

RECONSTRUCCION DE LA DIETA EN LAS POBLACIONES PREHISTORICAS DEL PAIS VASCO MEDIANTE EL ANALISIS DE ELEMENTOS TRAZA: APORTACION METODOLOGICA

Concepción de la Rúa**
José Pablo Baraybar*
Carmen Manzano**

* Dept. of Anthropology, University of Illinois at Urbana-Champaign. Illinois, E.E.U.U. Miembro de Eusko Ikaskuntza.

** Dept. de Biología Animal y Genética. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Apdo. 644. 48080 Bilbao. Socios de Eusko Ikaskuntza.

Se presenta un método de estudio de la dieta de las poblaciones prehistóricas del País Vasco, a través del análisis químico de los huesos recuperados en los yacimientos arqueológicos. Se explican los principios generales del análisis de elementos traza así como diversos métodos de control de las muestras. La contaminación por procesos diagenéticos es evaluada mediante el análisis de difracción de rayos X y de láminas delgadas así como por análisis químicos del suelo y de soluciones del mismo. Como ejemplo ilustrativo de esta metodología se presenta el caso del yacimiento calcolítico de Pico Ramos (Muskiz.. Bizkaia).

Euskal Herriko historiaurreko biztanleriaren dieta ikertzeko metodo bat aurkezten da lan honetan hartarako aztarnategi arkeologikoetan aurkitu hezurren analisi kimikoa erabiltzen delarik. Traza elementuen analisiaren printzipio orokorrak azaltzen dira, bai eta laginen kontrol-metodo zenbait ere. Prozesu diagenetikoetan jatorria duen kutsadura, xafla mehetako X izpien difrakzioaren analisiaren bidez ebaluatzen da, horretan lurzorua eta haren soluzioen analisi kimikoak ere erabiltzen direlarik. Metodologia horren adibide gisa, Ramos Gailurreko (Muskiz, Bizkaia) aztarnategi kalkolitikoa aurkezten da.

On présente un mode d'étude de la diète des populations préhistoriques du Pays Basque, par l'analyse chimique des os récupérés dans les gisements archéologiques. On explique les principes généraux de l'analyse d'éléments caractéristique ainsi que diverses méthodes de contrôle des échantillons. La contamination par processus diagenétiques est évaluée au moyen d'analyses de diffraction de rayons X et de plaques minces ainsi que par analyses chimiques du sol et de solutions de celui-ci Prenons comme exemple pour illustrer cette méthodologie le cas du gisement calcolithique de Pico Ramos (Muskiz. Bizkaia).

INTRODUCCION

Durante varios años la arqueología ha tratado de reconstruir los modos de subsistencia de sociedades extintas. Una manera de aproximarnos a la identificación del modo de producción de un grupo humano (léase pastoril, cazador-recolector, agricultor, etc) es mediante la reconstrucción de los patrones de consumo alimenticio, dado que existe una relación directa entre producción y consumo de alimentos. Sin embargo el problema principal radica en la capacidad de la técnica que se utilice de proporcionar información relevante, en este caso, sobre consumo de alimentos. Las dos líneas de investigación que han abordado este problema dentro del quehacer arqueológico han sido principalmente la arqueozoología y la arqueobotánica. Estas dos disciplinas obtienen la evidencia de manera "indirecta" ya que se basan en el análisis de los restos acumulados durante actividades de producción y/o consumo y por lo tanto dependen del tipo de contexto en que se hallen. Por ejemplo, los restos de animales hallados en un lugar de matanza o en la basura de una vivienda nos darán más información sobre la dieta de esa gente que los restos de fauna dispuestos como ofrendas en una cueva sepulcral o los restos de fauna correspondientes a habitantes ocasionales de la mencionada cueva (zorros, tejones, etc.). Lo mismo puede decirse de la arqueobotánica. De igual manera ambas técnicas dependen de la integridad, abundancia y preservación de los restos estudiados que permitan su identificación y cuantificación.

Si bien el estudio de los restos humanos puede proporcionar diversos tipos de información concerniente a la dieta y a los medios de subsistencia, éstos son, al igual que la arqueozoología y la arqueobotánica, de carácter "indirecto". En otras palabras, podemos evaluar el efecto de tal o cual dieta como parte de, y en interacción con, un sinnúmero de factores responsables de los cambios registrados en los huesos. Este problema ha sido solucionado en parte por el desarrollo, desde hace unos veinte años, de técnicas más bien "directas", que en base a muestras de tejido óseo logran reconstruir lo que el individuo comió durante la mayor parte de su vida. Estas técnicas se refieren al estudio de los elementos traza y de los isótopos estables de carbono y nitrógeno, aunque aquí sólo nos referiremos a la primera de ellas.

Nuestro objetivo en este trabajo es el de presentar los fundamentos de la técnica de análisis de elementos traza, los problemas inherentes a su aplicación y uso sistemático cuando no se realizan análisis complementarios previos, y el tipo de conclusiones a las que se puede llegar con los datos obtenidos. Para poder ilustrar nuestros argumentos usaremos los datos obtenidos en nuestro estudio de los materiales osteológicos de la cueva sepulcral de Pico Ramos, Bizkaia.

PRINCIPIOS GENERALES

Elementos traza

Los huesos están compuestos por una matriz inorgánica similar a la hidroxiapatita, una fracción orgánica compuesta por colágeno y otras proteínas, y agua. El análisis de los elementos traza consiste en la cuantificación de ciertos elementos en la fracción inorgánica del hueso (hidroxiapatita). La red cristalina (de la hidroxiapatita) está compuesta por tres áreas principales: lámina de hidratación, la superficie de los cristales y el interior de los cristales (Neuman and Neuman 1958). Aunque estas tres superficies tienen áreas para intercambio iónico, éste se realiza a diferente ritmo.

Los elementos traza se encuentran en concentraciones menores a 0.1 % en el cuerpo humano, los hay esenciales y no-esenciales; de los 90 elementos conocidos, 26 son esenciales para la vida animal y 15 se hallan como trazas (Underwood 1977). Los requisitos que deben cumplir estos elementos son: 1) el presentar diversas concentraciones a través del nexo trófico (planta-herbívoro-carnívoro) y 2) el haber sido incorporado en la fracción inorgánica durante la vida del individuo. El elemento más usado para reconstrucciones dietéticas ha sido el estroncio (Sr), un metal alcalino presente en diversas cantidades en la corteza terrestre, cuya concentración disminuye al ascender el nexo trófico debido a un proceso llamado "discriminación" o "bio-purificación", mediante el cual de cualquier dosis ingerida, la mucosa intestinal sólo absorberá una dosis mínima de Sr, pero en cambio absorberá la mayor cantidad de calcio (Ca), debido a que es un elemento esencial para el metabolismo del organismo. Dado que las plantas no discriminan el Sr ni ningún otro elemento (aunque parece que lo concentran de manera diferente en diversas partes, Runia 1987), los huesos de los herbívoros exhibirán la mayor concentración de Sr (el Sr por su afinidad con el Ca, ingresa en la hidroxiapatita o fase inorgánica del hueso). Sin embargo, los carnívoros que consumen la carne pero no los huesos de otros animales, presentarán los valores más bajos. Los omnívoros, entre ellos el hombre, deberán exhibir valores intermedios entre herbívoros y carnívoros, con un desplazamiento relativo de la media hacia un lado u otro dependiendo de la proporción de especies vegetales en la dieta.

El bario (Ba) se comporta de manera similar al Sr, pero suele sufrir una mayor discriminación que este último en su paso a través de membranas biológicas, debido a su mayor radio iónico (Pate et. al. 1989, Schroeder et. al. 1972). Si bien el Ba es abundante en ecosistemas terrestres, es pobre en ecosistemas marinos, dado que se presenta como sulfato de bario (barita), altamente insoluble en el agua de mar. Por otro lado, el Sr es abundante en medios marinos y así la porción comestible de los mariscos es también rica en Sr. De esta manera Burton y Price (1990) han sugerido establecer una relación entre Ba/Sr para determinar la proporción de alimentos marinos en la dieta. El problema mayor es que esta proporción puede carecer de sentido en ciertas circunstancias, por ejemplo, si bien una dieta básicamente marina que reciba una contribución del 10% de productos vegetales hará que se incremente ligeramente el nivel de Ba (dada la proporción insignificante de Ba en relación al Sr), sin embargo un aporte de un 10% de productos marinos en una dieta básicamente terrestre, reducirá la proporción de Ba en un 10% (Burton y Price 1990:551).

