de obra disponible.

Tras este proceso de destete, la dieta de los individuos del Bronce no parece estabilizarse, continuando la heterogeneidad en el acceso a los recursos y variando los datos dentro de la misma secuencia. Sin embargo, al comparar los individuos que murieron durante el desarrollo del diente con aquellos que sobrevivieron hasta más adelante, aparecen signos de estrés hacia el final de la secuencia de dos de los tres individuos muertos. Esta se identificada como un aumento en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ a la vez que se produce una disminución en los valores relativos al $\delta^{13}\text{C}$. Ambos individuos reflejan este periodo de estrés del cual no se recuperan, ya que los valores no vuelven a acercarse a los anteriores. Si bien el periodo de estrés tiene diferentes causas, como la malnutrición o la enfermedad, estas en sí pueden no ser la causa de muerte de estos individuos, aunque sí podrían haber comprometido su salud hasta el punto de ser determinantes a la hora de su muerte.

Las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ también permitieron adscribir, potencialmente, diferentes dientes al mismo individuo y así realizar ajustes para, sincronizando puntos específicos de las mismas, observar cómo variaron los patrones de desarrollo dental entre periodos. Del periodo Mesolítico, tres secuencias de dos dientes diferentes procedían con seguridad del mismo individuo, y fueron primeramente usados como prueba para comprobar si este ajuste de secuencias era posible de realizar. Al comprobarse que sí se realizó para comprobar si los dos dientes del Bronce Medio pudieron pertenecer al mismo individuo, así como dos dientes del Bronce Final que mostraban valores y una forma de la secuencia muy parecida. En el caso del Bronce Medio, existía un hiato entre ambas secuencias que solo permitió pensar acerca de los potenciales cambios entre una y otra, aunque la prueba estadística realizada sobre la datación de ambos dientes no permitió aceptar la hipótesis nula y se decantó a favor de la alternativa, es decir, que ambos dientes pertenecían a individuos distintos. En el caso de los dientes del Bronce Final, estas secuencias pudieron ajustarse, mostrando como, a pesar de ser dientes encontrados en diferentes unidades estratigráficas debido a las características del contexto, pertenecían con bastante seguridad al mismo individuo.

Finalmente, las comparaciones realizadas entre mismas categorías de dientes, es decir, entre los segundos incisivos, los caninos, los primeros premolares y así sucesivamente, volvieron a mostrar los cambios entre ambos periodos que ya habían sido observados previamente: una dieta terrestre C_3 y bastante variada para el Mesolítico, mientras que posteriormente esta se hacía más homogénea, consumiendo durante el

Bronce Medio aún más en plantas C₃, cambiando esto en el Bronce Final con la aparición de los nuevos cultivos C₄, alternados o mezclados con los cultivos anteriormente mencionados. El consumo de recursos proteicos también varió entre los periodos, pero por diferentes motivos. Así durante el Mesolítico la variabilidad en el consumo de este tipo de recursos proteicos probablemente se debía a la disponibilidad de los recursos cinegéticos, mientras que durante la Edad del Bronce estos recursos proteicos se verían acumulados por una élite incipiente.

El uso de las secuencias de dentina ha permitido realizar análisis más detallados acerca de la alimentación de los individuos que fueron inhumados en la cueva de los Canes. Este tejido permite aumentar la resolución temporal el análisis, y permite explorar momentos del ciclo vital de los individuos a los que previamente no se tenía acceso, como ocurre al estudiar el colágeno óseo, que solo permite estudiar los últimos años de vida de un individuo. Su utilidad queda ya debidamente probada, al igual que con la gran cantidad de trabajos que han usado esta metodología previamente y han conseguido extraer datos muy valiosos acerca de la dieta de los grupos humanos del pasado, incluso en periodos históricos no tan alejados como los que han ocupado el presente trabajo.

El análisis de los valores de los isótopos de estroncio, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, no mostró diferencias significativas entre ninguno de los individuos de la muestra. Ni dentro de cada periodo ni entre ambos momentos, indicando el origen local de todas las personas inhumadas en la cueva de los Canes.

No es fácil, sin embargo, plantear los pasos a seguir en el futuro, ya que todos los dientes de la cueva se han estudiado en esta tesis. Queda pendiente conocer qué pasó entre ambos periodos, dónde se encuentran enterrados los individuos neolíticos y calcolíticos que tuvieron que habitar dicha cueva, como atestigua la evidencia material que se ha podido encontrar, y por qué solamente durante el Mesolítico y la Edad del Bronce se usa como centro funerario.

El análisis de ADN podría proporcionar más información también, no solo acerca del sexo de los individuos estudiados, sino también acerca del posible parentesco genético, o no, dentro de cada periodo y entre ambos grupos humanos, el de cazadores-recolectores y el de los productores, y así evaluar el impacto que tuvo la llegada de innovaciones como la neolitización y los metales en el oeste de la región cantábrica, teniendo siempre en cuenta el hiato de casi 4000 años entre los dos periodos.

Uno de los objetivos que esperamos que se haya cumplido es el demostrar, en el contexto de la Península Ibérica, los potenciales del estudio de las secuencias de dentina para conocer la dieta de los grupos humanos del pasado. Otro de los pasos futuros a seguir posteriores a este trabajo, sería conseguir que el análisis secuencial de dentina se aplique no como algo especial, sino a todos los individuos que conserven los dientes siempre que sea posible. De esta manera se podrá obtener información más detallada sobre la dieta de los individuos, explorar diferentes momentos de su ciclo vital, algunos con especial interés ya que afecta a varios niveles humanos (alimentación, salud, parámetros poblacionales) como es la lactancia y posterior periodo de destete, y comprender más en profundidad los cambios que han ido afectando a las poblaciones humanas en su devenir histórico.

11.- Conclusions

The main conclusions from this PhD thesis are organised around two issues: the first one being the diet of the individuals who inhabited Los Canes cave during the Mesolithic period, when there is also evidence from an individual from the Magdalenian period, that is, hunter-gatherers groups; and the diet of individuals from the Middle and Late Bronze Age. The dentine sequential analysis, in which the isotopic ratios of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ have been analysed through the axial axis of different teeth, was the key in order to obtain this information, allowing us to know the diet of these individuals in different moments of their vital cycle. Also strontium analysis in dental enamel samples were performed, however, this data did provide lesser information about geographical mobility patterns in both periods.

In the first group, regarding the hunter-gatherer individuals, there are differences between the Magdalenian individual and the Mesolithic ones. The first one shows an important consumption of marine resources during the individual's childhood, when the analysed tooth was developing. In fact, it is possible to observe from the beginning of the sequence a change in diet towards marine values and, at the end of the sequence, a return towards a more terrestrial diet. However, the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ value is within the bioavailable strontium range from Los Canes cave and the geological units around it, so it seems that the individual lived during its childhood in that area. There are different ways in which this individual could have obtained the marine resources, like fishing in some near river for fishes which migrate from the sea to the inland, or travelling to the coast to get them. Los Canes cave is not very far from the Cantabrian sea and the journey from the cave to the sea and return could be made in the same day. Also, salmonids must be taken into account because they move through different waters and there is osteological evidence of these species in Los Canes cave.

Meanwhile, the diet of the Mesolithic individuals was based on terrestrial resources, consuming C_3 plants and a limited animal protein intake. These values are related with the availability of the dietary resources in the environment the individuals lived in, and the variability of those resources not only on a seasonality basis but from year to year, as can be observed in individual Can1.M3 who, during two years, exploited more the consumption of cervids rather than bovids. This environmental availability is observed in the correlation value (r^2) between the values of both isotopes ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) and the age of the individuals. Although the correlation value for the

mesolithic individuals is statistically considered as low, it would be pointing that the individuals from this period would have eaten the resources that were available in each moment without any distinctions in the access to them. Even at the risk of venture too much, this may be providing information about an equalitarian society without any restrictions to the food, although with the available data one must be careful.

Data about the diet of past populations can be obtained from the isotopical analysis on bone collagen, however, in the last years the sequential analysis of the dentine has allowed to access to the information about the diet of those individuals in different years of their life cycle instead of just one moment reflecting the mean diet of the last years of life. This has been proven during this work with the information obtained from the childhood of the individuals and, specifically, during the breastfeeding and later weaning process, both with a large impact in the health and mortality of the populations. In this respect, a variability can be observed in the end of the weaning process being in the case of the $\delta^{15}\text{N}$ values between two years and a half and four years and a half, and between two years and four years and a half for the $\delta^{13}\text{C}$ values. All this data seem to point to a long weaning process when the individuals would followed to take breast milk but in lesser proportions, maybe as a dietary complement because other food must have been introduced in order to guarantee the survival of the infants. After this period, it seems to happen some kind of stabilization of the $\delta^{15}\text{N}$ values between 8 y 10‰, suggesting a similar diet. It is possible that mesolithic individuals consumed a similar protein intake that may vary among seasons.

Lastly, no differences in the $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values from the dentine sequences were observed between the complete teeth and the ones under development, meaning those individuals who died before reaching an adult age. This reinforces the main idea of a homogenous diet among the individuals of the population, and not being related *a priori* with the cause of death, as in malnutrition cases and its impact in health.

The Bronze Age, during the Middle and Late periods, is quite different to the Mesolithic. Unfortunately, after the ^{14}C datation, teeth from stratigraphic units first considered as Neolithic were, in fact, from the Bronze Age. This left an empty space in the temporal sequence in which the diet between the Mesolithic and the Bronze Age could not be studied, being only possible to analyse two moments very separated, in time and culturally: hunter-gatherers vs intensive farmers.

The diet during the Bronze Age is highly variable, showing a r^2 value for both isotopes quite closet o zero. This could be not only because of a differential access to some resources, but also due to the introduction of new C_4 crops in the territory during the II millenial cal BC. These new crops show $\delta^{13}C$ values that are different to the C_3 plants. Before the introduction, during the Middle Bronze Age, the diet of the two individuals from this period is based on an exclusive consumption of C_3 plants with a moderate animal protein intake, as can be seen by the more negative $\delta^{13}C$ values. This situation changed in the Late Bronze Age, when those values arose, showing a higher consumption of these new crops, not exclusively but in combination with others which already were available in the región. Even more, in two cases it was possible to observe a seasonal pattern en the consumption of different resources, the so-called “M”s. These pointed to a consumption of C_4 plants during autumn and Winter, because this crops grow during the summer and are gathered at the end of it. However, there are no differences between the two different moments of the Bronze Age in the $\delta^{15}N$ values, which otherwise are highly variable, suggesting a diferencial access to the dietary resources or periods of bad stock productivity when there would not be enough resources for everybody. This last option seems less possible taking into account the intensification on the productivity experienced by the human grupos since the Copper Age.

The origin of these socio-economic changes may be in the new hierarchical organization preceding the productivity intensification. The Broze Age societies are unequal, with some individuals belonging to an elite and possibly keeping for themselves some kind of resources as meat and other diary products, although among the Bronze Age sample of Los Canes cave is not possible to observe this. In the cantabrian región, where the agricultura might had been more complicate and les efficient than the livestock (but the basis of the human diet), the accumulation of cattle could be in the origin of the social inequality. Also the new elite would have tried to legitimate itself using different mechanism such as material accumulation, or even more in more symbolical ways as was observed during the last stages of the megalithic phenomenon, by the private and exclusive use of those burial structures.

This variability in the diet during the Bronze Age also seem to have affected the weaning patterns of the population, but the effect of a larger sample for this period must be taken into account. Also there are data quite difficult to interpret due to some

samples in which the weaning age cannot be found in both isotopes, leading to wrong ideas about when the weaning took place, with very young ages (around six months old) and other extending this period until the fifth year of life. As mentioned before, the weaning pattern is highly influenced by several reasons, physiological as well as cultural ones, such as parental investment, ideas about the health and the children, or even the gender of the breastfed baby. Breastfeeding also can be used as a complementary feeding in some cases, and has some anticonceptive effects, stabilizing the population size, so an early weaning could lead to a growth in the population numbers and in its workforce.

After the weaning process, the $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values and the heterogeneity of the diet of the Bronze Age individuals continue, varying within the dentine sequence. However, comparing the values from the individuals who died during the tooth development with those who survived, there are stress signals at the end of the sequences of two of the three individuals. This stress is identified by an increase in the values of $\delta^{15}\text{N}$ at the same time the $\delta^{13}\text{C}$ values decrease. Both individuals show this stress period from which they did not recover, because those values did not return to the regular values. Even though physiological stress may have different aetiologies such as malnutrition or sickness, these could not be directly the cause of death of those individuals but compromise their health, playing a big weight in their death.

The $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values in the sequences allowed to pair teeth which potentially could belong to the same individual and, by synchronising specific values at specific ages, to adjust the dental development patterns between periods. From the Mesolithic period, three sequences from two teeth came from the same individual, a well-known skeleton of the collection, and were used as a test to check if this adjustment was possible. After the positive checking, the methodology was used to test if the two teeth from the Middle Bronze Age, and other two teeth from the Late Bronze Age belonged to the same individuals due to their similar values and radiocarbon dates. In the first case there was an age gap between both sequences, but the statistical test rejected the null hypothesis, indicating that the teeth belonged to two different individuals. In the case of the Late Bronze Age teeth, the sequences could be adjusted showing how, despite being found in different stratigraphic units, they belonged to the same individual.

Finally, the comparisons made within the same dental categories, meaning among the second incisors, among the canines, the first premolar, etc, showed again the previously seen changes between the Mesolithic and the Bronze Age: a terrestrial and varied C₃ diet during the first stage, with a stronger consumption of those C₃ resources during the Middle Bronze Age, and a change at the Late Bronze Age with the introduction of C₄ resources in the diet, combining the new crops with the old ones. The animal protein intake also changed between periods. So during the Mesolithic the availability of these resources was due to the disponibility of the cinegetic resources, while during the Bronze Age these resources could have been accumulated by an elite.

The use of the dentine sequences has allow to perform more detailed analysis about the dieto f the individuals who were buried in Los Canes cave. This tissue allows to increase the temporal resolution and to explore other moments of an individual's life cycle which previously was unapproachable, as happens when using bone collagen, which only allows to study the diet during the last years of life. The useful of this methodology is then proven again, as happens with the previous works that used it before, obtaining valuable information about the diet of past populations.

The analysis of the stroitium isotopes, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, showed that all the individuals were local, no statistically significant differences were found among them or between periods, suggesting mobility patterns around the Los Canes cave.

To conclude this work, it is not easy to think about the future steps because all the teeth from the cave were analysed in the present work. It is still pending to know what happened between both periods, the Mesolithic and the Bronze Age, where are buried the neolithic and calcolithic individuals that inhabited the cave, as the material evidence proves, and why only in those two periods Los Canes cave is used as a funerary center.

DNA analysis could give more useful information, not only about the sex of the individuals, but also anout the possible genetic kinship within each period and, maybe between the two worlds, in order to evaluate the impact of the arrival of innovations such as the Neolithic or the metals have in the west of the cantabrian región, taking into account the 4000 years gap between them.

One of the aims we expect to fulfil is to show, in the context of the Iberian Peninsula, the potential uses of the sequential dentine analysis in order to know the diet

of past populations. Another one of the steps following the submission of this PhD thesis would be to achieve the application of this kind of analysis not as a special case, but in all the individuals as possible, always that the teeth are well preserved. This way, there will be more detailed information about the diet of the individuals, allowing the exploration of different moments of the life cycle, some of them with special interest at several levels (diet, health, population growth) as the breastfeeding and posterior weaning process, so we can understand better the changes that have been affecting ourselves during the historical becoming.

Bibliografía

- Aberg, G (1995) The use of natural strontium isotopes as tracers in environmental studies. *Water, Air, and Soil Pollution* 79: 309 – 322.
- Albisu C y Etxeberria F (2005) Estudio de un diente humano mesolítico procedente de la cueva de Kobeaga II. *Illunzar* 5: 45 - 47.
- Alday A y Mujika JA (1999). Nuevos datos de cronología absoluta concerniente al Holoceno Medio en el área vasca. en *El Mundo indígena (XXIV Congreso Nacional de Arqueología)* (pp. 95–106). Murcia: Instituto de Patrimonio Histórico.
- Almagro Basch M (1972) Los ídolos y la estela decorada de Hernán Pérez (Cáceres) y el ídolo estela de Tabuyo del Monte (León). *Trabajos de Prehistoria* 29: 83–124.
- AlQahtani, S (2009) *An Atlas of Dental Development and Eruption*. London: Queen Mary College, University of London.
- AlQahtani, S, Hector, M y Liversidge, H (2010) Brief Communication: The London Atlas of Human Tooth Development and Eruption. *American Journal of Physical Anthropology* 142: 481 – 490.
- Alt KW, Zesch S, Garrido-Pena R, Kniper C, Szécsényi-Nagy A, Roth C, Tejedor-Rodríguez C, Held P, García-Martínez-de-Lagrán I, Navitainuck D, Arcusa Magallón H y Rojo-Guerra MA (2016) A community in life and death: the Late Neolithic megalithic tomb at Alto de Reinoso (Burgos, Spain). *Plos One* DOI:10.1371/journal.pone.0146176.
- Altuna J (1972). Fauna de mamíferos de los yacimientos prehistóricos de Guipúzcoa. *Munibe* 3: 1 – 464.
- Altuna J (1980). Historia de la domesticación animal, en el País Vasco, desde sus orígenes hasta la romanización. *Munibe* 32: 9 – 163.
- Altuna J (1994). El perro en los yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica. En Lasheras JA (Ed.) *Homenaje al Dr. Joaquín González Echegaray*, Monografías 17: 159 – 162. Madrid: Museo y Centro de Investigación Altamira.
- Altuna J (2009). Cueva de Ekain. *Arkeoikuska* 2008: 358 – 365.