Si bien el carácter esencial del Sr y del Ba está aún en discusión, otros elementos tales como el zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe) son decididamente esenciales y en algunos casos antagonísticos (p.e. Cu y Fe); se sabe que el vanadio es esencial en el crecimiento de los pollos. Si bien la concentración primaria de estos elementos es mayor en el tejido muscular (carne), también se presentan en cantidades considerables en los tejidos de otros seres (p.e.

ostras en el caso del Zn) y en ciertas especies vegetales (Zn en cereales, Cu en nueces). El almacenamiento de estos elementos en los huesos, está regulado por la necesidad y requerimientos de otros órganos y por lo tanto el déficit de los mismos tiene consecuencias de diversa magnitud en el organismo, desde alteraciones en el crecimiento hasta anemia. Sin embargo, en individuos básicamente "sanos" se aprecia una cierta relación entre la concentración de estos elementos y el consumo de proteína animal (particularmente en el caso de Zn), aunque en ciertas ocasiones las diferencias pueden ser menos obvias de lo que se piensa. Así por ejemplo Reingold et. al. (1983) calcularon los valores tipo de Sr y Zn en un grupo de herbívoros, omnívoros y carnívoros, observando que mientras los herbívoros se distinguen claramente de los carnívoros en base al Sr, las diferencias en base al Zn pueden llegar a ser mínimas (p.e. 25 ppm).

En los cereales, generalmente el Zn no puede ser absorbido dada la existencia en el pericarpo de los frutos de fitato (inositol hexafosfato), un ácido orgánico que actúa como elatante de metales tales como el Zn, Cu y Fe, impidiendo su absorción por la mucosa intestinal. El Cu suele estar igualmente concentrado en ciertos tipos de nueces, al igual que el Ba. Mientras que el uso del Sr y Zn es bastante común en la reconstrucción de paleodietas, el uso del Cu, Fe y otros elementos tales como el vanadio (V) es relativamente nuevo, y hasta el momento nuestro conocimiento de estos elementos en la reconstrucción de paleodietas es aún precario (particularmente del V).

Sin embargo una forma de minimizar este problema, consiste en usar una serie de controles animales cuya posición en el nexo trófico y su contemporaneidad con el material de estudio, hayan sido previamente definidos. En teoría, se podría asumir que los valores de elementos tales como Ba, Cu y V en un animal omnívoro como el cerdo, podrían representar al margen de otros productos, el consumo de nueces o frutos similares de una ecología dada, mas que de músculo o víscera (en el caso del Cu).

Diagénesis

Por diagénesis se entiende los cambios que se producen a partir del momento en que los restos del ser vivo (el cadáver en este caso) son dispuestos en un medio, en el que operan procesos distintos a los que se dieron durante la vida. Este medio (sepulcro, exposición al medio ambiente, etc) presentará características específicas en cuanto a humedad, circulación de aire, tipo de sedimento (al tratarse de un sepulcro) entre otras. Uno de los problemas más importantes que ocurren durante el intervalo transcurrido entre la disposición de los restos y su recuperación, es el intercambio iónico entre el medio que contiene al cadáver y este último. Una vez que los tejidos de cohesión han desaparecido o se han degradado, el hueso se comporta cada vez más como un ente geológico mas que biológico y tal como otras estructuras cristalinas está sometido a leyes físicas y químicas que regulan el intercambio de iones entre el suelo y estas últimas. En este proceso, diversos iones ingresan en la red cristalina de la hidroxiapatita reemplazando a los iones de calcio (Ca^{++}) y fosfato (PO_4^{3-}).

De este modo si el suelo esta enriquecido por los mismos iones que hemos seleccionado para nuestro análisis (p.e. Sr y Ba), los resultados que obtengamos de tal estudio serán totalmente espúreos. Esto último es bastante frecuente en suelos desérticos y áreas costeras cubiertas en algún momento de su historia por el mar. El agua marina está enriquecida por Sr y es mas bien pobre en Ba (presente de manera insoluble como sulfato de bario ó barita). Por lo tanto grandes cantidades de Sr en huesos recuperados en tales lugares no representará necesariamente el consumo de grandes cantidades de mariscos o recursos vegetales, sino la contaminación de sales de estroncio por parte del suelo. De igual manera, suelos cal-

táreos ricos en carbonatos pueden contaminar los huesos con iones de calcio por encima de los valores comúnmente hallados en el hueso. Si el carbonato contiene además de calcio otros iones químicamente similares (p.e. Sr, Ba, Zn) estos pueden penetrar en la red cristalina del hueso durante el tiempo del enterramiento.

Existen diversas formas de establecer un control de calidad de la muestra antes de su análisis. Estas se refieren a: 1) evaluar la integridad de la hidroxiapatita, y, 2) analizar el suelo donde fueron recuperados los restos. Tal y como indicáramos anteriormente, ilustraremos todos estos procedimientos utilizando los resultados obtenidos en la cueva sepulcral de Pico Ramos.

La cueva de Pico Ramos, se encuentra situada en la margen izquierda del río Barbadún, en la localidad de Muskiz (Bizkaia) (Fig. 1). Localizada en el monte de Pico Ramos, perteneciente a la alineación montañosa Pico Ramos-Janeó, se halla sobre la marisma de dicho río. Se trata de una cueva sepulcral, cuya cronología (4100 ± 110 - 4790 ± 110 B.P), pertenece al periodo calcolítico. La gran mayoría de los restos óseos humanos analizados en este estudio, proceden del nivel 3, en el que se describió un ajuar típicamente calcolítico. El material antropológico recuperado estaba muy fragmentado dado el reducido tamaño de la cueva y su uso con fines sepulcrales durante varios siglos.

CONTROL DE CALIDAD DE LA MUESTRA

Integridad de la hidroxiapatita

La manera más común de determinar el grado de integridad de la hidroxiapatita es mediante el análisis de difracción por rayos X y mediante el estudio de láminas delgadas de los huesos.

A.- DIFRACCION POR RAYOS X.

Como indicamos anteriormente, el material fue recuperado en una cueva compuesta básicamente por calcita (CO_3Ca), y por lo tanto esperábamos encontrar grados variables de contaminación de los huesos con carbonato cálcico. La difracción de rayos X de una muestra representativa de los huesos de la cueva en distintos estados de conservación (muy deteriorados, medianamente deteriorados, bien conservados) demostró la existencia de picos mayoritarios de hidroxiapatita de gran cristalinidad en todas las muestras analizadas (ciertos investigadores han detectado un aumento de la cristalinidad de la hidroxiapatita en restos de gran antigüedad (Sillen 1986:314-315) Sin embargo se registraron picos igualmente intensos de calcita (figura 2A, 2C y 2D) dependiendo del grado de preservación de los huesos.

B.- LAMINAS DELGADAS

A fin de entender los mecanismos de penetración y la disposición del carbonato en el hueso, se hicieron láminas delgadas de parte de los huesos sometidos a difracción. El resultado fue el hallazgo de depósitos de carbonato de calcio adheridos a las paredes de los canales haversianos y en las fisuras (Foto 1) También se pudo constatar que la estructura microscópica del hueso se hallaba bastante intacta (Foto 2). La penetración del carbonato pudo haber ocurrido a través de fisuras o fracturas de los huesos cuando la lluvia disolvió parte de las paredes de la cueva, creando una solución rica en iones carbonato.

Análisis de suelos

Dos maneras comúnmente utilizadas para detectar la contribución de iones desde el suelo hacia el hueso son: el análisis de la composición química del suelo y el análisis de las

soluciones de suelo en las que sólo los iones solubles en agua quedan suspendidos en el sobrenadante.

A. ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Se realizó un análisis químico de muestras de suelo en base a una columna estratigráfica del centro de la cueva (tabla 1). Las muestras de suelo previamente incineradas (para eliminar todo tipo de material orgánico) fueron digeridas en una combinación de ácido nítrico y clorhídrico. La disolución obtenida fue enrasada a 25 ml y analizada en un Espectrómetro de emisión atómica ICP-AES. Los resultados se presentan en la tabla 1 y demuestran altas concentraciones de hierro (superiores a los límites de detección del ICP-AES [> 700 ppm]). La concentración de los demás elementos es más baja en el suelo que en los huesos (ver más adelante).