- Altuna J y Mariezkurrena K (2009). Tipos de cabañas ganaderas durante el Neolítico en el País Vasco y zonas próximas. *Archaeofauna* 18: 137 – 157.
- Altuna J y Mariezkurrena K (2010): Arqueozoología de la cueva de Los Gitanos (Castro Urdiales, Cantabria). Informe inédito.
- Altuna J y Mariezkurrena K (2012). Macromammalian remains from the Holocene levels of El Mirón cave. En Straus LG y González-Morales MR (Eds.), *El Mirón cave, Cantabrian Spain: The site and its Holocene archaeological record*: 288–318. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Álvarez-Fernández E (2006) *Los objetos de adorno-colgantes del Paleolítico Superior y del Mesolítico en la Cornisa Cantábrica y en el valle del Ebro: Una visión europea*. Salamanca: Universidad de Salamanca (col. Vitor, 195). ´
- Álvarez-Fernández E (2015). Continuity of human–marine fauna interaction during the Holocene in Cantabrian Spain. *Quaternary International* 364: 188 – 195.
- Álvarez-Fernández E y Altuna J (2013). La cueva de Marizulo (Urnieta, Gipuzkoa), 50 años después: Revisión de los restos arqueozoológicos de los niveles mesolíticos. *Kobie* 32: 131 – 152.
- Álvarez-Fernández E, Chauvin A, Cubas M, Arias P y Ontañón-Peredo R (2011) Mollusc shell sizes in archaeological contexts in northern Spain (13200 to 2600 cal BC): New data from La Garma A and Los Gitanos (Cantabria). *Archaeometry* 53: 963 – 985.
- Álvarez-Fernández E, Iriarte MJ, Arrizabalaga A, Barrera-Mellado I, Carriol RP y Fernández-Gómez MJ (2014a). Entre lapas: Primera valoración de los restos de origen marino del yacimiento holoceno de J3 (Hondarribia, País Vasco). *Munibe (Antropología–Arkeologia)* 65: 67 – 78.
- Álvarez-Fernández E, Altuna J, Barrera-Melado I, Cubas M, Fernández-Gómez MJ y Fernández R (2014b) Évolution de l’exploitation des ressources animales dans la région cantabrique entre 4500 et 2000 cal BC: La grotte de Los Gitanos (Cantabrie, Espagne). *Comptes Rendus Palevol* 13: 307 – 316.
- Ambrose SH (1990) Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 17: 431-451.

- Ambrose SH (1991) Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs. *Journal of Archaeological Science* 18: 293 – 317.
- Ambrose, SH y Norr, L (1993) Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. In Lambert, JB and Grupe, G (eds) *Prehistoric human bone: archaeology at the molecular level*. Berlin: Springer-Verlag, 1 – 37.
- Antolín F y Buxó R (2012). Chasing the traces of diffusion of agriculture during the early Neolithic in the Western Mediterranean Coast. En Borrell M, Borrell F, Bosch J, Clop X y Molist M (Eds.) *Redes en el Neolítico: Circulación e intercambio de materias, productos e ideas en el Mediterráneo occidental (VII–III milenio aC)*. *Rubricatum* 5: 95 – 102. Gavà: Museu de Gavà.
- Aparicio MT (2001). Malacofauna terrestre del yacimiento de Cubío Redondo (Matienzo, Cantabria). *Munibe (Antropología–Arkeologia)* 53: 61 – 66.
- Aramburu-Mendizábal A, Sarasketa-Gartzia I, Arrizabalaga A, Salazar-García DC, Antxieta Arkeologia Taldea y Iriarte-Chiapusso MJ (2018) El yacimiento calcolítico de Karea en el contexto de las cuevas sepulcrales de Gipuzkoa (País Vasco) *Munibe Antropologia-Arkeologia* 69: 177 – 190.
- Aranzadi T, Barandiarán JM y Euren E (1919): Exploración de seis dólmenes de la Sierra de Aizkorri. En Barandiarán JM (Ed) *Obras Completas VII. Vasconia Antigua. Tras las huellas del hombre*. *La Gran Enciclopedia Vasca* (1975), 251-339. Bilbao.
- Arias P (1999) The origins of the Neolithic along the Atlantic Coast of continental Europe: a survey. *Journal of World Prehistory* 13: 403 – 464.
- Arias P (2002) *La cueva de Los Canes (Asturias). Los últimos cazadores de la Península Ibérica ante la muerte*. Universidad de Cantabria.
- Arias P (2005/2006) Determinaciones de isótopos estables en restos humanos de la región Cantábrica. Aportación al estudio de la dieta de las poblaciones del Mesolítico y el Neolítico. *Munibe (Antropología – Arkeologia) Homenaje a Jesús Altuna* 57: 359 – 374.
- Arias P (2007) Neighbours but diverse: social change in north-west Iberia during the transition from the Mesolithic to the Neolithic (5500 – 4000 cal BC). *Proceedings of the British Academy* 144: 53 – 71. Oxford: Oxford University Press.

- Arias P (2012) Funerary practices in cantabrian Spain (9000 – 3000 cal BC). En Gibaja JF, Carvalho AF y Chambon P (eds) *Funerary practices in the Iberian Peninsula from the Mesolithic to the Calcolithic*, BAR International Series 2417, 7 – 20.
- Arias P (2012) Después de Los Azules: Las prácticas funerarias en las sociedades mesolíticas de la región cantábrica. En Muñiz-Álvarez JR (Ed) *Ad Orientem: Del final del Paleolítico en el norte de España a las primeras civilizaciones del Oriente Próximo* (253 – 274). Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Arias P y Altuna J (1999) Nuevas dataciones absolutas para el Neolítico de la cueva de Arenaza (Bizkaia) *Munibe (Antropología – Arkeologia)* 51: 161 – 171.
- Arias P y Álvarez-Fernández E (2004) Iberian hunter-gatherers and death. A review of Upper Paleolithic and Mesolithic funerary evidence in the Peninsula. En González-Morales MR y Clark GA (Eds) *The Mesolithic of Atlantic Façade*: 225 - 248. Tempe anthropological research. Arizona State University.
- Arias Cabal P y Armendáriz A (1998) Aproximación a la Edad del Bronce en la región Cantábrica. En Fábregas Valcarce R (Ed) *A Idade do Bronce en Galicia: Novas Perspectivas*. Cadernos do Seminario de Sargadelos 77, 47-80. Sada, Edición do Castro.
- Arias P y Fano MA (2003) Shell middens and megaliths: Mesolithic funerary context in Cantabrian Spain and their relation to the Neolithic. En Berenhult G (ed) *Stones and bones. Formal disposal of the dead in Atlantic Europe during the Mesolithic-Neolithic interface 6000 – 3000 BC. Archaeological Conference in Honour of the Late Professor Michael J. O'Kelly. Proceedings of the Stones and Bones Conference in Sligo, Ireland, May 1 – 5, 2002*, 145 – 166. Oxford: British Archaeological Reports International Series 1201.
- Arias P y Schulting RJ (2010) Análisis de isótopos estables sobre los restos humanos de la Braña-Arintero. Aproximación a la dieta de los grupos mesolíticos de la Cordillera Cantábrica. En Vidal JM y Prada ME (Eds) *Los hombres mesolíticos de la cueva de la Braña-Arintero* (Valdelugeros, León): 130 - 137. Junta de Castilla y León (Estudios y Catálogos), León.
- Arias P, Ontañón R, Cepeda Ocampo JJ y Cueto Rapado M (2004) El problema de los inicios de la Edad del Hierro en el sector central de la región cantábrica. Algunas aportaciones del castro del Alto de la Garma (Omoño, Cantabria). En *La génesis del hábitat fortificado en el norte peninsular: Los castros en el tránsito de la Edad del Bronce a la Edad del Hierro*

(II Coloquios de Arqueología de la Cuenca del Navia. Navia, 4–7 de febrero de 2004). Ayuntamiento de Navia—Parque Histórico del Navia. Navia, Spain.

Arias P, Ontañón R, Polanco Madrazo JA, Setién Marquínez J, Rovira Llorens S y Montero Ruiz I (2005) Aproximación a la tecnología metalúrgica durante el Calcolítico y la Edad del Bronce de Cantabria. En *II Encuentro de Historia de Cantabria*, 53-72. Santander, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Arias P, Álvarez-Fernández E, Cubas M, Teira LC, Tapia J y Cueto M (2013). Intervención arqueológica en el sistema kárstico de Arangas (Cabrales): Campaña de 2007. *Excavaciones arqueológicas en Asturias 2007 – 2012, Consejería de Cultura*: 121 – 133. Oviedo: Principado de Asturias.

Arias P, Armendáriz A, Balbín R, Fano MA, Fernández-Tresguerres Velasco JA, y González-Morales MR (2009). Burials in the cave: New evidence on mortuary practices during the Mesolithic of Cantabrian Spain. En McCartan SB, Schulting R, Warren G y Woodman P (Eds), *Mesolithic horizons* (650 – 656). Oxford: Oxbow Books.

Arias P, Fernández-Tresguerres JA, Álvarez-Fernández E, Armendáriz A, Cueto M y Fano MA (2007a) Excavación arqueológica de urgencia en la cueva de La Poza l'Egua (Lledías, Llanes). En *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1999 – 2002*: 227 – 240. Oviedo: Principado de Asturias.

Arias P, Fano MA, Armendáriz A, Alvarez-Fernández E, Cueto M y Fernández García R (2007b) Programa de sondeos en concheros holocenos del Oriente de Asturias. *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1999 – 2002*: 107 – 116. Oviedo: Principado de Asturias.

Armendáriz A y Etxeberria F (1995) Revisión del fenómeno funerario en las cuevas sepulcrales del País Vasco. En Bertranpetit y Vives (Eds) *Muntanyes i població. El passat dels Pirineus des d'una perspectiva multidisciplinaria*, 75-83. Centre de Trobada de les Cultures Pirenenques. Andorra la Vella.

Armendariz A y Teira LC (2008) El Megalitismo en la Marina Occidental de Cantabria: Excavación arqueológica del dolmen El Coter de la Mina (San Vicente de la Barquera). VI Campaña (2000) *Actuaciones arqueológicas en Cantabria. 2000–2003*: 107 – 110. Santander: Consejería de Cultura, Turismo y Deporte del Gobierno de Cantabria.

Armendáriz A, Arias P y Ontañón-Peredo R (en prensa). A grave in the lab: The late Mesolithic burial at El Truchiro cave (Cantabria, northern Spain). En Arias P y Cueto N (Eds), *Meso*

2010: *Proceedings of the eighth international conference on the Mesolithic in Europe* (Santander 13th – 17th September, 2010). Oxford: Oxbow.

Armit I, Shapland F, Montgomery J y Beaumont J (2015). Difference in death? A lost Neolithic inhumation cemetery with Britain's earliest case of rickets, at Balevullin, Western Scotland. *Proceedings of the Prehistoric Society* 81: 199–214.

Bailey GN y Craighead AS (2003) Late Pleistocene and Holocene coastal paleoeconomies: A reconsideration of the molluscan evidence from Northern Spain. *Geoarchaeology* 18: 175 – 204.

Balsera V, Bernabeu Aubán J, Costa-Caramé M, Díaz-del-Río P, García Sanjuán L y Pardo S (2015) The radiocarbon chronology of southern Spain's late prehistory (5600–1000 cal BC): A comparative review. *Oxford Journal of Archaeology* 34: 139 – 156.

Barandiarán I y Cava A (2001) *Cazadores–recolectores en el Pirineo Navarro: El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 antes de ahora*. Anejos de Veleia. Series Maior 10. Vitoria: Universidad del País Vasco.

Barker DJP (1998) *Mothers, babies and health in later life*. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Beaumont J, Gledhill A, Lee-Thorp J y Montgomery J (2013) Childhood diet: A closer examination of the evidence from dental tissues using stable isotope analysis of incremental human dentine. *Archaeometry* 55: 277–295.

Beaumont J, Gledhill A y Montgomery J (2014) Isotope analysis of incremental human dentine: Towards higher temporal resolution. *Bulletin of the International Association for Palaeodontology* 8: 212–223.

Beaumont J, Montgomery J, Buckberry J y Jay M (2015) Infant mortality and isotope complexity: New approaches to stress, maternal health and weaning. *American Journal of Physical Anthropology* 157: 441–457.

Beaumont J, Craig Atkins E, Buckberry J, Haydock H, Horne P, Howcroft R, Mackenzie K y Montgomery J (2018) Comparing apples and oranges: Why infant bone collagen may not reflect dietary intake in the same way as dentine collagen. *American Journal of Physical Anthropology* 167: 524–540.

- Beaumont J y Montgomery J (2016) The great Irish famine: Identifying starvation in the tissues of victims using stable isotope analysis of bone and incremental dentine collagen. *PLoS One* 11(8), e0160065.
- Behre KH (2007) Evidence for Mesolithic agriculture in and around central Europe? *Vegetation History and Archaeobotany* 16: 203 – 219.
- Bell, L, Cox, G y Sealy, A (2001) Determining Isotopic Life History Trajectories Using Bone Density Fractionation and Stable Isotope Measurements: A New Approach. *American Journal of Physical Anthropology* 116: 66 – 79.
- Bentley, RA (2004). Characterising human mobility by strontium isotope analysis of the skeletons. In Higham, CFW and Thosarat, R. (eds.), *Khok Phanom Di: Summary and Conclusions*, Oxbow Books, Oxford, 159 – 166.
- Bentley, RA y Knipper, C. (2005). Geographic patterns in biologically- available strontium, carbon and oxygen isotopes signatures in prehistoric SW Germany. *Archaeometry* 47: 629 – 644.
- Bentley, RA, Price, TD y Stephan, E. (2004). Determining the ‘local’ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ range for archaeological skeletons: A case study from Neolithic Europe. *Journal of Archaeological Science* 31: 365 – 375.
- Bernabeu J (2002) The social and symbolic context of Neolithization. En Badal E, Bernabeu J, y Martí B (eds), *El paisaje en el Neolítico mediterráneo*, 209 – 233. Valencia: Universitat de València (Saguntum Extra 5).
- Binder D (1991) *Une économie de chasse au Néolithique ancien: la grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiery (Alpes-Maritimes)*. Paris: CNRS.
- Black RE, Allen LH, Bhutta ZA, Caulfield LE, de Onis M, Ezzati M, Mathers C, Rivera J (2008) Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *Lancet* 371:243–260.
- Blum JD, Taliaferro EH, Weisse MT y Holmes RT (2000). Changes in Sr/Ca, Ba/Ca and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios between two forest ecosystems in the northeastern USA. *Biogeochemistry* 49: 87 – 101.

- Bocherens H, Polet C y Toussaint M (2007) Palaeodiet of Mesolithic and Neolithic populations of Meuse Basin (Belgium): evidence from stable isotopes. *Journal of archaeological Science* 34: 10-27.
- Bogin B (1997) Evolutionary hypotheses for human childhood. *Yearbook of the Physical Anthropology* 104: 63–89.
- Böhlke, JK y Horan, M. (2000). Strontium isotope geochemistry of groundwaters and streams affected by agriculture. *Applied Geochemistry* 15: 599 – 609.
- Bongaarts J (1978) A framework for analyzing the proximate determinants of fertility. *Population and Development Review* 4: 105–132.
- Bongaarts J y Potter RE (1983) *Fertility, biology, and behavior: an analysis of the proximate determinants*. New York: Academic Press.
- Borgerhoff-Mulder M (1992) Reproductive decisions. En Smith EA y Winterhalder B (Eds) *Evolutionary ecology and human behaviour* (339–274). New York: Aldine de Gruyter.
- Bourbou C, Fuller BT, Garvie-Lok SJ y Richards MP (2013) Nursing mothers and feeding bottles: Reconstructing breastfeeding and weaning patterns in Greek Byzantine populations (6th–15th centuries AD) using carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Journal of Archaeological Science* 40: 3903–3913.
- Britton K, McManus-Fry E, Cameron A, Duffy P, Masson-Maclean E, Czére O, Smith N, Stones J, Winfield A y Müldner G (2018) Isotopes and new norms: Investigating the emergence of early modern U.K. breastfeeding practices at St. Nicholas Kirk, Aberdeen. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 510-522.
- Budd, P, Montgomery, M, Barreiro, B y Thomas, RG (2000). Differential digenesis of strontium in archaeological human dental tissues. *Applied Geochemistry* 15: 687 – 694.
- Burt NM y Garvie-Lok S (2013) A new method of dentine microsampling of deciduous teeth for stable isotope ratio analysis. *Journal of Archaeological Sciences* 40: 3854–3864.

- Burt NM y Amin M (2014) A mini me? Exploring early childhood diet with stable isotope ratio analysis using primary teeth dentin. *Archives of Oral Biology* 59: 1226–1232.
- Burton, JH, Price, TD y Middleton, WD (1999). Correlation of bone Ba/Ca and Sr/Ca due to biological purification of calcium. *Journal of Archaeological Science* 26: 609 – 616.
- Burton, JH, Price, TD, Cahue, L, y Wright, LE (2003). The use of barium and strontium abundances in human skeletal tissues to determine their geographic origins. *International Journal of Osteoarchaeology* 13: 88 – 95.
- Butte NF, Hopkinson JM, Wong WW, Smith EOB y Ellis KJ (2000). Body composition during the first 2 years of life: An updated reference. *Pediatric Research* 47: 578–585.
- Caddy JF (1993) Contrast between recent fishery trends and evidence from nutrient enrichment in two large marine ecosystems: the Mediterranean and the Black Seas. In Sherman K, Alexander DG y Gold BD (Eds) *Large Marine Ecosystems: Stress, Mitigation, and Sustainability*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, pp. 137–147.
- Cameron N (2012) The Curve of Human Growth. En Cameron N y Bogin B (Eds) *Human Growth and Development*. London: Academic Press.
- Camino J (1999) Excavaciones arqueológicas en castros de la ría de Villaviciosa. Precisiones cronológicas. *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1995/98*: 151-161. Principado de Asturias, Oviedo.
- Campbell KL y Wood JW (1988) Fertility in traditional societies. En Diggory P, Potts M y Teper S (Ed) *Natural human fertility: social and biological determinants* (39-69). Hampshire: Macmillan
- Carballo J (1926) *El esqueleto humano más antiguo de España*. Santander: Ed. del autor.
- Cardoso Fa (2001) *Problemas de crescimento no Mesolítico português. Contribuição de alguns indicadores de stress. Dissertação de mestrado em Evolução Humana*. Departamento de Antropologia, Universidad de Coimbra.
- Carvalho AF y Petchey F (2013) Stable isotope evidence of Neolithic paleodiets in the coastal regions of southern Portugal. *Journal of Island and Coastal Archaeology* 8 :361 – 383.

- Carvalho AF, Alves-Cardoso F, Gonçalves D, Granja R, Cardoso JL, Dean RM, Gibaja JF, Masucci MA, Arroyo-Pardo E, Fernández-Domínguez E, Petchey F, Douglas Price T, Mateus JE, Queiroz PF, Callapez P, Pimenta C y Regala FT (2016) The Bom Santo Cave (Lisbon, Portugal): catchment, diet, and patterns of mobility of a middle Neolithic population. *European Journal of Archaeology* 19: 187 – 214.
- Castaños P (1983) Estudio de los macromamíferos de la cueva de Atxeta (Guernica, Vizcaya). *Kobie* 13: 251–259.
- Castaños P (1984) Estudio de los macromamíferos de la cueva de Santimamiñe. *Kobie* 14: 235–318.
- Castaños P (1995) Estudio de la fauna de mamíferos del yacimiento de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 47: 177–182.
- Castaños P (1998/2000) Estudio de los restos faunísticos del yacimiento de Kobeaga II. *Illunzar* 4: 173 - 175.
- Champagne FA (2013) Epigenetics and developmental plasticity across species. *Developmental Psychobiology* 55: 33–41.
- Chenery, C, Müldner, G, Evans, J, Eckardt, H y Lewis, M (2010) Strontium and stable isotope evidence for diet and mobility in Roman Gloucester, UK. *Journal of Archaeological Science* 37: 150 – 163.
- Cherel Y, Hobson KA, Bailleul F y Groscolas R (2005) Nutrition, physiology, and stable isotopes: New information from fasting and molting penguins. *Ecology* 86: 2881–2888.
- Chinique de Armas Y y Pestle W (2018) Assessing the association between subsistence strategies and the time of weaning among indigenous archaeological population of the Caribbean. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 492-509.
- Comendador Rey E (1997) La primera producción metálica del Noroeste Peninsular. En de Balbín Behrmann R y Bueno Ramírez P (Eds) *Actas del II Congreso de Arqueología Peninsular (Zamora 1996). II Neolítico, Calcolítico y Bronce*, 509-516. Zamora.
- Coplen, TB (2011) Guidelines and recommended terms for expression of stable-isotope-ratio and gas-ratio measurement results. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 25: 2538 – 2560.

- Cox, G y Sealy, J (1997). Investigating identity and life histories: Isotopic analysis and historical documentation of slave skeletons found on the Cape Town foreshore, South Africa. *International Journal of Historical Archaeology* 1: 207 – 224.
- Crowder KD, Montgomery J, Gröcke D y Filipek KL (2019) Childhood “stress” and stable isotope life histories in Transylvania. *International Journal of Osteoarchaeology* <https://doi.org/10.1002/oa.2760>
- Cubas M (2013) *La aparición de la tecnología cerámica en la región cantábrica*, BAR International Series 2566. Oxford: Archaeopress.
- Cubas M, Doherty C, García-Heras M, de Pedro I, Méndez D y Ontañón-Peredo R (2014a) Pottery manufacturing during the Neolithic in the north of Spain: Raw material procurement and modification in the cave of Los Gitanos (Castro Urdiales, Spain). *Archaeometry* 56: 19 – 35.
- Cubas M, de Pedro I y Arias P (2014b). La aparición de la tecnología cerámica en Asturias: La aportación de la cueva de Los Canes (Arangas, Cabrales). *Nailos: Estudios Interdisciplinares de Arqueología* 1: 23 – 48.
- Cubas M, García-Heras M, Méndez, D, de Pedro I, Zapata L, Ibáñez JJ y González-Urquijo JE (2012). La tecnología cerámica de los niveles IV y III en el yacimiento de Kobaederra (Kortezubi, Bizkaia): Aprovisionamiento y modificación de materias primas. *Trabajos de Prehistoria* 69: 51 – 64.
- Cuenca D (2013) *Utilización de instrumentos de concha para la realización de actividades productivas en las formaciones económico-sociales de cazadores-recolectores-pescadores y primeras sociedades tribales de la fachada atlántica europea*, Serie Tesis doctorales 4. Santander: PubliCAN.
- Cuenca D, Gutiérrez-Zugasti I y Clemente-Conde I (2011) The use of molluscs as tools by coastal human groups: Contribution of ethnographical studies to research on Mesolithic and early Neolithic contexts in northern Spain. *Journal of Anthropological Research* 67: 77 – 102.
- Cunningham P (2005) Assumptive holes and how to fill them: A series of experiments investigating the pit storage potential of hazelnuts and acorns. *EuroRea* 2: 55 – 66.

- Czermak A, Schermelleh L y Lee-Throp J (2018) Imaging-assisted-time-resolved dentine sampling to track weaning histories. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 535-541.
- de Blas Cortina MA (1983) *La Prehistoria Reciente en Asturias*. Estudios de Arqueología Asturiana 1. Fundación Pública de Cuevas y Yacimientos Prehistóricos de Asturias. Oviedo, Spain.
- de Blas Cortina MA (1987) Los primeros testimonios metalúrgicos en la fachada atlántica septentrional de la Península Ibérica. En *El origen de la metalurgia en la Península Ibérica*, 66-100. Seminario organizado por la Fundación José Ortega y Gasset (Oviedo 1987). Madrid, Instituto Universitario José Ortega y Gasset—Universidad Complutense de Madrid.
- de Blas Cortina MA (1989) La minería prehistórica del cobre en las montañas astur- leonesas. En Domergue C (Ed) *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas I*, 143-152. Madrid, Ministerio de Cultura.
- de Blas Cortina MA (1994) El anillo áureo de tiras de la Mata'l Casare I y su localización megalítica. *Madrider Mitteilungen* 35: 107 – 122.
- de Blas Cortina MA (1998) Producción e intercambio de metal: la singularidad de las minas de cobre prehistóricas del Aramo y El Milagro (Asturias). En Delibes de Castro G (Ed) *Minerales y metales en la prehistoria reciente: algunos testimonios de su explotación y laboreo en la Península Ibérica*, 71-103. Studia archaeologica 88. Valadolid, Universidad de Valladolid y Fundación Duques de Soria.
- de Blas Cortina MA (1999) *El Monte Areo en Carreño (Asturias): Un territorio funerario de los milenios V a III a. de J.C.* Carreño: Ayuntamiento de Carreño, Mancomunidad Cabo de Peñas.
- de Blas Cortina MA y Fernández-Tresguerres J (1989) *Historia primitiva en Asturias. De los cazadores-recolectores a los primeros metalúrgicos*. Biblioteca Histórica Asturiana 11. Silverio Cañada Editor. Gijón, Spain.
- de Blas Cortina MA y Fernández Manzano J (1992) Asturias y Cantabria en el I milenio a.C.. En Almagro Gorbea M y Ruiz Zapatero G (Eds) *Paleoetnología de la Península Ibérica*. Complutum 2-3: 399-416.

- de Blas Cortina MA y Rodríguez del Cueto F (2015) La cuestión campaniforme en el Cantábrico Central y las minas de cobre prehistóricas de la sierra del Aramo. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Universidad Autónoma de Madrid* 41: 165-179.
- de Luca A, Boisseau N, Tea I, Louvet I, Robins RJ, Forhan, A, Charles M y Hankard R (2012) $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ in hair from newborn infants and their mothers: A cohort study. *Pediatric Research* 71: 598–604.
- del Sella V y Vega del Sella CD (1919). *El dolmen de la capilla de Santa Cruz (Asturias)*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- Dean, M y Scandrett, A (1995) Rates of Dentine Mineralization in Permanent Human Teeth. *International Journal of Osteoarchaeology* 5: 349 – 358.
- Delibes de Castro G, Herrán Martínez J, Santiago Pardo J y Valrecio J (1995): Evidence for Social Complexity in the CopperAge of the Northern Meseta. En Lillios KT (Ed): *The Origins of Complex Societies in Late Prehistoric Iberia*, 44-63. Archaeological Series 8. International Monographs in Prehistory.
- DeNiro MJ (1985) Postmortem preservation and alteration in vivo collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317: 806-809.
- Derbyshire E (2011) *Nutrient metabolism in pregnancy. Nutrition in the childbearing years* (74-99) Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Dewey KG y Brown KH (2003) Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and implications for intervention programs. *Food and Nutrition Bulletin* 24: 5–28.
- Dewey KG y Begum K (2011) Long-term consequences of stunting in early life. *Maternal & Child Nutrition* 7: 5–18.
- DeWitte S y Stojanowski C (2015) The osteological paradox 20 years later: Past perspectives, Future Directions. *Journal of Archaeological Research* 23: 1–54.
- Díez Castillo A (1995) El asentamiento de la Peña Oviedo (Camaleño, Cantabria): la colonización de las áreas montañosas de la Cornisa Cantábrica. En *Primeros agricultores y ganaderos en el Cantábrico y Alto Ebro*, 105-120. Eusko Ikaskuntza. San Sebastián.

- Díaz-del-Río P, Waterman AJ, Thomas JT, Peate DW, Tykot RH, Martínez-Navarrete MI y Vincent JM (2017) Diet and mobility patterns in the Late Prehistory of central Iberia (4000-1400 cal BC): the evidence of radiogenic ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) and stable ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) isotope ratios. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9: 1439-1452.
- Díaz-Zorita Bonilla M, Beck J, Bocherens H y Díaz-de-Río P (2018) Isotopic evidence for mobility at large-scale human aggregations in Copper Age Iberia: the mega-site of Marroquíes. *Antiquity* 364: 991-1007.
- Díaz-Zorita Bonilla M, Aranda Jimenez G, Bocherens H, Escudero Carrillo J, Sánchez Romero M, Lozano Medina A, Alarcón García E y Milesi García L (2019) Multi-isotopic diet analysis of south-eastern Iberian megalithic populations: the cemeteries of El Barranquete and Panoría. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11: 3681-3698.
- Ditchfield P (2014) Stable isotope analysis. En Lynch A (Ed) *Poulnabrone, Co. Clare. Excavation of an Early Neolithic Portal Tomb*. Archaeological monograph series. Dublin: Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, 86-92.
- Divale WT (1970) An explanation for primitive warfare: Population control and the significance of primitive sex ratios. *The New Scholar* 2: 173–192.
- Divale WT y Harris M (1976) Population, warfare and the male supremacist complex. *American Anthropologist* 78: 521–538.
- Drak L (2015) *Las poblaciones del Holoceno inicial en la región cantábrica: cambios ambientales y microevolución humana*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Duggleby SL y Jackson AA (2002) Protein, amino acid and nitrogen metabolism during pregnancy: how might the mother meet the needs of her fetus? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 5: 503–509.
- Dupras TL y Tocheri MW (2007) Reconstructing infant weaning histories at Roman period Kellis, Egypt using stable isotope analysis of dentition. *American Journal of Physical Anthropology* 134: 63–74.
- Duška, F, Tůma, P, Mokrejš, P, Kuběna, A y Anděla, M (2007) Analysis of factors influencing nitrogen balance during acute starvation in obese subject with and without type 2 diabetes. *Clinical Nutrition* 26: 552 – 558.

- Eerkens, J, Berget, A y Bartelink, E (2011) Estimating weaning and early childhood diet from serial micro-samples of dentin collagen. *Journal of Archaeological Science* 38: 3101 – 3111.
- Eerkens JW y Bartelink EJ (2013) Sex-biased weaning and early childhood diet among middle Holocene hunter–gatherers in central California. *American Journal of Physical Anthropology* 152: 471–483.
- Eerkens JW, de Voogt A, Dupras TL, Francigny V y Greenwald A (2018) Early childhood diets on the Nile: $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in serial samples of permanente first molars in an elite Meroitic population from Sai Island, Sudan. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 552–562.
- Elamin F y Liversidge HM (2013) Malnutrition has no effect on the timing of human tooth formation. *PLoS One* 8:e72274.
- Elorza M (1993) ¿Pingüinos en Zarautz? Sobre el hallazgo de la especie extinta *Pinguinus impennis* en el yacimiento de Herriko Barra. *Aranzadana* 114: 71 – 73.
- Elias, RW, Hirao, Y y Patterson, CC (1982). The circumvention of the natural biopurification of calcium along nutrient pathways by atmospheric inputs of industrial lead. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46: 2561 – 2580.
- Ericson, JE (1985). Strontium isotope characterization in the study of prehistoric human ecology. *Journal of Human Evolution* 14: 503 – 514.
- Ericson, JE (1989). Some problems and potentials for strontium isotope analysis for human and animal ecology. In Rundel, PW, Ehleringer, JR y Nagy, KA (eds.), *Stable Isotopes in Ecological Research*, Springer Verlag, New York, 252 – 259.
- Eriksson G (2004) Part-time farmers or hard-core sealers? Västerbjers studied by means of stable isotope analysis. *Journal of Anthropological Archaeology* 23: 135–162.
- Eriksson G, Linderholm A, Fornander E, Kanstrup M, Schoultz P, Olofsson H y Lidén K (2008) Same island, different diet: cultural evolution of food practice on Öland, Sweden, from

the Mesolithic to the Roman Period. *Journal of Anthropological Archaeology* 27: 520–543.

Eriksson G y Lidén K (2013) Dietary life histories in stone age northern Europe. *Journal of Anthropological Archaeology* 32: 288–302.

Esparza A, Palomo Díez S, Velasco-Vázquez J, Delibes G, Arroyo-Pardo E y Salazar-Garcia DC (2017) Familiar kinship? Palaeogenetic and isotopic evidence from a triple burial of the Cogotas I archaeological culture (Bronze Age, Iberian Peninsula). *Oxford Journal of Archaeology* 36: 223–247.

Ezzo, JA (1994a). Zinc as a paleodietary indicator—an issue of theoretical validity in bone-chemistry analysis. *American Antiquity* 59: 606 – 621.

Ezzo, JA (1994b). Putting the chemistry back into archaeological bone chemistry analysis—modeling potential paleodietary indicators. *Journal of Anthropological Archaeology* 13: 1 – 34.

Fabián García JF, Blanco González A y López Sáez JA (2006) La transición Calcolítico- Bronce Antiguo desde una perspectiva arqueológica y ambiental: el Valle Amblés (Ávila) como referencia. *Arqueología Espacial* 26: 37–56.

Fábregas R, Martínez A, Blanco R y Chesworth W (2003) Environmental change and social dynamics in the second-thir millennium BC in NW Iberia. *Journal of Archaeological Sciences* 30: 858–871.

Fano MA (1998) *El hábitat mesolítico en el Cantábrico occidental. Transformaciones ambientales y medio físico durante el Holoceno antiguo*. British Archaeological Reports, Oxford.

Fano MA (2004) Un nuevo tiempo: el Mesolítico en la región cantábrica. En *Kobie (Anejo 8): Las sociedades del Paleolítico en la región cantábrica*, Diputación Foral de Bizkaia, pp. 337 – 402.

Fano MA, Cubas M y Wood R (2015) The first farmers in Cantabrian Spain: Contribution of numerical chronology to understand an historical process. *Quaternary International* 364: 153 – 161.

- Fano M A, Gutiérrez-Zugasti I, Álvarez-Fernández E y Fernández R (2013) Late Glacial and postglacial use of marine resources in the Bay of Biscay, North Spain. En Bailey GN, Hardy K y Camara A (Eds) *Shell energy: Mollusc shells as coastal resources*: 155–166. Oxford: Oxbow Books.
- Fernández-Crespo T y Schulting RJ (2017) Living different lives: early social differentiation identified through linking mortuary and isotopic variability in Late Neolithic/Early Chalcolithic north-central Spain. *Plos One* DOI: 10.1371/journal.pone.0177881.
- Fernández-Crespo T, Czermark A, Lee-Thop JA y Schulting RJ (2018) Infant and childhood diet at the passage tomb of Alto de la Huesera (north-central Iberia) from bone collagen and sequential dentine isotope composition. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 542 - 551.
- Fernández-Crespo T, Ordoño J, Barandiarán I, Andrés MT y Schulting RJ (2019) The Bell Beaker multiple burial pit of La Atalayuela (La Rioja, Spain): stable isotope insights into diet, identity and mortuary practices in Chalcolithic Iberia. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11: 3733-3749.
- Fernandez-Lopez de Pablo J, Salazar-García DC, Subirá ME, Roca-Togores C, Gomez Puché M, Richards MP y Esquembre Bebia MA (2013) Late Mesolithic burials of Casa Corona (Villena, Spain): direct radiocarbon and paleodietary evidence of last forager populations in Eastern Iberia. *Journal of Archaeological Sciences* 40: 671 - 680.
- Fernández Eraso J, Mujika JA, y Tarriño A (2005) Relaciones entre la Cornisa Cantábrica y el valle del Ebro durante los inicios del Neolítico en el País Vasco. En Arias P, Ontañón R, y García-Moncó C (eds), *III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*, 201 – 209. Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria (Monografías del Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria 1).
- Fernández Manzano J y Arias P (1999) El Bronce Final en el territorio de los antiguos cántabros. En Iglesia Gil JM y Muñiz Castro JA (Eds) *Regio Cantabrorum*, 1-11. Santander, Caja Cantabria.
- Fernández-Tresguerres JA y Garralda MD (1986) El hombre aziliense de los Azules I (Cangas de Onís, Oviedo). *Arqueología* 14: 37 - 43.