Tabla 1. Análisis químico de muestras de suelo

Zn ug/g	Fe ug/g	Mg ug/g	v ug/g	Cu ug/g	Sr ug/g	Ba ug/g	Ca%	P%
7.56 ± 1.94	>L.D.	12.08±1.59	<L.D.	<L.D	<L D.	3.04 ± 0.42	5.81±491	0.49± 0.33

L.D.: Límite de Detección

B. ANALISIS DE SOLUCIONES DE SUELO.

Se analizaron muestras de suelo obtenidas del mismo lugar que en el experimento anterior a fin de detectar la contribución de iones del suelo hacia el hueso. La diferencia principal entre este experimento y el anterior es el análisis de soluciones de suelo y no del suelo en sí, a fin de detectar sólo los iones solubles en agua que pudieran haberse intercambiado con el hueso durante el enterramiento. El análisis realizado se basa en la técnica propuesta por Pate y colaboradores (1989). Se preparan muestras de suelo saturadas con agua, en las que esta última es extraída al vacío tras un periodo de reposo de 18 o 36 horas. Las soluciones de suelo, saturadas con los iones solubles en agua, fueron analizadas en un Espectrómetro de emisión atómica ICP-AES. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 2. Se aprecia que en el suelo que cubrió a los cadáveres, el catión más frecuente fue el Ca, seguido del Sr y Mg. El Ba, si bien afín al Sr y el Ca, no se halla en gran abundancia, tal vez por las grandes dimensiones de su radio iónico, que hace que sea más discriminado que el Sr cuando compite por las posiciones que ocupa el Ca dentro de la red cristalina. En este caso los metales de transición tales como el Zn, Cu y V son poco abundantes.

Se determinó el pH de las muestras de suelo, el cual fluctúa entre 7,8 y 8 es decir entre alcalino y ligeramente neutro. Tal pH sugiere que la fase presente en el sedimento fuese bicarbonato cálcico. Hay que tener en cuenta que el pH debió verse alterado sustancialmente, es decir volverse más ácido, en el momento en que los cadáveres presentaban tejidos blandos, dada la gran producción de CO₂ durante la descomposición de los mismos.

Valoración de los métodos de análisis de suelo

La ventaja del análisis de soluciones de suelo cuando se le compara al análisis de la composición química del mismo, es que en el primero se detectan sólomente los iones que se disolvieron en agua y por lo tanto pudieron ingresar en la red cristalina de la hidroxiapatita para reemplazar a los iones Ca⁺⁺ o PO₄³⁻. En el segundo tipo de análisis no se logra discriminar si los iones estuvieron presentes en el sedimento de forma soluble o insoluble. Sin em-

bargo hay que recalcar que una combinación de ambas técnicas proporciona los mejores resultados. De igual manera no deben usarse ambas técnicas de manera indiscriminada. Por ejemplo si el lugar donde se recuperaron los restos óseos es un ecosistema desértico o con precipitación mínima, es muy probable que la contaminación de los huesos se diera de manera mecánica y no mediante la disolución de iones del suelo y su intercambio con la hidroxiapatita. La contaminación mecánica se puede producir mediante el relleno de compuestos tales como arcillas o arena en las fisuras o áreas erosionadas de los huesos. Tales compuestos pueden ser ricos en diversos iones tales como silicio, aluminio, hierro entre otros.

La mejor manera de abordar el problema cuando nos enfrentamos a yacimientos en los que las condiciones de humedad, precipitación y drenaje son más o menos conocidas es usar tanto la técnica de análisis químico del suelo como la de las soluciones del mismo. Luego se procede a comparar los resultados entre cada una de ellas y los valores de los huesos (ver mas adelante). Por ejemplo, si las concentraciones de un determinado elemento son más altas en el hueso que en el suelo, se puede pensar que la contribución iónica del suelo al hueso fue mínima. Sin embargo si los valores elementales del suelo y del hueso son similares se puede pensar que la contribución iónica del suelo ha sido grande y ha logrado equilibrar ambos materiales.

En el caso de Pico Ramos, todos los elementos, a excepción del Fe, se hallan en cantidades mayores en el hueso en relación al suelo. La baja proporción de Mg en el hueso se puede deber a que gran parte del mismo fué eliminado hacia el suelo debido a los cambios de pH del terreno en determinados momentos. Dado que el Mg es un elemento que ocupa una posición superficial en los cristales de fase inorgánica del hueso, es bastante sensible a ser eliminado del hueso en condiciones de acidez y de baja concentración de Mg en el suelo (Weidert 1990: 40). Los cambios producidos por la descomposición de los cadáveres y el material orgánico de diverso tipo que contuvo la cueva, pudo ser suficiente para alterar el pH (volverlo mas ácido), de manera tal que gran parte del Mg pudiera ser extraído.

El hecho de que fuera el Ca el catión mas abundante en la solución de suelo, impidió que se produjera una contaminación sustancial de los huesos mediante Sr, dado que este último tiene un radio iónico mayor que el del Ca e incluso que el del Fe, impidiendo por lo tanto su acceso directo a la red cristalina del hueso. La baja proporción de Fe en la solución de suelo comparada con el hueso indica que el Fe se hallaba en una condición insoluble en agua. Por lo tanto es de esperar que la contaminación de Fe en el hueso fue producida de manera mecánica, probablemente como parte de arcillas ricas en silicio, aluminio y hierro.

Eliminación de la contaminación de los huesos

Una vez definida la contaminación de los huesos por carbonato de calcio, se trató de separarlo del hueso de manera preferencial, es decir, sin extraer el Ca biológico que forma parte de la hidroxiapatita. Si bien la eliminación selectiva de carbonatos en los huesos es una labor casi imposible, se han evaluado varios sistemas recomendados por diversos autores hasta encontrar el más adecuado para las condiciones de nuestro material. Kyle (1986) calculó la cantidad de carbonato en los huesos utilizados para su análisis, restando el peso perdido entre una incineración a 450°C y otra a 950°C. Desgraciadamente mediante tal procedimiento no se logra eliminar al carbonato de calcio, sino mas bien se precipita el calcio al eliminar el CO₂. Sillen (1986) propuso la realización de lavados continuos de una muestra de polvo de hueso en un tampón de Acido acético-Acetato de sodio ajustado a pH 4.5. Las bases de esta técnica son la creciente solubilidad de la hidroxiapatita a pHs menores a 6 y por lo tanto la eliminación selectiva del material mas soluble en los primeros baños. En nuestro

caso, se experimentó la técnica de Sillen (op.cit), obteniéndose la extracción selectiva de Ca durante los primeros baños. Uno de los problemas con esta técnica es la pérdida de material no diagenético a medida que se realizan los baños, con la consecuencia de terminar con muy poca muestra para ulteriores análisis. Price et.al. (1992), recomiendan sumergir el hueso durante una noche en una solución de ácido acético IN para la eliminación de carbonatos. Aunque estos autores han referido las ventajas de esta técnica, Lambert y colaboradores han observado la eliminación de iones no asociados al carbonato. Al parecer ésto es causado porque el pH de la solución de acético IN es alrededor de 2.5. Tras valorar estos resultados se consideró adecuado utilizar una modificación de la técnica de Sillen (1986) usando el tampón Acético-Acetato a pH 4.5 dentro del cual se coloca el fragmento del hueso previamente lavado en agua desionizada y con la superficie peri-cortical removida. La duración promedio del baño es de dos horas, durante las cuales se someten a un baño de ultrasonido por periodos de cinco minutos cada uno.

Para evaluar la efectividad de la solución tampón se analizó una fracción de la misma tras el baño. Los resultados presentados en la tabla 2 muestran que se logró eliminar cantidades significativas de Ca, cantidades menores de P y Mg y cantidades no significativas de los demás elementos.

Tabla 2. Análisis de la solución tampón (25 ml) tras el baño de los huesos durante un promedio de dos horas (n=9). Media de los valores

Zn ppm	Fe ppm	Mg ppm	V ppm	Sr ppm	Ba ppm	Ca ppm	P ppm
.337	.04	4.94	.032	2.59	.26	655.41	65.65

Al ser identificado el Ca como el catión contaminante de primer orden es posible suponer que su ingreso en el hueso fue en forma de carbonato, es decir calcita, tal como fue identificado en la difracción por rayos X. De esta manera, si bien se pudo eliminar parte de los carbonatos mediante el tratamiento de los huesos con el tampón ajustado a pH 4.5, en ciertos casos no se logró, obteniéndose valores extremos de Ca, pero no de otros elementos y alterándose la relación Ca/P. Por esta razón, los valores de la relación Ca/P obtenidos en este estudio no deben de ser tomados estrictamente como el único indicador de la integridad de la hidroxiapatita del hueso. El buen estado de la misma ha sido mencionado previamente, cuando nos referimos al análisis de láminas delgadas y a la difracción por rayos X.