- Fildes V (1995) The culture and biology of breastfeeding: An historical review of Western Europe. En Stuart-Macadam P y Dettwyler KA (Eds.) *Breastfeeding: Biocultural perspectives* (101–126). New York: Aldine De Gruyter.
- Fincham, AG, Moradian-Oldak, J y Simmer, JP (1999). The structural biology of the developing dental enamel matrix. *Journal of Structural Biology* 126: 270 – 299.
- Fischer A, Olsen J, Richards M, Heinemeier J, Sveinbjörnsdóttir ÁE y Bennike P (2007) Coast–inland mobility and diet in the Danish Mesolithic and Neolithic: evidence from stable isotope values of humans and dogs. *Journal of Archaeological Science* 34: 2125-2150.
- Floud R, Wachter K y Gregory A (1990) *Height, health and history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fogel RW (1986). Nutrition and the decline of mortality since 1700: some preliminary findings. En Engerman SL y Gallman RE (eds) *Long-term factors in American economic growth* (439-556). London: The University of Chicago Press Ltd.
- Fogel ML, Tuross N y Owsley DW (1989) Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations. En *Annual report of the director of the geophysical laboratory* (111–117). Washington: Carnegie Institution of Washington.
- Fontanals-Coll M, Subirà ME, Marín-Moratalla N, Ruiz J y Gibaja JF (2014) From Sado Valley to Europe: Mesolithic dietary practices through different geographic distributions. *Journal of Archaeological Sciences* 50: 539 – 550.
- Fontanals-Coll M, Subirà ME, Díaz-Zorita M, Duboscq S y Gibaja JF (2015) Investigating palaeodietary and social differences between two differentiated sectors of a Neolithic community, La Bobila Madurell-Can Gambús (northeast Iberian Peninsula). *Journal of Archaeological Science* 3: 160 - 170.
- Fontanals-Coll M, Díaz-Zorita Bonilla M y Subirà ME (2016) A palaeodietary study of stable isotope analysis from a high-status burial in the Copper Age: the Montelirio megalithic structure at Valencia de la Concepción-Castilleja de Guzmán, Spain. *International Journal of Osteoarchaeology* 26: 447-459.

- Fontanals-Coll M, Subirá ME, Díaz-Zorita M y Gibaja JF (2017). First insight into the Neolithic subsistence economy in the north-east Iberian Peninsula: palaeodietary reconstruction through stable isotopes. *American Journal of Physical Anthropology* 162: 36 - 50.
- Fornander E, Eriksson G y Lidén K (2008) Wild at heart: approaching Pitted Ware identity, economy and cosmology through stable isotopes in skeletal material from the Neolithic site Korsnäs in Eastern Central Sweden. *Journal of Anthropological Archaeology* 27: 281–297.
- Fouts HN (2004) Social and emotional contexts of weaning among Bofi farmers and foragers. *Ethnology* 43: 65–81.
- France RL (1994) Nitrogen isotopic composition of marine and freshwater invertebrates. *Marine Ecology Progress Series* 115: 205 - 207.
- Fraser, RA, Bogaard, A, Heaton, T, Charles, M, Jones, G, Christensen, BT, Halstead, P, Merbach, I, Poulton, PR, Sparkes, D y Styring, AK (2011) Manuring and stable nitrogen isotope ratios in cereals and pulses: towards a new archaeobotanical approach to the inference of land use and dietary practices. *Journal of Archaeological Science* 38: 2790 – 2804.
- Fuller, B, Richards, M y Mays, S (2003) Stable Carbon and Nitrogen Isotope Variations in Tooth Dentine Serial Sections from Wharram Percy. *Journal of Archaeological Science* 30: 1673 – 1684.
- Fuller BT, Fuller JL, Sage NE, Harris DA, O'Connell TC y Hedges REM (2005) Nitrogen balance and $\delta^{15}\text{N}$: why you're not what you eat during nutritional stress. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 19: 2497–2506.
- Fuller BT, Fuller JL, Harris DA y Hedges REM (2006a) Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *American Journal of Physical Anthropology* 129: 279–293.
- Fuller BT, Molleson TI, Harris DA, Gilmour LT y Hedges REM (2006b) Isotopic evidence for breastfeeding and possible adult dietary differences from late/sub-roman Britain. *American Journal of Physical Anthropology* 129: 45–54.

- Fuller, BT, Müldner, G, Van Neer, W, Ervynck, A y Richards, MP (2012) Carbon and nitrogen stable isotope ratio analysis of freshwater, brackish and marine fish from Belgian archaeological sites (1st and 2nd millennium AD). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 27: 807 – 820.
- García-Borja P, Perez Fernandez A, Biosca Cirujeda V, Ribera i Gomes A y Salazar-García DC (2013) Los restos humanos de la Coveta del Frare (La Font de la Figuera, Valencia). En García-Borja P, Revert Frances E, Ribera i Gomes A y Biosca Cirujeda V (Eds) *El Naiximent d'un Poble. Historia i Arqueologia de la Font de la Figuera*, 47 - 60. Ajuntament de la Font de la Figuera.
- García-Escárzaga A (2014) El Mesolítico Asturiense en el Occidente de Cantabria: Revisión de la información disponible a través de una reflexión crítica. *Kobie* 32: 113 – 130.
- García-Guixé, E, Richards MP y Subirá ME (2006) Palaeodiets of humans and fauna at the Spanish Mesolithic site of El Collado. *Current Anthropology* 47: 549 - 556.
- Gardner KS, Bartelink EJ, Martínez A, Levanthal A y Cambra R (2018) Breastfeeding and weaning practices of the ancestral Ohlone Indians of California: A case study using stable isotope analysis of bone collagen. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 523-534.
- Garralda MD (1981) Las mandíbulas de Balmori y Mazaculos II (Asturias): Estudio antropológico. *Boletín del Instituto de Estudios Asturianos* 103: 595 – 603.
- Garralda MD (1982) El cráneo asturiense de Cuartamentero (Llanes, Asturias). *Kobie* 12: 7 – 29.
- Guerrero LA y Lorenzo JL (1981) Antropología física en Rascaño. En González Echegaray J y Barandiaran I (Eds) *El Paleolítico Superior de la cueva del Rascaño*: 277 - 321. Santander: Centro de investigación y museo de Altamira, monografía 3. Ministerio de cultura.
- Gibaja JF, Eulàlia Subirá M, Terradas X, Santos FJ, Agulló, L y Gómez-Martínez I (2015) The emergence of Mesolithic cemeteries in SW Europe: Insights from El Collado (Oliva, Valencia, Spain) radiocarbon record. *PLOS ONE* 10: 1 – 18.
- Gibaja JF, Fontanals-Coll MF, Subosqu S, Oms FX, Auges A, Javier Santos F, Morell B y Subirá ME (2016). Human diet and the chronology of neolithic societies in the north-east of the

Iberian Peninsula: the necropolises of Puig d'enRoca and Can Gelats (Girona, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences* <https://doi.org/10.1007/s12520-015-0311-y>.

González-Morales MR (1995) Memoria de los trabajos de limpieza y toma de muestras en los yacimientos de las cuevas de Mazaculos y El Espinoso (La Franca, Ribadedeva) y La Llana (Andrín, Llanes) en 1993. *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1991–1994*: 65 – 78. Principado de Asturias: Oviedo.

González Ruibal A (2012): The politics of identity: ethnicity and the economy of power in Iron Age northern Iberia. En Stoddart S y Cifani G (Eds) *Landscape, Ethnicity, Identity in the Archaic Mediterranean Area*, 245-266. Oxford: Oxbow.

Gosz, JR, Brookins, DG y Moore, DI (1983). Using strontium isotope ratios to estimate inputs into ecosystems. *Bioscience* 33: 23 – 30.

Grandal-d'Anglade A, Albizuri S, Nieto A, Majó T, Agustí B, Alonso N, Antolín F, López JB, Moya A, Rodríguez A y Paloo A (2019) Dogs and foxes in Early-Middle Bronze Age funerary structures in the northeast of the Iberian Peninsula: human control of canid diet at the sites of Can Roqueta (Barcelona) and Minferri (Lleida). *Archaeological and Anthropological Sciences* 11: 3349-3978.

Graustein, WC (1989). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios measure the sources and flow of strontium in terrestrial ecosystems. In Rundel, PW, Ehleringer, JR y Nagy, KA (eds.), *Stable Isotopes in Ecological Research*, Springer-Verlag, New York, 491 – 512.

Grupe, G, Heinrich, D y Peters, J (2009) A brackish water aquatic foodweb: trophic levels and salinity gradients in the Schlei fjord, Northern Germany, in Viking and medieval times. *Journal of Archaeological Science* 36: 2125 – 2144.

Guilaine J (1994) *La mer partagée. La Méditerranée Avant l'écriture. 7000 – 2000 avant Jésus-Christ*, Hachette, Paris.

Guiry EJ, Hillier M y Richards MP (2015) Mesolithic dietary heterogeneity on the European Atlantic coastline. *Current Anthropology* 56: 460 – 470.

- Guiry EJ, Hillier M, Boaventura R, Silva AM, Oosterbeek L, Tomé T, Valera A, Cardoso JL, Hepburn JC y Richards MP (2016) The transition to agriculture in south-western Europe: new isotopic insights from Portugal's Atlantic coast. *Antiquity* 90: 604-616.
- Gutiérrez Cuenca E y Hierro JA (2010) Nuevas evidencias sobre el uso de las cuevas de Cantabria durante la Tardoantigüedad y la Alta Edad Media: Primeros resultados del Proyecto Mauranus. *Sautuola* 16–17: 263 – 280.
- Gutiérrez-Zugasti FI (2009a) *La explotación de moluscos y otros recursos litorales en la región cantábrica durante el Pleistoceno Final y el Holoceno inicial*. Santander: Ediciones de la Universidad de Cantabria.
- Gutiérrez-Zugasti FI (2009b) Explotación de recursos costeros durante el Neolítico en el área de la Reserva de Urdaibai: los moluscos de la cueva de Kobaederra (Kortezubi, Bizkaia). *Munibe (Antropología–Arkeologia)* 60: 175 – 186.
- Gutiérrez-Zugasti FI (2011a) The use of echinoids and crustaceans as food during the Pleistocene-Holocene transition in northern Spain: Methodological contribution and dietary assessment. *Journal of Island and Coastal Archaeology* 6: 115 – 133.
- Gutiérrez-Zugasti FI (2011b) Coastal resource intensification across the Pleistocene–Holocene transition in Northern Spain: Evidence from shell size and age distribution of marine gastropods. *Quaternary International* 244: 54 – 66.
- Gutiérrez-Zugasti FI (2011c) Los moluscos alimenticios de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia): Campañas de excavación 2004 – 2006. En López Quintana JC (Ed) *La cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004 – 2006)*. Kobie—Bizkaiko Arkeologi Indusketak–BAI 1: 247 – 266. Bilbao: Bizkaiko Foru Aldundia.
- Gutiérrez-Zugasti FI y González-Morales MR (2013) Intervención arqueológica en la cueva de El Mazo (Andrín, Llanes) campañas de 2009, 2010 y 2012. *Excavaciones arqueológicas en Asturias 7 2007–2012*: 159 – 167. Principado de Asturias: Oviedo.
- Guthrie HA y Picciano MF (1995) *Human Nutrition*. Missouri: Mosby.
- Halcrow SE y Tayles N (2011) The bioarchaeological investigation of children and childhood. En Agarwal SC y Glencross BA (Eds.) *Social bioarchaeology* (333–360). Oxford: Wiley-Blackwell.

- Harris B (2001) Commentary: "the child is the father of the man." the relationship between child health and adult mortality in the 19th and 20th centuries. *International Journal of Epidemiology* 30: 688–696.
- Hatch, KA, Crawford, MA, Kunz, AW, Thomsen, SR, Eggett, DL, Nelson, ST y Roeder, BL (2006) An objective means of diagnosing anorexia nervosa and bulimia nervosa using $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in hair. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 20: 3367 – 3373.
- Heaton, T (1987) The $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratios of plants in South Africa and Namibia: relationship to climate and coastal/saline environments. *Oecologia* 74: 236 – 246.
- Hedges, R (2002). Bone diagenesis: An overview of processes. *Archaeometry* 44: 319 –328.
- Hedges REM, Clement JG, Thomas DL y O'Connell TC (2007) Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 133:808–816.
- Heijmans BT, Tobi EW, Stein AD, Putter H, Blauw GJ, Susser ES, Slagboom PE y Lumey LH (2008) Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105: 17046–17049
- Henderson RC, Lee-Thorp JA y Loe L (2014) Early life histories of the London poor using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ stable isotope incremental dentine sampling. *American Journal of Physical Anthropology* 154: 585–593.
- Hernando A (2012) *La fantasía de la individualidad. Sobre la construcción sociohistórica del sujeto moderno*. Madrid: Katz.
- Hernández-Pacheco E (1923) La vida de nuestros antecesores paleolíticos según los resultados de las excavaciones en la cueva de la Paloma (Asturitas). Madrid: Comisión de investigaciones paleontológicas y prehistóricas. Memoria 31 (serie prehistórica 26). Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- Herrera, A. (2008), Crassulacean acid metabolism and fitness under water deficit stress: if not for carbon gain, what is facultative CAM good for?. *Annals of Botany* 103: 645 – 653.

- Herrscher E, Goude G y Metz L (2017) Longitudinal study of stable isotope compositions of maternal milk and implications for the palaeo-diet of infants. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 29: 131–139.
- Hervella M, Izagirre N, Alonso S, Fregel R, Alonso S, Cabrera VM y de la Rúa C (2012) Ancient DNA from hunter-gatherer and farmer groups from northern Spain supports a random dispersion model for the Neolithic Expansion into Europe. *PLOS ONE* 7: 1 – 10.
- Hewlett BS y Lamb ME (2005) *Hunter-gatherer childhoods: evolutionary, developmental, and cultural perspectives*. New Jersey: Aldine Transaction.
- Higuero A (2015) Sesgos de género en la interpretación de los restos óseos humanos. *Journal of Feminist, Gender and Women Studies* 2: 49-55.
- Hillson, S. (1997). *Dental Anthropology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hobson KA, Alisauska RT y Clark RG (1993) Stable nitrogen isotope enrichment in avian tissues due to fasting and nutritional stress: implications for isotopic analyses of diet. *Condor* 95:388–394.
- Holst D (2010) Hazelnut economy of early Holocene hunter-gatherers: A case study from Mesolithic Duvensee, northern Germany. *Journal of Archaeological Science* 37: 2871 – 2880.
- Hoppe, KA, Koch, PL, Carlson, RW y Webb, DS (1999). Tracking mammoths and mastodons: Reconstruction of migratory behavior using strontium isotope ratios. *Geology* 27: 439 – 442.
- Howcroft R, Eriksson G y Lidén K (2012) Conformity in diversity? Isotopic investigations of infant feeding practices in two iron age populations from Southern Öland, Sweden. *American Journal of Physical Anthropology* 149: 217–230.
- Howcroft R, Eriksson G y Lidén K (2014) Infant feeding practices at the Pitted Ware Culture site of Ajvide, Gotland. *Journal of Anthropological Archaeology* 34: 42–53.
- Howie PW, Forsyth JS, Ogston SA, Clark A y Du VFC (1990) Protective effect of breast feeding against infection. *British Medical Journal* 300: 11–16.
- Humphrey, L, Dean, M, Jeffries, T y Penn, M (2008) Unlocking evidence of early diet from tooth enamel. *Proceeding of the National Academy of Science* 105: 6834 – 6839.

- Humphrey LT (2010) Weaning behaviour in human evolution. *Seminars in Cell and Developmental Biology* 21: 453–461.
- Ibáñez JJ (2001) La función de los útiles retocados del yacimiento de Kobaderra (Oma, Vizcaya): Campanas de 1995, 96 y 97. *Isturiz* 11: 225 – 244.
- Ineichen B, Pierce M y Lawrenson R (1997) Jewish and Celtic attitudes to breast feeding compared. *Midwifery* 13: 40–43.
- Iriarte MJ, Arrizabalaga A, Etxeberria F, Herrasti L y Álvarez-Fernández E (2010). Shell midden people in northern Iberia: New data from the Mesolithic rock shelter of J3 (Basque Country, Spain). *Zephyrus* 65: 117 – 127.
- Iriarte MJ, Mujika JA y Tarriño A (2005) Herriko Barra (Zarautz–Gipuzcoa): Caractérisation industrielle et économique des premiers groupes de producteurs sur le littoral basque. *Unité et diversité des processus de néolithisation sur la façade atlantique de l'Europe*, Mémoire 36: 127 – 136. Paris: Société Préhistorique Française.
- Ives R (2015) Insights into health, life and death in Victorian London's east end. *London Archaeologist*: 14: 150–154.
- Jacks M y Lubell D (2016) New information on Melides stable isotopes. *Antiquity* 90: 617–619.
- Jay M, Fuller BT, Richards MP, Knüsel CJ y King SS (2008) Iron age breastfeeding practices in Britain: isotopic evidence from wetwang slack, east yorkshire. *American Journal of Physical Anthropology* 36: 327–337.
- Jim, S, Ambrose, SH y Evershed, RP (2004) Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: implications for their use in palaeodietary reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68: 61–72.
- Jones JR, Vega Maeso C, Carmona Ballester E, Villanueva Martin L, Delgado Arceo ME y Marín-Arroyo AB (2019) Investigating prehistoric diet and lifeways of early farmers in central northern Spain (3000-1500 CAL BC) using stable isotope techniques. *Archaeological and Anthropological Sciences* <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00841-4>.
- Jordá J, Estrada R, Mestres JS, Yravedra J y Marín C (2008) Un asentamiento neolítico de superficie en el interior de una cueva: Torca l'Arroyu (Llanera, Asturias, España). En

Hernández M, Soler JA y López JA (Eds), *IV Congreso del Neolítico Peninsular*: 208–215). Alicante: Museo Arqueológico de Alicante.

Juan-Cabaniller J y Martí B (2002) Poblamiento y procesos culturales en la Península Ibérica del VII al V milenio A.C. (8000 – 5500 BP): Una cartografía de la neolitización. En Badal E, Bernabeu J, y Martí B (eds), *El paisaje en el Neolítico mediterráneo*, 45 – 87. Valencia: Universitat de València (Saguntum Extra 5).

Kalhan S (2000) Protein metabolism in pregnancy. *American Journal of Clinical Nutrition* 71: 1249–1255.

Katzenberg MA, Saunders SR y Fitzgerald WR (1993) Age differences in stable carbon and nitrogen isotope ratios in a population of prehistoric maize horticulturists. *American Journal of Physical Anthropology* 90: 271–281.

Katzenberg MA, Herring DA y Saunders SR (1996) Weaning and infant mortality: Evaluating the skeletal evidence. *Yearbook of Physical Anthropology* 39: 177–199.

Katzenberg, MA y Lovell, NC (1999) Stable Isotope Variation in Pathological Bone. *International Journal of Osteoarchaeology* 9: 316 – 324.

Katzenberg, MA y Weber, A (1999) Stable isotope ecology and palaeodiet in the Lake Baikal region of Siberia. *Journal of Archaeological Science* 26: 651 – 659.

Katzenberg, MA, Goriunova, OI y Weber, A (2009) Paleodiet reconstruction of Bronze Age Siberians from the mortuary site of Khuzir-Nuge XIV Lake Baikal. *Journal of Archaeological Science* 36: 663 – 674.

Kawasaki, A, Oda, H, y Hirata, T (2002). Determination of strontium isotope ratio of brown rice for estimating its provenance. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 635 – 640.

Kennedy GE (2005) From the ape's dilemma to the weanling's dilemma: early weaning and its evolutionary context. *Journal of Human Evolution* 48: 123–145.

Kinaston RL, Buckley HR, Halcrow SE, Spriggs MJT, Bedford S, Neal K y Gray A (2009) Investigating foetal and perinatal mortality in prehistoric skeletal samples: a case study from a 3000-year-old pacific island cemetery site. *Journal of Archaeological Sciences* 36: 2780–2787.

- King CL, Millard AR, Gröcke DR, Standen VG, Arriaza BT y Halcrow SE (2018) A comparison of using bulk and incremental isotopic analyses to establish weaning practices in the past. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research* 3: 126–134.
- King CL, Snoody AM, Gröcke DR, Standen VG, Arriaza BT y Halcrow SE (2018) A multifaceted approach towards interpreting early life experience and infant feeding practices in the ancient Atacama Desert, Northern Chile. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 599-612.
- Koch, PL, Halliday, AN, Walter, LN, Stearley, RF, Huston, TJ y Smith, GR (1992). Sr isotopic composition of hydroxyapatite from recent and fossil salmon: The record of lifetime migration and diagenesis. *Earth and Planetary Science Letters* 108: 277 – 287.
- Koch, PL, Heisinger, J, Moss, C, Carlson, RW, Fogel, ML y Behrensmeyer, AK (1995). Isotopic tracking of change in diet and habitat use in African elephants. *Science* 267: 1340 – 1343.
- Kramer MS y Kakuma R (2004) The optimal duration of exclusive breastfeeding. A systematic review. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 554: 63–77.
- Kuhnle, GG, Joosen, AM, Kneale, CJ y O'Connell., TC (2012) Carbon and nitrogen isotopic ratios of urine and faeces as novel nutritional biomarkers of meat and fish intake. *European Journal of Nutrition*.
- Kwok CS, Garvie-Lok S y Katzenberg A (2018) Exploring variation in infant feeding practices in Byzantine Greece using stable isotope analysis of dentine serial sections. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 563-578.
- Laborde M, Barandiarán JMD, Atauri T y Altuna J (1965) Excavaciones en Marizulo (Urnieta). *Munibe* 17: 103 - 107.
- Laborde M, Barandiarán JMD, Atauri T y Altuna J (1966) Excavaciones en Marizulo (Urnieta) (Campañas de 1964). *Munibe* 1: 33 - 36.
- Laborde M, Barandiarán JMD, Atauri T y Altuna J (1967) Excavaciones en Marizulo (Urnieta) (Campañas de 1965 y 1967). *Munibe* 3: 261 – 269.

- Lawrence RA y Lawrence RM (2011) *Breastfeeding: a guide for the medical profession*. Missouri: Elsevier Mosby.
- Lee PC (1996) The meanings of weaning: growth, lactation, and life history. *Evolutionary Anthropology* 5: 87–96.
- Lee-Thorp, J. A. (2002). Two decades of progress towards understanding fossilization processes and isotopic signals in calcified tissue minerals. *Archaeometry* 44: 435 – 446.
- Lee-Thorp, JA (2008) On Isotopes and Old Bones. *Archaeometry* 50: 925 – 950.
- Lewis M (2007) *The bioarchaeology of children: Perspectives from biological and forensic anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lewis ME y Gowland R (2007) Brief and precarious lives: infant mortality in contrasting sites from medieval and Postmedieval England (AD 850–1859). *American Journal of Physical Anthropology* 134: 117–129.
- Lidén K, Eriksson G, Nordqvist B, Götherström A y Bendixen E (2004) ‘The wet and the wild followed by the dry and the tame’—or did they occur at the same time? Diet in Mesolithic–Neolithic southern Sweden. *Antiquity* 78: 23–33.
- Lightfoot KG y Martínez A (1995) Frontiers and boundaries in archaeological perspective. *Annual Review of Anthropology* 24: 471–492.
- Lightfoot E, Slaus M y O’Connell TC (2012) Changing cultures, changing cuisines: cultural transitions and dietary change in Iron Age, Roman, and Early Medieval Croatia. *American Journal of Physical Anthropology* 148: 543–556.
- Lightfoot E, Liu X y Jones MP (2013) Why move starchy cereals? A review of the isotopic evidence for prehistoric Millet consumption across Eurasia. *World Archaeology* 45: 574–623.
- Lindstrom DP y Berhanu B (2000). The effects of breastfeeding and birth spacing on infant and early childhood in Ethiopia. *Social Biology* 47: 1–17.
- Liu X, Jones P, Motuzaite Matuzeviciute G, Hunt HV, Lister DL, An T, Przelomska N, Kneale CJ, Zhao Z y Jones MK (2019). From ecological opportunism to multi-cropping: Mapping food globalisation in prehistory. *Quaternary International Reviews* 206: 21–28.

- Lodwig, EM, Hosle, AHF, Bourdes, A, Findlay, K, Allaway, D, Karunakaran, R, Downie, JA y Poole, PS (2003) Amino-acid recycling drives nitrogen fixation in the legume-Rhizobium symbiosis. *Nature* 422: 722 – 726.
- Lönnerdal B (2000) Breast milk: A truly functional food. *Nutrition* 16: 509–511.
- López-Costas O, Müldner G y Martínez Cortizas A (2015) Diet and lifestyle in Bronze Age Northwest Spain: the collective burial of Cova do Santo. *Journal of Archaeological Science* 55: 209-218.
- López-Dóriga I y Simoes T (2015). Los cultivos del Neolítico Antiguo de Sintra: Lapiás das Lameiras y Sao Pedro de Canaferrim: resultados preliminares. En Gonçalves V, Diniz M y Sousa AC (Eds) *Actas do 58 Congresso do Neolitico Peninsular, Estudos y Memórias* 8: 96–105. Lisbon: Centro de Arqueología da Universidad de Lisboa.
- López-Merino L, Martínez A y López JA (2010) Early agriculture and palaeoenvironmental history in the north of the Iberian peninsula: A multi-proxy analysis of the Monte Areo mire (Asturias, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37: 1978 – 1988.
- López-Sáez JA, López-Merino L y Pérez S (2010) Neolitización, Megalitismo y antropización del paisaje en Galicia entre el VII y el IV milenio cal BC. En Fernández-Eraso J y Mujika JA (Eds) *Actas del Congreso Internacional sobre Megalitismo y otras manifestaciones funerarias contemporáneas en su contexto social, económico y cultural*, Suplemento nº 32: 488 – 496. Donostia–San Sebastián: Sociedad de Ciencias Aranzadi.
- Lubell D, Jackes M, Schwarcz H, Knyf M, Meiklejohn C (1994) The Mesolithic-Neolithic transition in Portugal: isotopic and dental evidence of diet. *Journal of Archaeological Sciences* 21: 201 – 216.
- Marchand G (2014) *Préhistoire atlantique: Fonctionnement et évolution des sociétés du Paléolithique au Néolithique*. Arles: Errance (Collection Hespérides).
- Mariezkurrena K (1990) Caza y domesticación durante el Neolítico y Edad de los Metales en el País Vasco. *Munibe (Antropologia-Arkeologia) (Homenaje a D. José Miguel de Barandiarán)* 42: 241–252.
- Mariezkurrena K y Altuna J (1995) Fauna de mamíferos del yacimiento costero de Herriko Barra (Zarautz, País Vasco). *Munibe (Antropologia–Arkeologia)* 47: 23 – 32.

- Marín AB y González-Morales MR (2009) Comportamiento económico de los últimos cazadores-recolectores y primeras evidencias de domesticación en el occidente de Asturias: La cueva de Mazaculos II. *Trabajos de Prehistoria* 66: 47 – 74.
- Marín Suárez C (2009) Las montañas del centro-occidente cantábrico en el II y comienzos del I milenio a.C.: un espacio de encuentro entre los grupos cantábricos y meseteños. En OrJIA (Eds) *Actas de las II Jornadas de Jóvenes Investigadores en Arqueología*, 137-145. Madrid: Libros Pórtico.
- Marqués AC (2011) *Objetos de prestigio en ajuares funerarios mesolíticos y neolíticos de la región cantábrica (6000–3000 cal BC)*. Universidad de Cantabria, Unpublished.
- Martin M y Sela DS (2013) Infant gut microbiota: Developmental influences and health outcomes. En Clancy K, Hinde K y Rutherford J (Eds) *Building babies: Primate development in proximate and ultimate perspective* (233–257). New York: Springer.
- Martins H, Oms FX, Pereira L, Pike AWG, Rowsell K y Zilhao J (2015) Radiocarbon dating the beginning of the Neolithic in Iberia: New results, new problems. *Journal of Mediterranean Archaeology* 28: 105 – 131.
- McClure S, García-Puchol O, Roca C, Culleton B y Kennett D (2011) Osteological and paleodietary investigation of burials from Cova la Pastora, Alicante, Spain. *Journal of Archaeological Sciences* 38: 420 - 428.
- Mekota, A, Grupe, G, Ufer, S y Cuntz, U (2006) Serial analysis of stable nitrogen and carbon isotopes in hair: monitoring starvation and recovery phases of patients suffering from anorexia nervosa. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 20: 1604 – 1610.
- Messer E (1997) Intra-household allocation of food and health care: Current findings and understandings – introduction. *Social Science and Medicine* 44: 1675–1684.
- Michaelsen KF, Weaver L, Branca F y Robertson A (2000) *Feeding and nutrition of infants and young children*. Copenhagen: WHO Regional Publications, European Series, No. 87.
- Millard AR (2000) A model for the effect of weaning on nitrogen isotope ratios in humans. EN Goodfriend GA, Collins MJ, Fogel M, Macko SA y Wehmiller JF (eds) *Perspectives in Amino Acid and Protein Geochemistry*. Oxford: Oxford University Press.
- Molina-González F, Nocete-Calvo F, Delgado-Huertas A, Cámara-Serrano JA, Martínez-Sánchez RN, Jiménez-Brobéil S, Miranda-León MT, Riquelme-Cantal JA, Spanedda L,

- Pérez-Bareas C, Lizcano-Prestel R, Nieto-Liñán JM, Nájera-Colino T, Granados-Torres A y Carrión-Méndez F (2019) Diet and environment in south-eastern Iberia during the Bronze Age, based on isotope Analysis of human remains. *Oxford Journal of Archaeology* 38: 189-213.
- Molinero Arroyabe JT, Arozamena Vizcaya JE y Bilbao Ogando H (1985) Castro Urdiales: Hábitat eneolítico en el Valle de Sámano. *Sautuola* IV: 165-174.
- Montgomery, J, y Evans, JA (2006). Immigrants on the Isle of Lewis - combining traditional funerary and modern isotope evidence to investigate social differentiation, migration and dietary change in the Outer Hebrides of Scotland. In Gowland, R, y Knüsel, C (eds.), *The Social Archaeology of Funerary Remains*, Oxbow, Oxford, 122 –142.
- Montgomery, J, Evans, JA, Powlesland, D y Roberts, CA (2005). Continuity or colonization in Anglo-Saxon England? Isotope evidence for mobility, subsistence practice and status at West Heslerton. *American Journal of Physical Anthropology* 126: 123 – 138.
- Montgomery J, Beaumont J, Jay M, Keefe K, Gledhill AR, Cook GT, Dockrill SJ y Melton ND (2013) Strategic and sporadic marine consumption at the onset of the Neolithic: increasing temporal resolution in the isotopic evidence. *Antiquity* 87: 1060-1072.
- Moorrees, C, Fanning, E y Hunt, E (1963) Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of Dental Research* 42: 1490 – 1502.
- Motarjemi Y, Kaferstein F, Moy G y Quevedo F (1993) Contaminated weaning foods – a major risk factor for diarrhoea and associated malnutrition. *Bulletin of the World Health Organization* 71: 79–92.
- Mujika JA (2007) Cronología y secuencias de uso funerario en el megalitismo del Pirineo Occidental. *Illunzar* 7: 13 – 38.
- Mujika JA y Edeso JM (2011) *Los primeros agricultores y ganaderos en Gipuzkoa del Neolítico a la Edad del Hierro*. San Sebastián: Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Müldner G, Chenery C y Eckardt H (2011) The “headless romans”: Multi-isotope investigations of an unusual burial ground from Roman Britain. *Journal of Archaeological Science* 38: 280–290.

- Müller, W, Fricke, H, Halliday, AN, McCulloch, MT y Wartho, JA (2003). Origin and migration of the Alpine Iceman. *Science* 302: 862 – 866.
- Muñoz C, Ramil P, y Gómez Orellana L (2004) Vegetation of the Lago de Sanabria (NW Iberia) since the end of the Pleistocene: a palaeoecological reconstruction on the basis of two new pollen sequences. *Vegetation History and Archaeobotany* 13: 1 – 22.
- Muñoz E y Morlote JM (2000) Documentación arqueológica de la cueva del Calero II y la Sima del Portillo del Arenal, en Piélagos. En Ontañón-Peredo R (Ed) *Actuaciones arqueológicas en Cantabria 1984–1999*: 263 – 266). Santander: Consejería de Cultura, Turismo y Deporte.
- Nájera Colino T, Molina González F, Jiménez-Brobéil SA, Sánchez Romero M, Al Oumaoui I, Aranda Jiménez G, Delgado-Huertas A y Laffranchi Z (2010) LA población infantil de la Motilla del Azuer: un estudio bioarqueológico. *Complutum* 21: 69-102.
- Nanci, A (ed.) (2003) *Ten Cate's Oral Histology: Development Structure and Function* (6th edn). Missouri: Mosby.
- Nelson, BK, DeNiro, MJ, Schoeninger, MJ, DePaolo, DJ y Hare, PE (1986). Effects of diagenesis on strontium, carbon, nitrogen, and oxygen concentration and isotopic composition of bone. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50: 1941 – 1949.
- Neuberger, FM, Jopp, E, Graw, M, Püschel, K y Grupe, G (in press) Signs of malnutrition and starvation: Reconstruction of nutritional life histories by serial isotopic analyses of hair. *Forensic Science International* (0).
- Neuberger FM, Jopp E, Graw M, Püschel K y Grupe G (2013) Signs of malnutrition and starvation: Reconstruction of nutritional life histories by serial isotopic analyses of hair. *Forensic Science International* 226: 22–32.
- Nitsch EK, Humphrey LT y Hedges REM (2010) The effect of parity status on $\delta^{15}\text{N}$: looking for the “pregnancy effect” in 18th and 19th century london. *Journal of Archaeological Sciences* 37: 3191–3199.
- Noval MA (2013) Excavación arqueológica en la cueva de El Toral III (Andrín, Llanes). *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2007–2012*: 381 – 384). Oviedo: Consejería de Cultura, Principado de Asturias.

- O'Connell, TC y Hedges, R (1999) Isotopic Comparison of Hair and Bone: Archaeological Analyses. *Journal of Archaeological Science*. 26: 661 – 665.
- Oelze VM, Siebert A, Nicklisch N, Meller H, Dresely V y Alt KW (2011) Early neolithic diet and animal husbandry: stable isotope evidence from three linearbandkeramik (LBK) sites in central Germany. *Journal of Archaeological Sciences* 38: 270–279.
- Olalde I, Mallick S, Patterson N, Rohlan N, Villalba-Mouco V, Silva M, Dulias K, Edwards CJ, Gandini F, Pala M, Soares P, Ferrando-Bernal M, Adamski N, Broomandkhoshbacht N, Cheronet O, Lalueza-Fox C, Reich D, *et al* (2019) The genomic history of the Iberian Peninsula over the past 8000 years. *Science* 363: 1230 - 1234.
- Ontañón R (1995) El yacimiento al aire libre de El Castro (Hinojedo, Suances). Informe preliminar de los trabajos de excavación y estudio de sus industrias. En Bohigas Roldán R (Ed) *Trabajos de Arqueología en Cantabria III*. Serie Monografías arqueológicas nº 6: 145-179. Santander, Asociación Cántabra para la Defensa del Patrimonio Subterráneo.
- Ontañón R (2000) Investigaciones arqueológicas en Montealegre (Sámano, Castro Urdiales). En Ontañón R (Ed): *Actuaciones arqueológicas en Cantabria. 1984-1999*, 279-282. Santander, Consejería de Cultura y Deporte del Gobierno de Cantabria.
- Ontañón R (2001) *El Calcolítico en la Cornisa Cantábrica*. Edición en microforma. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria. Santander.
- Ontañón R (2002) Un "botón" prismático con doble perforación en V inédito procedente del dolmen de Pagobakoitza, en el contexto de los elementos de adorno del Calcolítico cantábrico. *Munibe (Antropologia-Arkeologia)* 54: 103-115.
- Ontañón R (2003) *Caminos hacia la complejidad. El Calcolítico en la región cantábrica*. Tesis doctoral. Santander, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria y Fundación Marcelino Botín.
- Ontañón R (2003) El Campaniforme en la región cantábrica: un fenómeno arqueológico en el seno de las sociedades calcolíticas del norte de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria* 60: 81-98.
- Ontañón R (2005) La secuencia de la Cueva de Los Gitanos (Castro Urdiales, Cantabria) y el Neolítico cantábrico. En Ontañón R (Ed) *III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*, 1035-1041. Santander, Universidad de Cantabria.