Preparación de las muestras

Las muestras se preparan digiriendo en ácido la ceniza del hueso limpio. La ventaja de usar ceniza en vez del hueso seco es la de eliminar cualquier proporción de elementos asociada a la materia orgánica. En el caso de Pico Ramos, las muestras fueron preparadas según una modificación de la técnica de Spuznar et.al. (1978) y de Subirá y Malgosa (1992). El hueso utilizado fue la diáfisis del fémur izquierdo, utilizándose sólo hueso compacto, dado que representa la media de la vida del individuo y no la fracción más reciente en el momento de la muerte tal como es el caso del hueso esponjoso.

Se elimina la superficie peri-cortical, los restos de tejido esponjoso y la superficie de corte con una lámina del bisturi, cambiando de lámina en cada muestra. Luego se lava la muestra en agua desionizada hasta eliminar todo sedimento visible. Posteriormente, la muestra se sumerge durante un promedio de dos horas en un tampón de Acido Acético-Acetato ajustado a pH 4.5 Durante este tiempo la muestra se coloca repetidas veces en un baño de ultra-

sonido para desprender sedimentos y granos que no hayan podido ser eliminados previamente. Luego, la muestra se enjuaga en agua desionizada y se pone a secar a 100°C durante unas cuatro horas. La muestra seca se pulveriza en un mortero y dos gramos del polvo de hueso se disponen en un crisol que se coloca en la mufla a 800°C durante un promedio de 12 horas. Las muestras de animales modernos (delfín y cachalote) fueron sumergidas en eter por espacio de 7 horas para eliminar lípidos y restos orgánicos. Una vez enjuagadas, las muestras fueron secadas y procesadas de la misma forma que el material arqueológico.

La muestra incinerada se pesa nuevamente para estimar la proporción de materia orgánica e inorgánica del hueso. Medio gramo de ceniza (pesado exactamente) se coloca en un vaso de precipitado de cristal de 100 ml y se le añade 12.5 ml de ácido nítrico concentrado, cubriéndose el vaso con un vidrio de reloj. El vaso cubierto se coloca en una placa calefactora a 200°C promedio y se deja evaporar. Tras la evaporación se obtiene una muestra sólida de color rosa, blanca o marrónácea. A la muestra, una vez fría, se le añaden 2.5 ml de ácido nítrico concentrado y 5ml de agua desionizada que tras enjuagar el vidrio cobertor y las paredes del vaso, es vertida a la solución. Para ayudar a diluir la muestra, el vaso se agita suavemente y se coloca en la placa calefactora hasta que hierva, en ese momento la muestra deberá estar totalmente disuelta. Una vez fría la muestra es filtrada usando papel de filtro Whatman N° 40. El filtro se lava bien con agua desionizada con la cual se enrasa la solución en un matraz aforado a 50 ml. Las muestras son vaciadas en tubos de polietileno para evitar la absorción de ciertos iones por el vidrio.

Para eliminar cualquier contaminación de las muestras los morteros y demás utensilios, son lavados en una solución de ácido nítrico (1:1) y enjuagados en agua destilada.

Los análisis se realizaron en un Espectrómetro de emisión atómica ICP-AES modelo ARL Fisons 3410. Las longitudes de onda para cada elemento analizado fueron las siguientes:

Elemento	longitud de onda (nm)
Zn	213.866
Fe	259.941
Mg	279.079
V	309.296
Cu	324.762
Sr	346.434
Ba	455.381
Ca	315.871
P	214.914

Todos los elementos fueron analizados simultáneamente. Para evitar interferencias, el Ca y P se analizaron separadamente diluyendo la muestra 1:25.

RECONSTRUCCION DE LA DIETA: RESULTADOS Y DISCUSION

Tal y como dijimos al principio del trabajo, nuestro estudio pretende discriminar entre grandes grupos dietarios provenientes por ejemplo de ecosistemas marinos o terrestres y de productos animales o vegetales. En la tabla 3 se presenta de manera simplificada la relación entre los elementos analizados y los productos alimenticios que los poseen.

Elemento	Fuentes alimenticias	Relación con el nexa trófico (en orden decreciente)
Bario	fibra: nueces-bayas-cereales-tubérculos, legumbres-carne	herbívoro-carnívoro
Cobre	carne-nueces-vegetales-miel	carnívoro-herbívoro
Hierro	carne-pescado-vegetales	carnívoro-herbívoro
Magnesio	Macro-elemento esencial asociado a diversos productos vegetales pero no utilizable para reconstrucciones dietéticas	
Estroncio	fibra, como el Ba, pero menos discriminado; concentración alta en ecosistemas marinos	herbívoro-carnívoro
Vanadio	Granos-nueces-aceites vegetales -tubérculos (algunos)-carne-pescado-leche	herbívoro-carnívoro
Zinc	elemento esencial asociado principalmente a proteína (carne, ciertos moluscos) -cereales	carnívoro-herbívoro

Tabla 3. Relación entre elementos usados en la reconstrucción de la dieta y fuentes alimenticias (información tomada de Francalacci 1989:111 y Weidert 1990)

En el análisis de los materiales de Pico Ramos utilizamos los siguientes elementos: Ca, P, Sr, Ba, Mg, Zn, Cu, Fe, y V. De éstos el Sr y Ba ayudarían a determinar la proporción de materia vegetal y/o mariscos consumidos, el Zn y Cu la fracción de proteína animal y/o cereales (sólo Zn), el V la fracción de materia vegetal o materia animal, mientras que el Fe, Mg, Ca y P, servirían para estimar: la integridad de la hidroxiapatita del hueso (Ca y P), la pérdida de macro-elementos durante el tiempo del enterramiento (Mg) y el grado de contaminación por suelos arcillosos (Fe; la cueva se halla en una conocida área minera de hierro, por lo cual no se esperaba que se pudiesen recuperar valores de Fe que reflejaran valores "ir vivo").

RESULTADOS

El análisis de los huesos revela que en muchos casos el lavado con el tampón acético-acetato no fué suficiente para eliminar el carbonato del hueso. En esos casos la relación Ca/P que idealmente debiera ser igual a 2.26, llega hasta 2.78. El cálculo de la diferencia de peso en la muestra seca y tras la incineración carece de sentido porque el carbonato presente en el hueso fué el que reemplazó a la materia orgánica, por lo tanto no fue estimado. Esto último fue corroborado por la observación de ciertas muestras preparadas en láminas finas, las cuales evidenciaron la presencia de carbonatos recubriendo las paredes de los canales haversianos (Fotos 1 y 2). La existencia de picos mayoritarios de hidroxiapatita en los difractogramas realizados, pone de relieve que no se vió afectada la integridad de la misma. Analizando la información ofrecida por los difractogramas, las láminas delgadas y el cálculo de las razones de actividad entre los elementos presentes en disolución en el suelo durante el

enterramiento, se puede concluir que la hidroxiapatita se mantuvo intacta y que los carbonatos ocuparon el espacio que quedó tras la descomposición de la fase orgánica del hueso. Si bien el Ca presente en el carbonato no pudo ser eficazmente separado de aquél que originalmente estuvo en el hueso, ésto no ha sido una pre-condición para la reconstrucción de la dieta. La relación entre Ca y P es una de las formas de evaluar el grado de integridad de la hidroxiapatita, pero no guarda relación con las proporciones de Ca y P incorporadas a través de la dieta (Weidert 1990).

Dado que Pico Ramos es una cueva sepulcral y no un lugar de habitación, los pocos restos de fauna asociados al enterramiento fueron aquéllos de animales dispuestos como ofrendas o habitantes de la cueva en algún momento de su historia. Debido a ese problema, sólo pudimos recuperar una cantidad mínima de animales para usarlos a manera de control y compararlos con el grupo humano. Los animales fueron dos herbívoros (Bos y Cervus), un omnívoro (Sus) y un carnívoro (Felis). Dada su posición en el nexa trófico se esperaba encontrar diferencias en las concentraciones de ciertos elementos entre ellos. Por ejemplo, el grupo de herbívoros y el omnívoro debían de estar mas relacionados entre sí que con el carnívoro.