- Ontañón R (2008) Investigaciones arqueológicas en Montealegre (Sámano, Castro Urdiales). 5ª, 6ª y 7ª campañas (2000–2002). En Ontañón R (Ed) *Actuaciones arqueológicas en Cantabria 2000–2003*, 131-137. Santander, Gobierno de Cantabria.
- Ontañón R (2013) Social dynamics in the Recent Prehistory of Norther Iberia. Examining the margins of the mediterranean regions. En Cruz Berrocal M, García Sanjuán L y Gilman A (Eds) *The Prehistory of Iberia. Debating early social stratification and the State*, 203–230. New York, Rouledge.
- Ontañón R (2019) Desarrollo histórico y dinámicas sociales en la Prehistoria reciente de Cantabria. *Sautuola* XX: 75-90.
- Ontañón R y Armendáriz A (2005) Cuevas y megalitos: los contextos sepulcrales colectivos en la Prehistoria reciente cantábrica. *Munibe (Antropologia-Arkeologia)* 57: 275-286.
- Ontañón-Peredo R, Altuna J, Álvarez-Fernández E, Chauvin A, Cubas M, y Fernández R (2013) Contribution á l'étude de la néolithisation dans la région Cantabrique: La grotte de Los Gitanos (Cantabrie, Espagne). EN Daire MY, Dupont C, Baudry A, Billard C, Large JM, Lespez L, Normand E y Scarre C (Eds) *Anciens peuplements littoraux et relations homme/milieu sur les côtes de l'Europe atlantique, BAR International Series 2570*: 383–390). Oxford: Archaeopress.
- Osmani SR (1992) On some controversies in the measurement of undernutrition. En Osmani SR (ed) *Nutrition and poverty* (121-164) Oxford: Clarendon Press.
- Owen, OE, Smalley, KJ, D'Alessio, DA, Mozzoli, MA y Dawson, EK (1998) Protein, fat, and carbohydrate requirements during starvation: anaplerosis and cataplerosis. *The American Journal of Clinical Nutrition* 68: 12 – 34.
- Pearson JA y Hedges REM (2007) Stable carbon and nitrogen analysis and the evidence for diet at Ecsefalva and Beyond. En Whittle A (Ed) *The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain: Investigations of the Koros Culture Site of Ecsefalva 23, County Bekes*, 413–419. Budapest: Akaprint.
- Pearson JA, Hedges REM, Molleson TI y Özbek M (2010) Exploring the relationship between weaning and infant mortality: An isotope case study from Aşıklı Höyük and Çayönü Tepesi. *American Journal of Physical Anthropology* 143: 448–457.

- Peña-Chocarro L (2007) Early agriculture in central and southern Spain. En Colledge S y Conolly J (Eds) *The origins and spread of domestic plants in Southwest Asia and Europe*: 173–187. London: UCL Institute of Archaeology/ Left Coast Press.
- Peña-Chocarro L, Zapata L, García Gazólaz J, González Morales MR, Sesma J y Straus LG (2005a) The spread of agriculture in norther Iberia: new archaeological data from El Mirón cave (Cantabria) and the open-air site of Los Cascajos (Navarra). *Vegetation History and Archaeobotany* 14: 268 – 278.
- Peña-Chocarro L, Zapata L, Iriarte MJ, González Morales MR, Sesma J y Straus LG (2005b) The oldest agriculture in northern Atlantic Spain: new evidence from El Mirón Cave (Ramales de la Victoria, Cantabria). *Journal of Archaeological Science* 32: 579 – 587.
- Pétrequin P, Errera M, Martin A, Fábregas Valcarce R y Vaquer J (2012) Les haches en jades alpins pendant les V^o et IV^o millénaires: L'exemple de l'Espagne et Portugal dans une perspective européenne. *Rubricatum* 5: 213 – 222.
- Petroutsas EI y Manolis SK (2010) Reconstructing Late Bronze Age diet in mainland Greece using stable isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* 37: 614–620.
- Peyroteo-Stjerna R (2016) *On death in the Mesolithic: or the mortuary practices of the last hunter-gatherers of the South-Western Iberian Peninsula 7th–6th millennium BCE* (PhD). Department of Archaeology and Ancient History, Uppsala.
- Pfeiffer S, Sealy JC, Williamson RF, Forrest C y Lesage L (2017) Patterns of weaning among ancestral Huron-Wendat communities, determined from nitrogen isotopes. *American Antiquity* 82: 244–261.
- Pollard, AM y Heron, C (2008) *Archaeological chemistry*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Pollard, AM y Wilson, L (2001) Global Biogeochemical Cycles and Isotope Sytematics- How the World Works. In Brothwell, DR and Pollard, AM (eds) *Handbook of Archaeological Sciences*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 191 – 201.
- Powanda, MC y Beisel, WR (2003) Metabolic effects of infection on protein and energy status. *Journal of Nutrition* 133: 327s – 332s.

- Price, TD, Bentley, RA, Gronenborn, D, Lüning, J y Wahl, J (2001). Human migration in the Linear band keramik of Central Europe. *Antiquity* 75: 593 – 603.
- Price, TD y Gestsdóttir, H (2006). The first settlers of Iceland: An isotopic approach to colonisation. *Antiquity* 80: 130 – 144.
- Price, TD, Burton, JH y Bentley, RA (2002). The characterisation of biologically-available strontium isotope ratios for investigation of prehistoric migration. *Archaeometry* 44: 117 – 135
- Price, TD, Johnson, CM, Ezzo, JA, Burton, JH y Ericson, JA (1994). Residential mobility in the prehistoric Southwest United States. A preliminary study using strontium isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* 24: 315 – 330.
- Privat K (2004) *Palaeoeconomy of the Eurasian steppe: biomolecular studies.* PhD dissertation, University of Oxford.
- Quinlan RJ (2007) Human parental effort and environmental risk. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274: 121–125.
- Ramaroli V, Hamilton J, Ditchfield P, Fazeli H, Aali A, Coningham RAE y Pollard AM (2010) The Chehr Abad salt men and the isotopic ecology of humans in Ancient Iran. *American Journal of Physical Anthropology* 143: 343–54.
- Reid, D y Dean, M (2000) Brief Communication: The Timing of Linear Hypoplasias on Human Anterior Teeth. *American Journal of Physical Anthropology* 113: 135 – 139.
- Reid, D y Dean, M (2006) Variation in modern human enamel formation times. *Journal of Human Evolution* 50: 329 – 346.
- Reitsema LJ (2013) Beyond diet reconstruction: stable isotope applications to human physiology, health, and nutrition. *American Journal of Human Biology* 25: 445–456.
- Remolins G, Gibaja JF, Alliese F, Fontanals-Coll M, Martin P, Masclans A, Mazzucco N, Mozota M, Oliva M, Oms X, Santos FJ, Terradas X, Subirá ME y Llovera X (2016) The Neolithic Necropolis of La Feixa del Moro (Juberri, Andorra): new data on the first farming communities in the Pyrenees. *Comptes Rendus Palevol* 15: 537 - 554.

- Reynard LM y Tuross N (2015) The known, the unknown and the unknowable: Weaning times from archaeological bones using nitrogen isotope ratios. *Journal of Archaeological Science* 53: 618–625.
- Richards MP y Mellars P (1998) Stable isotopes and the seasonality of the Oronsay middens. *Antiquity* 72: 178-184.
- Richards MP y Hedges R (1999) A Neolithic revolution? New evidence of diet in the British Neolithic. *Antiquity* 73: 891 – 897.
- Richards MP y Hedges REM (1999) Stable isotope evidence for similarities in the types of marine foods used by late Mesolithic humans at sites along the Atlantic Coast of Europe. *Journal of Archaeological Sciences* 26: 717 – 722.
- Richards MP, Mays S y Fuller BT (2002) Stable carbon and nitrogen isotope values of bone and teeth reflect weaning age at the medieval wharram percy site, yorkshire, UK. *American Journal of Physical Anthropology* 119: 205–210.
- Richards MP y Hedges REM (2008) Stable isotope evidence of past human diet at the sites of the neolithic grave of Gerani; the Late Minoan III cemetery of Armenoi; grave circles A and B at the palace site of Mycenae; and the Late Helladic chamber tombs. En Tzedakis Y, Martlew H y Jones MK (Eds) *Archaeology meets Science: biomolecular investigations in Bronze Age Greece*. Oxford: Oxbow.
- Richards MP y Vika E (2008) Stable isotope results from new sites in the Peloponnese: Sykia, Kalamaki y Spaliareika. En Tzedakis Y, Martlew H y Jones MK (Eds) *Archaeology meets Science: biomolecular investigations in Bronze Age Greece*. Oxford: Oxbow.
- Richards MP, Schulting RJ y Hedges REM (2003) Archaeology: sharp shift in diet at onset of Neolithic. *Nature* 425: 366 – 366.
- Riddervold A y Ropeid A (1988) *Food conservation: Ethnological studies*. London: Prospect Books.
- Robbins, CR y Kelly, CH (1970) Amino acid composition of human hair. *Journal of Textile Research* 40: 891 – 896.
- Robinson, D (2001) $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 153 – 162.

- Robinson, S, Nicholson, RA, Pollard, AM y O'Connor, TP (2003). An evaluation of nitrogen porosimetry as a technique for predicting taphonomic durability in animal bone. *Journal of Archaeological Science* 30: 391 – 403.
- Roselló E y Morales A (2011) Evidencias de pesca en las ocupaciones de Santimamiñe. En López- Quintana JC (Ed) *La cueva de Santimamiñe: Revisión y actualización (2004–2006)*, Kobie—Bizkaiko Arkeologi Indusketak–BAI 1: 239 – 46. Bilbao: Bizkaiko Foru Aldundia.
- Ruiz-Alonso M y Tapia J (en prensa). The study of plant macro-remains from Linatzeta (Lastur, Deba, Spain). En Arias P y Cueto M (Eds), Meso 2010: *Proceedings of The Eighth International Conference on the Mesolithic in Europe* (Santander 13th–17th September, 2010). Oxford: Oxbow.
- Ruiz-Gálvez Priego M (1987) Bronce Atlántico y cultura del Bronce Atlántico en la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria* 44: 251-266.
- Salazar-García DC (2009) Estudio de la dieta en la poblacion neolítica de Costamar. Resultados preliminares de analisis de isotopos estables de carbono y nitrogeno. En Flors Ureña E (Ed) *Torre la Sal (Ribera de Cabanes, Castellon). Evolucion del paisaje antropico desde la prehistoria hasta el medioevo*, 8: 411 - 418. Castellon, Servicio de Investigaciones Arqueológicas y Prehistóricas-Diputacion de Castellon. M.P.A.C.
- Salazar-García DC (2011) Aproximacion a la dieta de la poblacion calcolítica de La Vital a traves del analisis de isotopos estables del carbono y del nitrogeno sobre restos oseos. En Perez Jordá G, Bernabeu Auban J, Carrión Marco Y, García-Puchol O, Molina Balaguer LL y Gómez Puche, M (Eds) *La Vital (Gandia, Valencia). Vida y muerte en la desembocadura del Serpis durante el III y el I milenio a.C.* T.V. 113: 139 - 143. Valencia, Museu de Prehistoria de Valencia-Diputació de Valencia.
- Salazar-García DC (2012) *Isótopos, dieta y movilidad en el País Valenciano. Aplicación a restos humanos del Paleolítico medio al Neolítico final (Doctoral Thesis)*. Universitat de Valencia, Valencia.
- Salazar-García DC (2014) Estudi de la dieta en la població de Cova dels Diablets mitjançant analisi d'isòtops estables del carboni i del nitrogen en col·làgen ossi. Resultats preliminars. En Aguilera Arzo G, Roman in Monroig D y García Borja P (Eds) *La Cova*

dels Diablets (Alcala de Xivert, Castello). Prehistoria a la Serra d'Irta: 67 - 78. Diputació de Castelló, Castelló.

Salazar-García DC (2017) Estudio de la dieta en la población del Tossal del Mortórum mediante análisis de isótopos estables del Carbono y del Nitrógeno en colágeno óseo. En Aguilera Arzo G (Ed) *Tossal del Mortòrum. Un assentament de l'Édat del Bronze y del Ferro Antic a la Ribera de Cabanes (Castelló)*. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques de la Diputació de Castelló.

Salazar-García DC, Benítez de Lugo Enrich LB, Álvarez-García HJ y Benito Sánchez M (2013) Estudio diacrónico de la dieta de los pobladores antiguos de Terrinches (Ciudad Real) a partir del análisis de isótopos estables sobre restos óseos humanos. *Revistas Española de Antropología Física* 34: 6-14.

Salazar-García DC, Aura JE, Olaria CR, Talamo S, Morales JV y Richards MP (2014) Isotope evidence for the use of marine resources in the Eastern Iberian Mesolithic. *Journal of Archaeological Sciences* 42: 231 - 240.

Salazar-García DC, Romero A, García-Borja P, Subirá ME y Richards MP (2016) A combined dietary approach using isotope and dental buccal-microwear analysis of humans from the Neolithic, Roman and Medieval periods from archaeological site of Tossal de les Basses (Alicante, Spain). *Journal of Archaeological Sciences Reports* 6: 610 - 619.

Salazar-García, DC, Perez-Ripoll M, García-Borja P, Jordá Pardo JF y Aura Tortosa JE (2017) A terrestrial diet close to the coast: a case study from the Neolithic levels of Nerja Cave (Malaga, Spain). En Salazar-García DC y García-Puchol O (Eds) *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean*: 281 - 307. Springer.

Sandberg PA, Sponheimer M, Lee-Thorp JA y Van Gerven D (2014) Intra-tooth stable isotope analysis of dentine: A step toward addressing selective mortality in the reconstruction of life history in the archaeological record. *American Journal of Physical Anthropology* 155:281–293.

Sarasketa-Gartzia I, Villalba-Mouco V, le Roux P, Arrizabalaga A y Salazar-García DC (2018a) Late Neolithic-Calcolithic socio-economic dynamics in norther Iberia. A miliy-isotope study on diet and provenance from Santimamiñe and Picos Ramos archaeological sites (Basque country, Spain). *Quaternary International* 481: 14 - 27.

- Sarasketa-Gartzia I, Villalba-Mouco V, le Roux P, Arrizabalaga A y Salazar-García DC (2018b) Anthropic resource exploitation and use of the territory at the onset of social complexity in the Neolithic-Chalcolithic Western Pyrenees: a multi-isotope approach. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11: 3665-3680.
- Scharlotta I, Goude G, Herrscher E, Bazaliiskii V y Weber AW (2018a) Shifting weaning practices in Early Neolithic Cis-Baikal, Siberia: New insights from stable isotope analysis of molar micro-samples. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 579-598.
- Scharlotta I, Goude G, Herrscher E, Bazaliiski V y Weber AW (2018b) “Mind the gap”- Assessing methods for aligning age determination and growth rate in multi-molart sequences of dietary isotopic data. *American Journal of Human Biology* 30 <https://doi.org/10.1002/ajhb.23163>
- Schoeninger, MJ (1979). Diet and status at Chalcatzingo: Some empirical and technical aspects of strontium analysis. *American Journal of Physical Anthropology* 51: 295 – 310.
- Schoeninger, MJ y DeNiro, MJ (1984) Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 625 – 639.
- Schulting RJ (2011) Mesolithic-Neolithic transitions: an isotopic tour through Europe. En Pinhasi R y Stock JT (Eds) *Human bioarchaeology of the transition to agriculture*: 17 - 42. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Schulting RJ (2018) Dietary shifts at the Mesolithic-Neolithic transition in Europe: an overview of the stable isotope data. En Lee-Thorp J y Katzenberg MA (Eds) *The Oxford handbook of the Archaeology of diet*. Oxford, Oxford University Press.
- Schulting RJ y Richards MP (2001) Dating women and becoming farmers: new palaeodietary and AMS data from the Breton Mesolithic cemeteries of Tévéc and Hoëdic. *Journal of Anthropological Archaeology* 20: 314–344.
- Schulting RJ y Richards MP (2002a) The wet, the wild and the domesticated: the Mesolithic–Neolithic transition on the west coast of Scotland. *European Journal of Archaeology* 5: 147–189.

- Schulting RJ y Richards MP (2002b) Finding the coastal Mesolithic in southwest Britain: AMS dates and stable isotope results on human remains from Caldey Island, Pembrokeshire, South Wales. *Antiquity* 76: 1011–1025.
- Schulting RJ, Murphy E, Jones C y Warren G (2012) New dates from the north, and a proposed chronology for Irish court tombs. *Proceedings of the Royal Irish Academy* 112C: 1–60.
- Schulting RJ, Fibiger L, Macphail RI, McLaughlin R, Murray EV, Price C y Walker EA (2013) Mesolithic and Neolithic human remains from Foxhole Cave (Gower, South Wales). *Antiquaries Journal* 93: 1–23.
- Schurr MR (1997) Stable nitrogen isotopes as evidence for the age of weaning at the Angel site: Comparison of isotopic and demographic measures of weaning age. *Journal of Archaeological Science* 24: 919–927.
- Schurr MR (2018) Exploring ideas about isotopic variation in breastfeeding and weaning within and between populations: Case studies from the American midcontinent. *International Journal of Osteoarchaeology* 28: 479–491.
- Schurr MR y Powell ML (2005) The role of changing childhood diets in the prehistoric evolution of food production: An isotopic assessment. *American Journal of Physical Anthropology* 126: 278–294.
- Schweissing, MM y Grupe, G (2003). Stable strontium isotopes in human teeth and bone: A key to migration events of the late Roman period in Bavaria. *Journal of Archaeological Science* 30: 1373 – 1383.
- Sealy, JC, Van der Merwe, NJ, Lee-Thorp, JA y Lanham, JL (1987) Nitrogen isotopic ecology in southern Africa: implications for environmental and dietary tracing. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51: 2702 – 2717.
- Sealy, JC, Van Der Merwe, NJ, Sillen, A, Kruger, FJ y Krueger, WH (1991). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ as a dietary indicator in modern and archaeological bone. *Journal of Archaeological Science* 18: 399 – 416.