La reconstrucción de la dieta tiene el objetivo de generar una explicación a los patrones de consumo y por lo tanto de explotación del medio por parte de la gente que fue enterrada en Pico Ramos. Para tal fin se han generado dos hipótesis de trabajo al respecto. La primera define a la gente enterrada en Pico Ramos como un grupo de economía pastoril y transhumante que dada su condición, habría consumido una dieta básica compuesta por productos lácteos y su derivados, carne y complementos varios de tipo estacional (bayas, frutos, etc.). La segunda define a esta gente como parte de un grupo que explota el área estuarina, el litoral rocoso y el bosque, cuya dieta habría estado constituida por mariscos y peces del estuario, carne proveniente de la caza o de algunos animales domésticos y un componente vegetal proveniente del bosque rico en nueces, bayas, etc. Se esperaría que cada uno de estos patrones de consumo genere un cuadro elemental diferente; sin embargo tal y como dijimos anteriormente, la mayoría de los elementos traza usados en este estudio no se asocian exclusivamente a un recurso en particular, así por ejemplo tenemos que el Zn es rico en las proteínas animales, cereales y ciertos mariscos, o que el Sr está presente tanto en la materia vegetal como en los mariscos.

En la tabla 8 se presentan las concentraciones de los elementos traza analizados en 35 individuos y 5 animales recuperados en Pico Ramos.

Si bien ciertos trabajos han hecho hincapié en la necesidad de analizar los resultados de manera multivariada (p.e. Buikstra et. al. 1989) ya que "permite considerar simultáneamente varios factores causales tales como dieta, diagénesis, antagonismo metabólico, edad y sexo" (pp.207), el requisito impuesto por este análisis referente a que todos los individuos cuenten con todas las variables, ha limitado su uso en nuestro caso, dado que la existencia de algunas interferencias entre ciertos elementos traza, ha impedido su determinación en algunos individuos. Así, sólo 19 individuos, casi el 50% de la muestra analizada, reunían los valores de todas las variables. Por esta razón se ha analizado estadísticamente la muestra desde dos perspectivas, una univariada y otra multivariada. A continuación se presenta el resultado de cada una de ellas y la comparación de sus conclusiones

1) Analisis univariante

Para este análisis se asumieron las siguientes premisas: 1) Que la muestra animal representa a especies en diferentes posiciones en el nexa trófico. 2) Que las diferencias que existan entre la muestra humana y la muestra animal serán debidas a la diferencia en los produc-

tos que cada grupo consume. 3) Que aquellos elementos que pueden aparecer en los sujetos como resultado del consumo de diversos tipos de alimentos, deberán ser analizados conjuntamente con elementos que están más directamente asociados a reducidos tipos de alimentos. Por ejemplo, el vanadio (V) es un elemento que puede aparecer en diversos productos tanto vegetales como animales, pero para poder determinar si la mayor contribución de este elemento en los huesos se produjo como consecuencia del consumo de carnes o vegetales, deberemos analizarlo en relación a un elemento tal como el Ba que se asocia a ecosistemas básicamente terrestres.

Tal y como dijimos anteriormente, el Fe y el Mg no fueron utilizados en la reconstrucción de la dieta, el primero por haber sido un producto de la diagénesis y el segundo por haberse utilizado como un indicador de la integridad del hueso.

El análisis se basa exclusivamente en los resultados obtenidos de individuos adultos. Se establecieron relaciones entre cada uno de los elementos restantes, que serán presentadas a continuación. Los únicos elementos que lograron discriminar a los herbívoros del carnívoro fueron Sr, Ba y el V. Dada la correlación positiva que presentan estos elementos al ser combinados entre sí, y la concentración mayoritaria que exhiben en los herbívoros, es posible pensar que considerados en conjunto representan el consumo de productos vegetales. Sin embargo, tal y como ya dijimos, el Sr se asocia además al consumo de productos marinos. A fin de estimar la proporción de productos terrestres y marinos en la dieta de estos sujetos, se empleó el log Ba/Sr sugerido por Burton y Price (1989). El problema del uso de esta técnica es que los datos proporcionados por estos autores, sólo se refieren a poblaciones con una subsistencia marina y terrestre, esta última dividida a su vez en grupos que habitaron regiones desérticas (enriquecidas en Sr y por lo tanto con valores similares a poblaciones con subsistencia marina) y no-desérticas, y sin embargo no se refieren a grupos que pudieron depender de recursos básicamente estuarinos, es decir de agua dulce. Al margen de la proporción de recursos marinos o estuarinos, el logBa/Sr logra discriminar de manera efectiva a los herbívoros y al carnívoro, lo cual implica que la diferencia estriba en la ausencia de proteína de origen animal en la dieta de los herbívoros, sea ésta de origen marino o terrestre.

La mayoría de los individuos analizados exhiben valores del log Ba/Sr muy bajos cuando se les compara con poblaciones de subsistencia marina y muy altos cuando se les compara con poblaciones de subsistencia terrestre (-1.565 y 0.179 respectivamente; Burton y Price 1989:550, tabla 1). Esto se ha verificado al incluir dos carnívoros marinos (delfín y cachalote) de época actual. Los valores intermedios que exhibe el grupo de Pico Ramos podrían deberse al consumo de especies estuarinas. Ahora bien, la baja cantidad de Sr y Ba en este grupo humano cuando se le compara al grupo herbívoro implica que, al margen del posible consumo de proteínas animales de tipo estuarino (dado el bajo logBa/Sr), tuvo que existir un consumo de proteína animal terrestre en la dieta.

Al comparar el V y el Sr (gráfico 1) o el V y el Ba (gráfico 2), se aprecia que los herbívoros son los que presentan las más altas concentraciones de esos elementos, lo cual implica que el V en esta muestra se asocia al consumo de materia vegetal. Los carnívoros, sean terrestres o marinos presentan niveles de V diferenciados de los herbívoros (gráficas 1 y 3). Por otra parte, al comparar el V con el log Ba/Sr (gráfico 3) se aprecia una diferenciación en el consumo de plantas (en base al V) entre individuos que presentan valores semejantes del log Ba/Sr dentro del gradiente terrestre-marino; en otras palabras, individuos que presentan un valor del log Ba/Sr de -0.8, y por tanto se hallan a mitad de camino entre el consumo de especies marinas y terrestres, pudieron consumir más o menos plantas. Esto quiere decir que la diferencia entre la cantidad de plantas que cada quien consumió no fue reemplazada

por un mayor consumo de mariscos estuarinos o marinos, sino por proteína animal de otra índole (carne). La correlación positiva que se aprecia entre el Zn y el log Ba/Sr (gráfico 4) una vez eliminados los animales y dos valores marginales, guarda un paralelismo con los resultados obtenidos en la comparación entre el V y el log Ba/Sr.

La ausencia de diferencias en las concentraciones de Zn que presentan los herbívoros y el carnívoro, puede deberse a la composición de nuestra muestra. En efecto, el carnívoro (Felis) tiene un comportamiento de omnívoro y el omnívoro (Sus) se comporta como herbívoro, no sólo respecto al Zn sino también en relación a los demás elementos analizados. Tal como mencionamos anteriormente, el Zn no parece ser tan sensible como el Sr para establecer diferencias claras entre herbívoros y carnívoros en la muestra arqueológica (comparar datos en Reingold et.al. 1983:234, Francalacci 1989:119-120 figs. 6 y 7) aunque los carnívoros marinos modernos presentan valores claramente diferenciados del resto. Por lo tanto, dado el reducido tamaño de nuestra muestra, no podemos determinar el rango de variación que existe entre los animales del grupo escogido. El Cu muestra niveles bastante homogéneos en la muestra analizada, tanto humana como de fauna y por lo tanto no permite discriminar entre distintos niveles tróficos (gráfico 5). La falta de asociación directa entre Cu y proteína animal en el presente estudio, no ha podido ser aclarada.

2) Análisis multivariante

Este tipo de análisis tiene la ventaja de considerar las interrelaciones existentes entre los distintos elementos traza. Sin embargo, el hecho de que cada individuo requiera poseer todas las variables para ser incluido en el análisis, limita en gran medida su utilización en nuestro caso, ya que a existencia de algunas interferencias entre ciertos elementos traza, ha reducido la muestra de sujetos que poseen todos los datos a sólo 19. Este hecho, aconseja considerar este análisis como apoyo de los resultados anteriormente comentados; de esta forma, el análisis de componentes principales efectuado ha permitido clarificar algunas relaciones perfiladas en el análisis univariante.