- Sealy, J, Armstrong, R y Schrire, C (1995) Beyond Lifetime Averages: Tracing Life Histories Through Isotopic Analysis of Different Calcified Tissues from Archaeological Human Skeletons. *Antiquity* 69: 290 – 300.
- Sellen DW (2001) Comparison of infant feeding patterns reported for nonindustrial populations with current recommendations. *The Journal of Nutrition* 131: 2707–2715.
- Sellen DW (2006) Lactation, complementary food, and human life history. En Hawkes K y Painr RR (Eds) *The evolution of human life history* (155–196). Santa Fe: School of American Research Press.
- Sellen DW (2007) Evolution of infant and young child feeding: implications for contemporary public health. *Annual Review of Nutrition* 27: 123–148.
- Sellen DW y Smay DB (2001) Relationship between subsistence and age at weaning in “preindustrial” societies. *Human Nature* 12: 47–87.
- Sharp, Z (2007) *Principles of stable isotope geochemistry*. London: Pearson/Prentice Hall
- Sharp, ZD, Atudorei, V y Furrer, H (2000). The effects of diagenesis on oxygen isotope ratios of biogenic phosphates. *Science* 300: 222 – 237.
- Sharpe P (2012) Explaining the short stature of the poor: chronic childhood disease and growth in nineteenth-century England. *The Economic History Review* 65: 1475–1494.
- Sherratt A (1981) Plough and pastoralism: aspects of the secondary products revolution. En Hodder I, Isaac G y N Hammond N (Eds) *Pattern of the Past: Studies in honour of David Clarke*: 261-305. Cambridge, Cambridge University Press.
- Sherratt A (1983). The secondary exploitation of animals in the Old World. *World archaeology* 15: 90-104.
- Shetty P (2006) Malnutrition and undernutrition. *Medicine* 34: 524–529.
- Short R (1987). The biological basis for the contraceptive effects of breast feeding. *International Journal of Gynecology & Obstetrics* 25: 207–217.
- Shoulders, M y Raines, R (2009) Collagen Structure and Stability. *Annual Review of Biochemistry* 78: 929 – 958.

- Simonetti, A, Buzon, M y Creaser, R (2008) In-situ elemental and Sr isotope investigation of human tooth enamel by laser ablation-(MC)-ICP-MS: successes and pitfalls. *Archaeometry* 50: 371 – 385.
- Sillen, A (1986). Biogenic and diagenetic Sr/Ca in Plio-Pleistocene fossils in the Omo Shungura Formation. *Paleobio* 12: 311 – 323.
- Sillen, A y Kavanagh, M (1982). Strontium and paleodietary research: A review. *Yearbook of Physical Anthropology* 25: 67 – 90.
- Sillen, A y Sealy, JC (1995). Diagenesis of strontium in fossil bone: A reconsideration of Nelson et al. (1986). *Journal of Archaeological Science* 22: 313 – 320.
- Sillen, A, Hall, G, Richardson, S y Armstrong, R (1998). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in modern and fossil food-webs of the Sterkfontein Valley: Implications for early hominid habitat preference. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62: 2463 – 2478.
- Smith, CI, Fuller, B, Choy, K y Richards., MP (2009) A three-phase liquid chromatographic method for d^{13}C analysis of amino acids from biological protein hydrolysates using liquid chromatography–isotope ratio mass spectrometry. *Analytical Biochemistry* 390: 165 – 172.
- Smits L y Van der Plicht J (2009) Mesolithic and Neolithic human remains in the Netherlands: physical anthropological and stable isotope investigations. *Journal of Archaeology in the Low Countries* 1: 55-85.
- Smits, E, Millard, A, Nowell, G y Pearson, D (2010) Isotopic investigation of diet and residential mobility in the Neolithic of the Lower Rhine Basin. *European Journal of Archaeology* 13: 5 – 31.
- Sponheimer, M, Loudon, J, Codron, D, Howells, M, Pruett, J, Codron, J, de Ruiter, D y Lee-Thorp, J (2006) Do “savanna” chimpanzees consume C_4 resources? *Journal of Human Evolution* 51: 128 – 133.
- Srinivasan TN (1992) Undernutrition: concepts, measurements and policy implications. En Osmani SR (ed) *Nutrition and poverty* (97-120) Oxford: Clarendon Press.

- Straus LG y González-Morales MR (2012) *El Mirón Cave, Cantabria Spain: The site and its Holocene archaeological record*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Suga, S (1989) Enamel Hypomineralization Viewed From the Pattern of Progressive Mineralization of Human and Monkey Developing Enamel. *Advances in Dental Research* 3: 188 – 198.
- Svyatko S, Murphy E, Schulting RJ y Mallory J (2007) Environment, lifestyle and diet of prehistoric populations from the Minusink basin, southern Siberia, Russia. En Makohonienko M, Makowiecki D y Czerniawska J (Eds) *Eurasian perspectives on environmental archaeology*. Poznan: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Szpak, P, Orchard, TJ y Gröcke, DR (2009) A Late Holocene vertebrate food web from southern Haida Gwaii (Queen Charlotte Islands, British Columbia). *Journal of Archaeological Science* 36: 2734 – 2741.
- Tapia J, Álvarez-Fernández E, Cubas M, Cueto M, Etxeberria F, y Gutiérrez-Zugasti I (2008) La cueva de Linatzeta (Lastur, Deba, Gipuzkoa): Un nuevo contexto para el estudio del Mesolítico en Gipuzkoa. *Munibe (Antropología–Arkeologia)* 59: 119 – 131.
- Tauri MA, Craig OE y Canci A (2009) Stable isotope evidence for the consumption of Millet and other plants in Bronze Age Italy. *American Journal of Physical Anthropology* 139: 146-153.
- Teira LC (1994) *El megalitismo en Cantabria: Aproximación a una realidad olvidada*. Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Teira LC (1995) Historiografía del Megalitismo en la Cornisa Cantábrica. En Actes I (Ed) *Congres del Neolític a la Península Ibèrica. Rubricatum* 2: 481 – 485). Gavà: Museu de Gavà.
- Teira LC y Ontañón R (1996) New Schematic Rock Art Finds in the Monte Hijedo Region (Cantabria-Burgos, Spain). *International Newsletter on Rock Art* 15: 19–21.
- Teira LC y Ontañón R (1997) Nuevas manifestaciones de arte esquemático en la comarca de Monte Hijedo (Burgos-Cantabria). En Balbín Berhmann R y Bueno Ramírez P (Eds) *II Congreso de Arqueología Peninsular*. Tomo II Neolítico, Calcolítico y Bronce, 569-578. Zamora, Fundación Rei Afonso Henriques.

- Teira LC y Ontañón R (2000a) Documentación de arte esquemático en la comarca de Monte Hijedo (Las Rozas de Valdearroyo, Cantabria— Alfoz de Santa Gadea, Burgos). En Ontañón R (Ed) *Actuaciones arqueológicas en Cantabria 1984–1999*, 241-243. Santander, Consejería de Cultura y Deporte del Gobierno de Cantabria.
- Teira LC y Ontañón R (2000b) Revisión de los grabados rupestres del Collado de Sejos (Polaciones). En Ontañón R (Ed) *Actuaciones arqueológicas en Cantabria 1984–1999*, 285-287. Santander, Consejería de Cultura y Deporte del Gobierno de Cantabria.
- Teira LC y Ontañón R (2016) La estatua-estela de Salcedo (Valderredible) y los orígenes del retrato social en la Prehistoria. En Serna Gancedo ML, Martínez Velasco A y Fernández Acebo V (Eds) *Después de Altamira: Arte y Grafismo Rupestre Post-paleolítico en Cantabria*, 45-51. Santander: ACANTO, ACDPS, Gobierno de Cantabria.
- Thomas J (1991) *Rethinking the Neolithic*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Triantaphyllou S (2001) *A bioarchaeological approach to prehistoric cemetery populations from central and western greek Macedonia*. Oxford: archaeopress.
- Triantaphyllou S (en prensa) A stable isotope analysis of skeletal assemblages from greek Macedonia. En Papathanasiou A, Richards MP y Fox S (Eds) *Were they what they ate? Dietary reconstruction in Greece from stable isotope analyses*. Athens: Occasional Wiener Laboratory Series.
- Triantaphyllou S, Richards MP, Zerner C y Voutsaki S (2008) Isotopic dietary reconstruction of humans from middle bronze age lerna, argolid, Greece. *Journal of Archaeological Sciences* 35: 3028–3034.
- Trussell J (1979) Natural fertility: measurements and use in fertility models. En Leridon H y Menken J (Eds) *Natural fertility: patterns and determinants of natural fertility* (29-63). Liège: Ordina Editions.
- Tsutaya T, Ishida H y Yoneda M (2015) Weaning age in an expanding population: Stable carbon and nitrogen isotope analysis of infant feeding practices in the Okhotsk culture (5th–13th centuries AD) in northern Japan. *American Journal of Physical Anthropology* 157: 544–555.

- Turner BL, Edwards JL, Quinn EA, Kingston JD y Van Gerven DP (2007) Age-related variation in isotopic indicators of diet at medieval kulubnarti, sudanese nubia. *International Journal of Osteoarchaeology* 17: 1–25.
- Valentin J (ed) (2003) Basic anatomical and physiological data for use in Radiological Protection: reference values. *ICRP publication 89*. International Commission on Radiological Protection.
- Van der Merwe, M (1982) Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology. *America Scientist* 70: 596 – 606.
- Van der Plicht J, Amkreutz LWSW, Niekus MT, Peeters JHM y Smit BI (2016) Surf 'n Turf in Doggerland: Dating, stable isotopes and diet of Mesolithic human remains from the southern North Sea. *Journal of Archaeological Science* 10: 110-118.
- Van Klinken GJ (1999) Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* 26: 687-695.
- Vanhaeren, M, d'Errico, F, Billy, I y Grousset, F (2004). Tracing the source of Upper Palaeolithic shell beads by strontium isotope dating. *Journal of Archaeological Science* 31: 1481 – 1488.
- Varalli A, Moggi-Cecchi J, Moroni A y Goude E (2016) Dietary variability during Bronze Age in Central Italy: First results. *International Journal of Osteoarchaeology* 26: 431-446.
- Vega C (2012) The ceramics of El Mirón cave: Production, morphology and discard. En Straus LG y González-Morales MR (Eds) *El Mirón Cave, Cantabria Spain: The site and its Holocene archaeological record*: 372–425. Albuquerque: University of New Mexico.
- Victora CG, Adair L, Fall C, Hallal PC, Martorell R, Richter L y Sachdev HS (2008) Maternal and child undernutrition: consequences for adult health and human capital. *Lancet* 371: 340–357.
- Vidal J y Prada ME (2010) *Los hombres mesolíticos de la cueva de La Braña-Arintero (Valdelugeros, León), Estudios y Catálogos 18*. León: Junta de Castilla y León.

- Villalba-Mouco V, Utrilla P, Laborda R, Lorenzo JJ, Martínez-Labarga C y Salazar-García DC (2018a) Reconstruction of human subsistence and husbandry strategies from the Iberian Early Neolithic: a stable isotope approach. *American Journal of Physical Anthropology* 167: 257-271.
- Villalba-Mouco V, Sauqué V, Sarasketa-Gartzia I, Pastor MV, le Roux P, Vicente D, Utrilla P y Salazar-García DC (2018b) Territorial mobility and subsistence strategies during the Ebro basin Late Neolithic-Chalcolithic: a multi-isotope approach from San Juan cave (Loarre, Spain). *Quaternary International* 481: 28-41.
- Villalba-Mouco V, Sarasketa-Gartzia I, Utrilla P, Oms FX, Mazo C, Mendiola S, Cebrià A y Salazar-García DC (2018c) Stable isotope ratio analysis of bone collagen as indicator of different dietary habits and environmental conditions in northeastern Iberia during the 4th and 3rd millennium cal B.C. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11: 3931-3947.
- Villalba-Mouco V, van de Loosdrecht MS, Posth C, Mora R, Martínez-Moreno J, Rojo-Guerra M, Salazar-García DC, Royo-Guillén JJ, Kunst M, Rougier H, Crevecoeur I, Arcusa-Magallón H, Tejedor-Rodríguez C, García-Martínez de Lagrán I, Garrido-Pena R, Alt KW, Jeong C, Schiffels S, Utrilla P, Krause J y Haak W (2019) Survival of late pleistocene hunter-gatherer ancestry in the Iberian Peninsula. *Current Biology* 29: 1 - 29.
- Vigne JD (2005) L'humérus de chien magdalénien d'Erralla (Gipuzkoa, Espagne) et la domestication tardiglaciaire du loup en Europe. *Munibe (Antropologia-Arkeologia) (Homenaje a Jesús Altuna)* 57: 279 – 287.
- Vitzthum VJ (1994) Comparative study of breastfeeding structure and its relation to human reproductive ecology. *Yearbook of Physical Anthropology* 37: 307–349.
- Wapler U, Crúbezy E y Schultz M (2004) Is criba orbitalia synonymous with anemia? Analysis and interpretation of cranial pathology in Sudan. *American Journal of Physical Anthropology* 123: 333 - 339.
- Waterman AJ (2012) Market in life and death: identifying biological markers of social differentiation in late prehistoric Portugal. *PhD Doctoral Dissertation*. University of Iowa.
- Waterman AJ, Silva AM y Tykot RH (2014) Stable isotopic indicators of diet from two Late Prehistoric burials sites in Portugal: an investigation of dietary evidence of social differentiation. En Tykot RH (Ed) *Proceedings of the 38th International Symposium on*

Archaeometry- May 10-14 2010 Tampa, Florida. *Open Journal of Archaeometry* 2: 22-27.

Waters-Rist, AL y Katzenberg, MA (2010) The Effect of growth on Stable Nitrogen Isotope Ratios in Subadult Bone Collagen. *International Journal of Osteoarchaeology* 20: 172 – 191.

Waters-Rist AL, Bazaliiskii VI, Weber AW y Katzenberg MA (2011) Infant and child diet in Neolithic hunter-fisher-gatherers from Cis-Baikal, Siberia: Intra-long bone stable nitrogen and carbon isotope ratios. *American Journal of Physical Anthropology* 146: 225–241.

Williams, LJ, White, CD y Longstaffe., FJ (2011) Improving stable isotopic interpretations made from human hair through reduction of growth cycle error. *American Journal of Physical Anthropology* 145: 125 – 136.

Wilson, AS, Taylor, T, Ceruti, MC, Chavez, JA, Reinhard, J, Grimes, V, Meier-Augenstein, W, Cartmell, L, Stern, B, Richards, MP, Worobey, M, Barnes, I y P. Gilbert., MT (2007) Stable isotope and DNA evidence for ritual sequences in Inca child sacrifice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 16456 – 16461.

White CD y Schwarcz HP (1994) Temporal trends in stable isotopes for nubian mummy tissues. *Am J Phys Anthropol* 93: 165–187.

WHO (World Health Organization) (1998) *Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge*. Geneva: World Health Organization.

Wright, LE (2012) Examining childhood diets at Kaminaljuyu, Guatemala, through stable isotope analysis of sequential enamel microsamples. *Archaeometry*

Wright, L y Schwarcz, H (1999) Correspondence Between Stable Carbon, Oxygen and Nitrogen Isotopes in Human Tooth Enamel and Dentine: Infant Diets at Kaminaljuya. *Journal of Archaeological Science* 26: 1159 – 1170.

- Wright, L, Valdés, J, Burton, J, Price, T y Schwarcz, H (2010) The Children of Kamialjuyu: Isotopic insight into diet and long distance interaction in Mesoamerica. *Journal of Anthropological Archaeology* 29: 155 – 178.
- Yaemsiri, S, Hou, N, Slining, M y He, K (2010) Growth rate of human fingernails and toenails in healthy American young adults. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* 24: 420 – 423.
- Yarritu MJ y Gorrotxategi X (1995) El poblamiento al aire libre durante el Neolítico y el Calcolítico en el Cantábrico oriental. Los poblados de Zalama, Ordunte (Valle de Mena, Burgos) e Ilso Betaio (Garape-Artzentariz, Enkarterria, Euskal Herria). En *Primeros agricultores y ganaderos en el Cantábrico y Alto Ebro*, 199-250. Eusko Ikaskuntza. San Sebastián.
- Zapata L (1995) La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). La industria ósea y los elementos de adorno. *Munibe (Antropología-Arqueología)* 47: 35-90.
- Zapata L (1996) Modos de subsistencia en el Cantábrico oriental durante el cuarto milenio B.C. *Rubricatum 1* (Actes del I Congrés del Neolític a la Península Ibèrica (Gavà—Bellaterra, 27, 28 i 29 de març de 1995): 101–108.
- Zapata L (1997) El combustible y la agricultura prehistórica: estudio arqueobotánico de los yacimientos de Arenaza, Kanpanoste Goikoa y Kobaederra. *Isturitz (Cuadernos de Sección. Prehistoria—Arqueología)* 7: 12–41.
- Zapata L (2000) La recolección de plantas silvestres en la subsistencia Mesolítica y Neolítica. *Complutum* 11: 157 – 169.
- Zapata L (2002) *La explotación de los recursos vegetales y el origen de la agricultura en el País Vasco: Análisis arqueobotánico de macrorrestos vegetales*, Kobie Anejo 4. Bilbao: Diputación Foral de Bizkaia.
- Zapata L (2006) Agricultura prehistórica en el País Vasco litoral. *Homenaje a Jesús Altuna - tomo I, Munibe (Antropología-Arkeologia)* 57: 553-561.