Este análisis se ha efectuado mediante el paquete estadístico SPSS, en el que la opción FACTOR ha permitido extraer 7 factores a partir de la matriz de correlaciones, mediante una rotación de tipo varimax. Estos factores están ordenados en orden decreciente de importancia, medida en términos de la cantidad de varianza explicada por cada uno de ellos individualmente (eigenvalue). Sólo se han considerado aquellos con un "eigenvalue" superior a 1. Las variables incluidas en este análisis han sido las concentraciones de Zn, Mg, Cu, Ba, Fe, V y Sr. En la tabla 4 se presentan los "eigenvalue" para cada factor, así como el porcentaje de varianza explicada por cada uno.

Factor	Eigenvalue	% varianza	% acumulado
1	2.58192	36.9	36.9
2	2.04056	29.2	66.0
3	1.05521	15.1	81.1
4	0.45447	6.5	87.6
5	0.39691	5.7	93.3
6	0.27523	3.9	97.2
7	0.19570	2.8	100.0

Tabla 4. Porcentaje de varianza explicada por cada factor y varianza acumulada.

Para la rotación se han considerado únicamente los tres primeros factores, que explican el 81.1 de la varianza de los variables. La matriz factorial rotada (Tabla 5) indica que el V, Fe y Sr son los elementos que presentan correlaciones mayores con el primer factor; el Mg, Ba y el Zn con el segundo y el Cu y el Zn (en menor medida) con el tercero.

Elemento	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Comunalidad
Zn	-0.28557	0.68648	-0.57569	0.88423
Fe	0.82622	-0.21882	-0.02744	0.73128
Mg	0.01321	0.87481	0.11977	0.77981
V	0.89958	0.14627	-0.13233	0.84815
Cu	-0.33586	0.27929	0.84622	0.90690
Sr	0.79633	0.39062	-0.11089	0.79902
Ba	0.30890	0.77553	0.17733	0.72831

Tabla 5. Matriz factorial rotada, con los pesos de cada variable en los tres factores principales y la comunidad de cada variable

Los altos valores que presentan el Sr y el V en el primer factor, indican que estos elementos se están comportando de manera semejante, en el sentido de que su acumulación en el hueso está relacionada con la ingesta de vegetales. El comportamiento del V confirma lo apuntado en el análisis univariante en cuanto a que su concentración en los huesos se produjo como consecuencia del consumo vegetales. Este resultado contrasta con el obtenido por Buikstra et al. (1989) que encontraron una interacción entre el V, Zn y Cu, relacionada con el consumo de carne. La presencia del Fe en el primer factor se debería a razones diagenéticas, ya que se ha presentado como un contaminante en esta muestra; ésto confirma los resultados de otros estudios (Buikstra et al. 1989). En el segundo factor se hallan altos valores para el Ba, Mg y Zn. Cabría esperar una asociación entre el Ba y el Sr por ser ambos iones que reemplazan al Ca y además porque estos elementos sufren una reducción similar en la cadena trófica terrestre; la covariación del Ba y el Zn podría sugerir que las plantas y las proteínas de origen animal (marina, terrestre, estuarina) tuvieron una importancia semejante. Como ya se sugirió en los resultados anteriores, la proteínas de origen animal pudieron ser un complemento al consumo de vegetales en los sujetos de Pico Ramos. El tercer factor viene explicado fundamentalmente por el Cu, con un elevado coeficiente, presentando también el Zn en este factor una correlación menor y de signo negativo, que puede deberse a su antagonismo con el Cu. Esta variación, prácticamente independiente del Cu, puede deberse a razones no relacionadas con la dieta, cuya naturaleza desconocemos. No obstante, el tamaño de la muestra impide considerar este resultado como concluyente.

En resumen, los resultados de los análisis de elementos traza apoyarían el consumo de una dieta variada tal como se formuló en la segunda hipótesis. Aunque faltan estudios al respecto, sugerimos que la explotación de recursos estuarinos es la que determina la presencia constante de valores bajos en el log Ba/Sr y a la vez sugerimos que si bien existió un consumo de especies marinas, éste tuvo que ser mucho menor que las estuarinas. El consumo de carne, aunque desconocemos su proveniencia (animales domésticos o salvajes) tuvo que ser constante. Asimismo se ha detectado el consumo de materia vegetal, posiblemente como complemento a lo anterior.

Este estudio no contempla las variaciones existentes en la muestra en cuanto a sexo, edad, y variaciones de otra índole (p.e. acceso diferencial a recursos por parte de ciertos individuos, variaciones temporales, etc.). Se han detectado por ejemplo diferencias en la concentración de estroncio en individuos femeninos durante el embarazo y la lactancia debido a alteraciones de la mucosa intestinal que no logran discriminar eficientemente el estroncio (Blakely 1989). Si bien todos esos factores son una fuerte limitación para la generalización de esta información a otros yacimientos de la misma época, sin embargo puede usarse en comparaciones con yacimientos de características semejantes y de la misma época.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ilustran los procedimientos a seguir en la reconstrucción de la dieta de poblaciones extintas mediante un método "directo" Este método se basa en la recuperación de información relevante sobre el consumo de diversos productos durante la vida de los individuos de una población. La ventaja de esta técnica es que se basa directamente en la información recuperada de cada individuo dentro de una población y no en los restos de las actividades de producción o consumo de dicha población. Sin embargo es de suma importancia no usar esta técnica de manera aislada sino en combinación con otras tales como la arqueozoología y/o arqueobotánica.

A manera de ejemplo hemos usado los datos obtenidos en nuestro estudio del material antropológico del yacimiento de Pico Ramos. Algunos elementos fueron usados dada su relación con el consumo de determinadas materias alimenticias (Sr, Ba, Zn, Cu y V), y otros para estimar la integridad de la hidroxiapatita del hueso (Ca y P) y el grado de contaminación por materiales arcillosos (Fe). El grado de contaminación por procesos diagenéticos, fué evaluado mediante el análisis de difracción de rayos X y de láminas delgadas. El primero de estos análisis puso de manifiesto la existencia de picos mayoritarios de hidroxiapatita y de picos intensos de carbonato cálcico (calcita), compuesto identificado asimismo en la pared de la cueva. Aunque la estructura microscópica del hueso se hallaba intacta, el carbonato cálcico estaba adherido a la paredes de los canales haversianos y en las fisuras. Su penetración debió ocurrir en los momentos en que la lluvia disolvió parte de las paredes de la cueva, lo que creó una solución rica en iones carbonato.

A fin de detectar la contribución de iones ajenos al hueso durante el enterramiento, se procedió al análisis de soluciones de suelo. La ventaja de este análisis es la detección de los iones solubles en agua que pudieron penetrar en la red cristalina del hueso durante el tiempo de enterramiento. El Ca fue identificado como el principal ión contaminante. La abundancia de este catión en la solución del suelo impidió que se produjera una contaminación sustancial mediante Sr, dado que este último tiene un radio iónico mayor que el del Ca e incluso que el del Fe, lo que impide por lo tanto su acceso directo a la red cristalina del hueso. La baja proporción de Mg detectada en el hueso se puede deber en gran parte, a la remoción de éste hacia el suelo debido a la alteración del pH del terreno producida por la descomposición de los cadáveres y del material orgánico que contuvo la cueva. Aunque se intentó la remoción selectiva del Ca contaminante en los huesos, mediante repetidos baños en un tampón a pH 4.5, ésta no se logró en todos los casos.

Tanto el análisis univariante como el multivariante han permitido detectar relaciones entre elementos y ciertos grupos alimenticios tales como los vegetales. A diferencia de otros estudios (p.e. Buikstra et al. 1989), el V se halla relacionado principalmente al Sr y al Ba. El uso del $\log\text{Ba}/\text{Sr}$ para la determinación de la proporción de recursos marinos o terrestres, parece válida, aunque este es uno de los pocos casos que conocemos en la bibliografía, en que la

dieta pudo estar fuertemente influenciada por el consumo de especies estuarinas. Aunque faltan estudios al respecto, sugerimos que la explotación de recursos estuarinos es la que determina la presencia constante de valores bajos en el log Ba/Sr y a la vez, que si bien se dió un consumo de especies marinas, éste tuvo que ser mucho menor que las estuarinas. El consumo de carne, aunque desconocemos su proveniencia (animales domésticos o salvajes) tuvo que ser constante. Asimismo se ha detectado el consumo de materia vegetal, posiblemente como complemento a lo anterior.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las numerosas personas que han colaborado en las diversas fases de elaboración de este trabajo. En la Facultad de Ciencias de la Universidad del País Vasco, diversos investigadores nos prestaron ayuda y asesoramiento para la realización de las determinaciones analíticas : las Dras. Rosa Alonso y Rosa Jimenez y asimismo Marta Fernández, del Departamento de Química Analítica, en el análisis de los elementos traza mediante ICP-AES; la Dra. Maribel Arriortúa y el Dr. Javier Elorza, ambos del Departamento de Mineralogía y Petrología, realizaron los análisis de difracción de rayos X y de lámina delgada respectivamente. Queremos agradecer a Lydia Zapata el habernos confiado el estudio de estos materiales así como su ayuda desde el punto de vista arqueológico. Un especial agradecimiento a Txema Salgado por su eficaz colaboración durante todo el desarrollo del trabajo.

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación UPV 171.310-EA050/94



Figura 1. Localización de la Cueva de Pico Ramos en la margen izquierda del río Barbadún, en la localidad de Muskiz (Bizkaia).

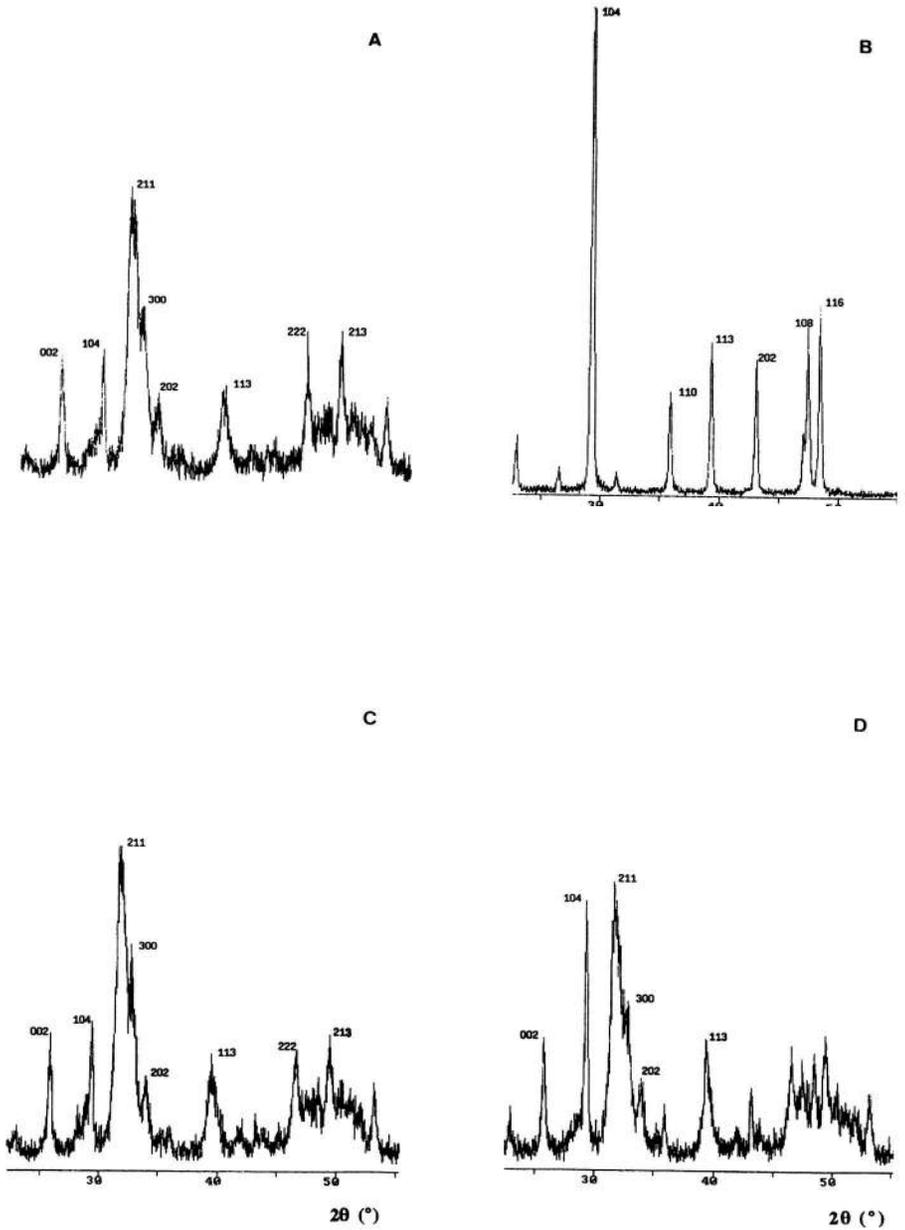


Figura 2. Patrón de difracción de rayos-X de diversas muestras de Pico Ramos. A, C y D: huesos humanos en los que se aprecian los picos de la hidroxiapatita y del carbonato cálcico (calcita). B: patrón de difracción de rayos-X de la calcita.

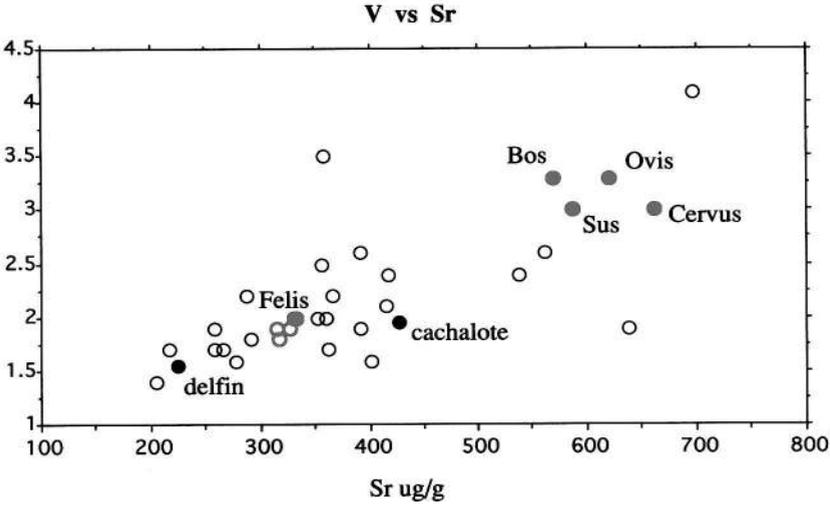


Gráfico 1. Valores del V en relación al Sr.

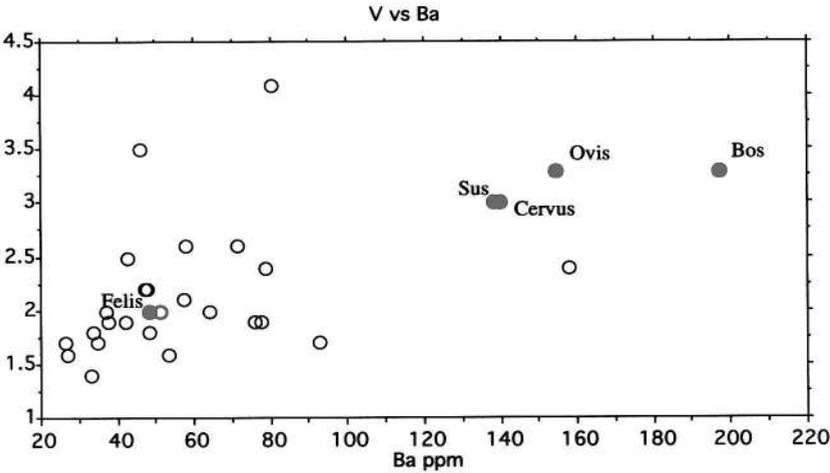


Gráfico 2. Valores del V en relación al Ba.

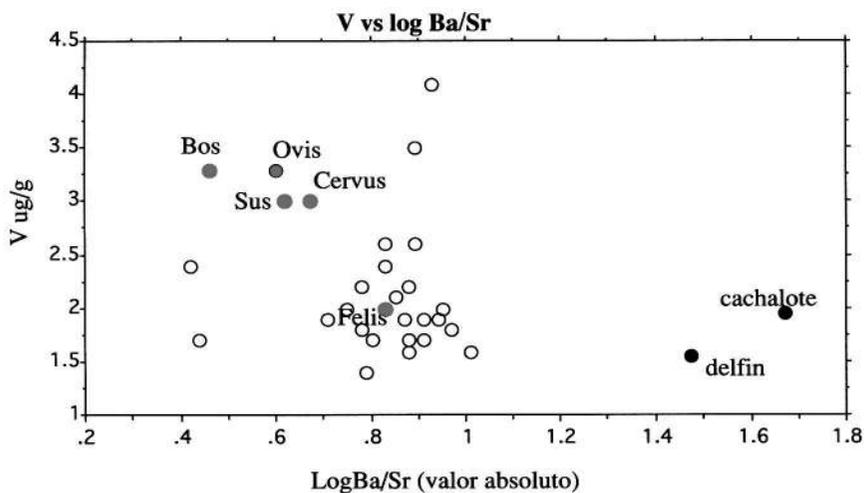


Gráfico 3. Valores del V en relación al LogBa/Sr.