- Zapata L, Ibañez JJ y González-Urquijo JE (1997). El yacimiento de la cueva de Kobaederra (Oma, Kortezubi, Bizkaia). Resultados preliminares de las campañas de excavación 1995–97. *Munibe (Antropología–Arkeologia)* 49: 51 – 63.
- Zapata L, Milner N y Roselló E (2007) Pico Ramos cave shell midden: the Mesolithic-Neolithic transition by the Bay of Biscay. En Milner N, Craig OE y Bailey GN (Eds) *Shell middens in Atlantic Europe*: 150 – 157. Oxford: Oxbow Books.
- Zapata L, Peña-Chocarro L, Pérez-Jordà G y Stika HP (2004) Early Neolithic agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of World Prehistory* 18: 283 – 325.
- Zapata L, Peña-Chocarro L., Pérez-Jordà G y Stika HP (2005) Difusión de la agricultura en la Península Ibérica. En Arias P, Ontañón-Peredo R y García-Moncó C (Eds.) *III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*: 103–104. Santander: Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Santander.
- Zilhao J (2003) The Neolithic transition in Portugal and the role of demic diffusion in the spread of agriculture across West Mediterranean Europe. En Ammerman AJ y Biagi P (Eds) *The widening harvest: The Neolithic transition in Europe: Looking back, looking forward*: 207–223. Boston: Archaeological Institute of America.
- Zilhão J (2000) From the Mesolithic to the Neolithic in the Iberian Peninsula. En Price D (Ed) *Europe's first farmers*: 144 - 182. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zazzo, A, Balasse, M y Patterson, W (2005) High-resolution $\delta^{13}\text{C}$ intratooth profiles in bovine enamel: Implications for mineralization pattern and isotopic attenuation. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 69: 3631 – 3642.

Índice de tablas.

Tabla 1: Fases de la Prehistoria reciente de Cantabria.....	34
Tabla 2: Resumen del análisis de los restos humanos encontrados en la estructura 6-I de la cueva de Los Canes.....	54
Tabla 3: Resumen de los resultados de la datación radiocarbónica realizados sobre el individuo 2A.....	55
Tabla 4: Resumen del análisis de los restos humanos encontrados en la estructura 6-II de la cueva de Los Canes.....	56
Tabla 5: Resumen de los resultados de la datación radiocarbónica realizados sobre el individuo 3A.....	58
Tabla 6: Resumen del análisis de los restos humanos encontrados en la estructura 6-III de la cueva de Los Canes.....	59
Tabla 7: Listado de los dientes aislados encontrados en diferentes unidades estratigráficas de la cueva de Los Canes y usados en este estudio.....	62
Tabla 8: Resumen de la media y desviación estándar de los valores isotópicos para yacimientos europeos mesolíticos y neolíticos costeros y de interior.....	84
Tabla 9: Listado de las pruebas analíticas realizadas sobre cada diente usado en el presente trabajo.....	103
Tabla 10: Resultados de las dataciones por ^{14}C realizadas en los dientes analizados.....	123
Tabla 11: valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de diferentes especies animales de periodo Mesolítico procedentes de la cueva de los Canes.....	127
Tabla 12: valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de diferentes especies de peces procedentes de distintos yacimientos de la cornisa cantábrica.....	127
Tabla 13: valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de los restos faunísticos usados para estimar la dieta de los individuos de la Edad del Bronce.....	128
Tabla 14: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can12.C.....	133

Tabla 15: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can9.I1.....	137
Tabla 16: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can13.M2.....	140
Tabla 17: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can8.P2.....	143
Tabla 18: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección de la secuencia “a” procedente del diente Can.3C.....	145
Tabla 19: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección de la secuencia “b” procedente del diente Can.3C.....	146
Tabla 20: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can3.M3.....	148
Tabla 21: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can2.M3.....	151
Tabla 22: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can1.M3.....	154
Tabla 23: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Ca11.M3.....	157
Tabla 24: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can10.I2.....	160
Tabla 25: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can15.M2.....	163
Tabla 26: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can16.P2.....	166
Tabla 27: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can4.C.....	169

Tabla 28: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can14.M1.....	172
Tabla 29: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can16.P1.....	175
Tabla 30: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can7.P1.....	178
Tabla 31: Datos relativos a situación anatómica, peso, valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, C:N ratio, y edad estimada de cada sección del diente Can17.I2.....	181
Tabla 32: Datos de las muestras de estroncio biodisponibles del entorno de la cueva de Los Canes relativos al material de la misma, peso, los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$, y criterio de calidad de la misma.....	184
Tabla 33: Media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ relativos al estroncio biodisponible del entorno de la cueva de los Canes.....	186
Tabla 34: Datos de las muestras de estroncio biodisponibles de la formación Barrios relativos al material de la misma, peso, los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.....	186
Tabla 35: Datos de las muestras de estroncio biodisponibles de la formación Puentellés, Cavandi y Lebeña relativos al material de la misma, peso, los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.....	187
Tabla 36: Datos de las muestras de estroncio biodisponibles de la unidad geológica Picos de Europa relativos al material de la misma, peso, los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.....	188
Tabla 37: Media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ relativos al estroncio biodisponible de la unidad Picos de Europa.....	189
Tabla 38: Datos de las muestras de estroncio biodisponibles de la unidad geológica Sotres relativos al material de la misma, peso, los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ y criterio de calidad de la misma.....	189
Tabla 39: Media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ relativos al estroncio biodisponible de la unidad geológica Sotres.....	190

Tabla 40: Media y 2 desviaciones estándar de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$ relativos al estroncio biodisponible de todas las unidad geológica estudiadas en este trabajo.....	190
Tabla 41: Valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de $^{86}\text{Sr}/^{84}\text{Sr}$, la concentración en partes por millón, y el criterio de calidad de los dientes estudiados.....	191
Tabla 42: estimación del comienzo y fin del periodo de lactancia y destete para los individuos mesolíticos en función de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$	208
Tabla 43: estimación del comienzo y fin del periodo de lactancia y destete para los individuos de la Edad del Bronce en función de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$	240
Tabla 44: comparación de pares de dientes para identificar individuos a través de las secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$	255
Tabla 45: Medias y desviaciones típicas de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de la secuencia de dentina y del colágeno óseo del individuo Can2, así como el valor del estadístico <i>t de student</i>	272
Tabla 46: Medias y desviaciones típicas de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ procedentes de las secuencias de dentinas del canino y el tercer molar, y del colágeno óseo del individuo Can3.....	275

Índice de figuras.

Figura 1: Mapa de la cornisa cantábrica con la localización los yacimientos mesolíticos mencionados en el proceso de desarrollo prehistórico de la región.....	18
Figura 2: Mapa de la cornisa cantábrica con la localización los yacimientos neolíticos mencionados en el proceso de desarrollo prehistórico de la región.....	23
Figura 3: Mapa de la cornisa cantábrica con la localización los yacimientos calcolíticos y de la Edad del Bronce mencionados en el proceso de desarrollo prehistórico de la región.....	35
Figura 4: Mapa con la localización regional de la cueva de Los Canes.....	45
Figura 5: Fotografía del área en torno a la cueva de Los Canes, Asturias.....	46
Figura 6: Plano de la cueva de los Canes donde se aprecian las estructuras funerarias correspondientes al periodo Mesolítico.....	47
Figura 7: Matriz de Harris que muestra la secuencia estratigráfica de la cueva de Los Canes.....	51
Figura 8: Fotografía del individuo 1A procedente de la estructura funeraria 6-I de la cueva de Los Canes.....	54
Figura 9: Fotografía del individuo 2A procedente de la estructura funeraria 6-II de la cueva de Los Canes.....	57
Figura 10: Fotografía del individuo 3A procedente de la estructura funeraria 6-III de la cueva de Los Canes.....	60
Figura 11: Gráfica con la localización de los diferentes recursos alimenticios según los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$	67
Figura 12: Esquema de dirección del desarrollo de la dentina a lo largo de una pieza dental.....	98
Figura 13: Gráfica explicando la resolución temporal isotópica de los diferentes tejidos.....	100
Figura 14: Diferentes vistas en el programa de análisis de tomografía computerizada del individuo Can1.M3.....	104

Figura 15: Diferentes vistas en el programa de análisis de tomografía computerizada del individuo Can6.P2.....	104
Figura 16: Diferentes vistas en el programa de análisis de tomografía computerizada del individuo Can2.M3.....	105
Figura 17: Resultados de la datación por C^{14} de todos los dientes analizados en el presente trabajo.....	124
Figura 18: Resultado de la datación por C^{14} de los dientes procedentes de sociedades de cazadores-recolectores: magdaleniense y mesolíticos.....	125
Figura 19: Resultado de la datación por C^{14} de los dientes procedentes del periodo Mesolítico.....	125
Figura 20: Resultado de la datación por C^{14} de los dientes procedentes de la Edad del Bronce, tanto del periodo Medio como del Final.....	126
Figura 21: valores isotópicos de la fauna usada como <i>baseline</i> para cada periodo.....	128
Figura 22: Conjunto de todos los datos con los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ obtenidos de las diferentes secuencias de dentina.....	130
Figura 23: Conjunto de los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de las secuencias de dentina de origen Magdaleniense y Mesolítico.....	130
Figura 24: Conjunto de los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de las secuencias de dentina de la Edad del Bronce.....	131
Figura 25: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de la secuencia de dentina del diente Can12.C.....	134
Figura 26: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can12.C.....	135
Figura 27: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de la secuencia de dentina del diente Can9.I1.....	138
Figura 28: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can9.I1.....	139

Figura 29: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can13.M2.....	141
Figura 30: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can13.M2.....	142
Figura 31: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can8.P2.....	143
Figura 32: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can8.P2.....	144
Figura 33: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can3.C.....	146
Figura 34: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can3.C.....	147
Figura 35: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can3.M3.....	149
Figura 36: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can3.M3.....	150
Figura 37: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencias de dentinas del individuo Can3.....	150
Figura 38: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can2.M3.....	152
Figura 39: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can2.M3.....	153
Figura 40: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can1.M3.....	155
Figura 41: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can1.M3.....	156
Figura 42: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can1 l.M3.....	158

Figura 43: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can11.M3.....	159
Figura 44: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can10.I2.....	161
Figura 45: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can10.I2.....	162
Figura 46: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can15.M2.....	164
Figura 47: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can15.M2.....	165
Figura 48: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can16.P2.....	167
Figura 49: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can16.P2.....	168
Figura 50: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can4.C.....	170
Figura 51: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can4.C.....	171
Figura 52: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can14.M1.....	173
Figura 53: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can14.M1.....	174
Figura 54: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can6.P1.....	176
Figura 55: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can6.P1.....	177
Figura 56: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can7.P1.....	179

Figura 57: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can7.P1.....	180
Figura 58: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can17.I2.....	182
Figura 59: Representación de los valores de fauna terrestre y de peces junto a los valores de la secuencia de dentina del individuo Can17.I2.....	183
Figura 60: Representación de cajas y bigotes de los valores de estroncio biodisponible de todas las unidades geológicas muestreadas.....	185
Figura 61: Mapa geológico del entorno de la cueva de Los Canes donde se obtuvieron las muestras para calcular el estroncio biodisponible.....	185
Figura 62: valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ procedentes de esmalte humano.....	192
Figura 63: Representación conjunta de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de las diferentes unidades geológicas con los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ procedentes del esmalte de los dientes.....	193
Figura 64: Representación conjunta de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del individuo magdalenense y de los individuos mesolíticos junto con los valores de estroncio biodisponible de las diferentes unidades geológicas.....	193
Figura 65: Representación conjunta de los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de los individuos de la Edad del Bronce junto con los valores de estroncio biodisponible de las diferentes unidades geológicas.....	194
Figura 66: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos mesolíticos y del individuo magdalenense.....	197
Figura 67: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos mesolíticos y del individuo magdalenense.....	197
Figura 68: Correlación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad en los individuos mesolíticos.....	198
Figura 69: Correlación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad en los individuos mesolíticos.....	199
Figura 70: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos mesolíticos.....	200

Figura 71: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos mesolíticos.....	200
Figura 72: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos mesolíticos que no alcanzaron la edad de dieciséis años.....	202
Figura 73: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos mesolíticos que no alcanzaron la edad de dieciséis años.....	202
Figura 74: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos mesolíticos que llegaron a la edad adulta.....	204
Figura 75: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos mesolíticos que llegaron a la edad adulta.....	204
Figura 76: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos mesolíticos que muestran una variación específica entre los once y los catorce años.....	205
Figura 77: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ que proporcionan información sobre la lactancia y el posterior proceso de destete.....	208
Figura 78: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ que proporcionan información sobre la lactancia y el posterior proceso de destete.....	209
Figura 79: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos que completaron la formación del diente analizado.....	210
Figura 80: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos que completaron la formación del diente analizado.....	211
Figura 81: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos que murieron antes de completar la formación del diente analizado.....	212
Figura 82: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos que murieron antes de completar la formación del diente analizado.....	212
Figura 83: comparación de secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos supervivientes y de aquellos que murieron antes de completar el desarrollo del diente.....	213
Figura 84: comparación de secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos supervivientes y de aquellos que murieron antes de completar el desarrollo del diente.....	214
Figura 85: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de Can3.C y Can3.M3 sin ajustar.....	215

Figura 86: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de Can3.C y Can3.M3 sin ajustar.....	215
Figura 87: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de Can3.C y Can3.M3 tras el ajuste de la edad.....	218
Figura 88: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de Can3.C y Can3.M3 tras el ajuste de la edad.....	218
Figura 89: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de todos los individuos de la Edad del Bronce.....	224
Figura 90: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de todos los individuos de la Edad del Bronce.....	224
Figura 91: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos procedentes del Bronce Medio.....	226
Figura 92: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos procedentes del Bronce Medio.....	226
Figura 93: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos procedentes del Bronce Final.....	228
Figura 94: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos procedentes del Bronce Final.....	228
Figura 95: Correlación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad de todos los individuos procedentes de la Edad del Bronce.....	229
Figura 96: Correlación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad de todos los individuos procedentes de la Edad del Bronce.....	230
Figura 97: Correlación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad de los individuos de la Edad del Bronce Final.....	231
Figura 98: Correlación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad de los individuos de la Edad del Bronce Final.....	231
Figura 99: Correlación entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y la edad de los dos individuos procedentes del Bronce Medio.....	232

Figura 100: Correlación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y la edad de los dos individuos procedentes del Bronce Medio.....	233
Figura 101: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos menores de nueve años.....	235
Figura 102: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos menores de nueve años.....	236
Figura 103: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos menores de catorce años.....	238
Figura 104: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos menores de catorce años.....	239
Figura 105: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos que completaron el desarrollo del diente analizado.....	241
Figura 106: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos que completaron el desarrollo del diente analizado.....	241
Figura 107: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos del Bronce Final que completaron el desarrollo del diente analizado.....	243
Figura 108: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos del Bronce Final que completaron el desarrollo del diente analizado.....	243
Figura 109: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos que murieron antes de completar el desarrollo del diente analizado.....	244
Figura 110: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos que murieron antes de completar el desarrollo del diente analizado.....	244
Figura 111: comparación de secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos de la Edad del Bronce supervivientes y de aquellos que murieron antes de completar el desarrollo del diente.....	245
Figura 112: comparación de secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos de la Edad del Bronce supervivientes y de aquellos que murieron antes de completar el desarrollo del diente.....	246
Figura 113: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los dos dientes procedentes del Bronce Medio unidas como si se tratasen del mismo individuo.....	249
Figura 114: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de dos dientes procedentes del Bronce Medio unidas como si se tratasen del mismo individuo.....	250

Figura 115: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos Can14.M1 y Can16.P2 sin ajustar la edad.....	251
Figura 116: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos Can14.M1 y Can16.P2 sin ajustar la edad.....	252
Figura 117: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los individuos Can14.M1 y Can16.P2 con la edad ajustada.....	253
Figura 118: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los individuos Can14.M1 y Can16.P2 con la edad ajustada.....	254
Figura 119: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de todos los segundos incisivos de la muestra.....	257
Figura 120: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de todos los segundos incisivos de la muestra.....	257
Figura 121: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de todos los caninos de la muestra.....	259
Figura 122: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de todos los caninos de la muestra.....	259
Figura 123: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los primeros premolares de la muestra.....	260
Figura 124: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los primeros premolares de la muestra.....	261
Figura 125: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los segundos premolares de la muestra.....	262
Figura 126: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los segundos premolares de la muestra.....	263
Figura 127: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de los segundos molares de la muestra.....	264
Figura 128: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de los segundos molares de la muestra.....	265
Figura 129: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ de todos los terceros molares de la muestra....	266
Figura 130: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ de todos los terceros molares de la muestra.....	267
Figura 131: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 9.....	269
Figura 132: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 9.....	269

Figura 133: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 16.....	270
Figura 134: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ según las edades de Alqahtani (2010) y el método acumulativo de Beaumont para el individuo 16.....	270
Figura 135: Representación gráfica de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la secuencia de dentina del diente Can2.M3 junto con los valores de ambos isótopos de procedentes del colágeno óseo.....	272
Figura 136: secuencias de $\delta^{15}\text{N}$ del canino y el tercer molar del individuo Can3, así como los valores de este isótopo procedentes del análisis del colágeno óseo.....	274
Figura 137: secuencias de $\delta^{13}\text{C}$ del canino y el tercer molar del individuo Can3, así como los valores de este isótopo procedentes del análisis del colágeno óseo.....	274