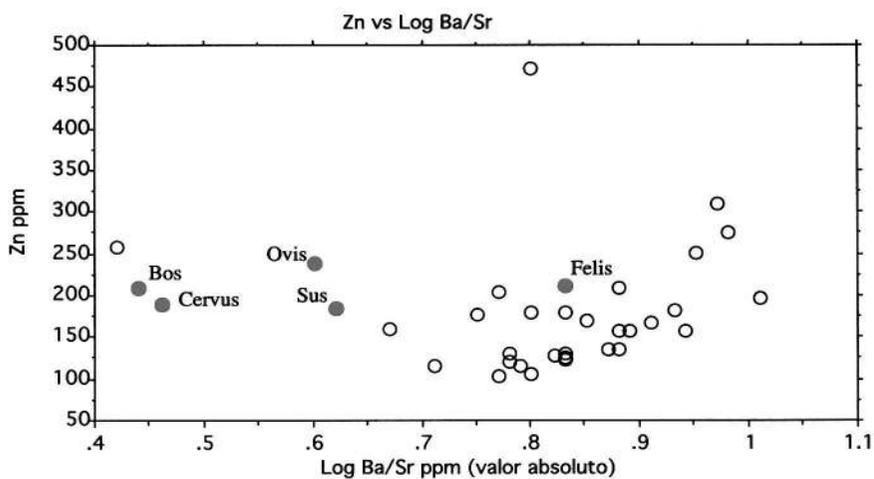


Gráfico 4. Valores del Zn en relación al LogBa/Sr.

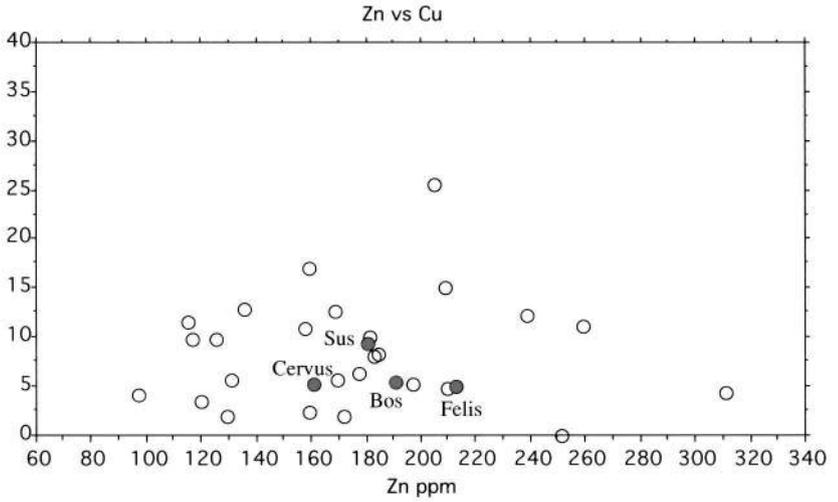


Gráfico 5. Valores del Cu en relación al Zn.

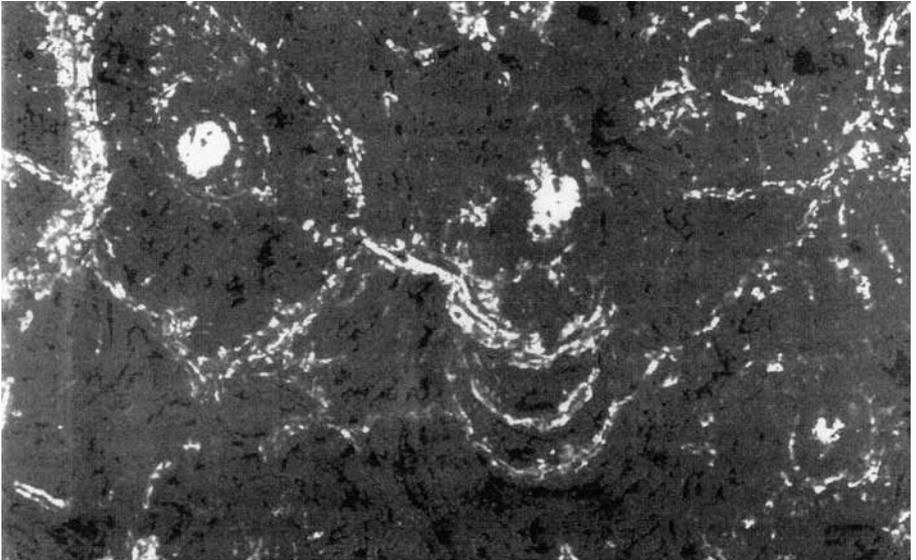


Foto 1. Microfotografía de una muestra de hueso preparada en lámina fina. Se aprecian los depósitos de carbonato cálcico adherido a las paredes de los canales haversianos y en las fisuras. (Objetivo 20x) (Fotog. J.Elorza)

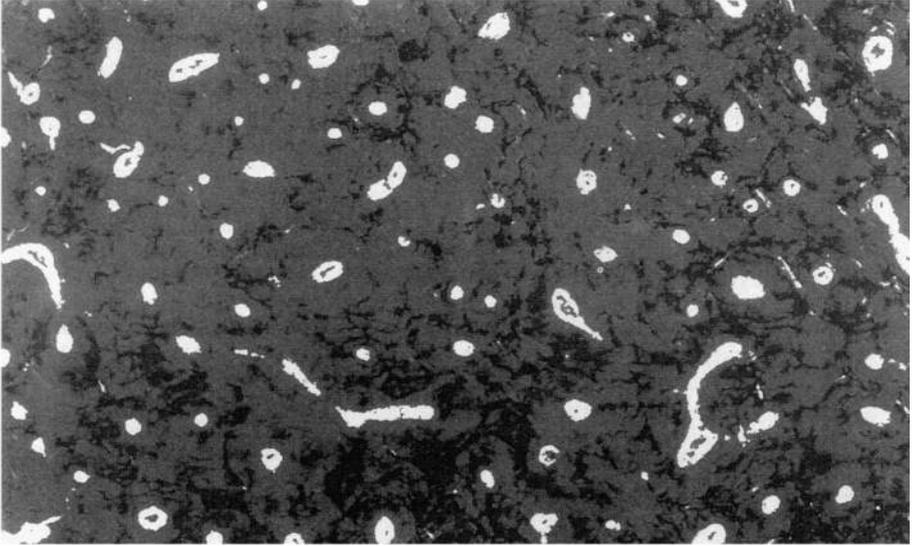


Foto 2. Microfotografía de una muestra ósea preparada en lámina fina. Se aprecian los depósitos de carbonato cálcico en una estructura ósea bastante intacta (Objetivo 5x, longitud foto 2.6 mm) (Fotog. J.Elorza)

BIBLIOGRAFIA

- ARMENDARIZ, A. (1992). Las cuevas sepulcrales del País Vasco: del Neolítico a la Romanización. Tesis doctoral, U.P.V.I E.H.U (inédita).
- BLAKELY, R.L. (1989). Bone Strontium in pregnant and lactating females from archaeological samples. *Am. J. Phys. Anthropol.* 80, 173-185.
- BROTHWELL, D.R. (1981). *Digging up bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains.* BMNH, Oxford University Press. Third Ed., 208 pp.
- BUIKSTRA, J.E., FRANKENBERG, S., LAMBERT, J.B & LI-ANG XUE. (1989). Multiple elements: Multiple expectations. En: *The Chemistry of Prehistoric Bone.* T.D. Price, Ed. 155-210. Cambridge University Press.
- BURTON, J.H. & PRICE, T.D. (1990). The ratio of Barium to Strontium as a paleodietary indicator of consumption of marine resources. *J. Arch. Sci.* 17, 547-557.
- ETXEBERRIA, F. & VEGAS, J.I. (1988). ¿Agresividad social o guerra? durante el neo-eneolítico en la cuenca media del Valle del Ebro, a propósito de San Juan Ante Portam Latinam (Rioja, Alavesa). *Munibe (Antropología-Arqueología)* Sup.6, 105-112.
- ETXEBERRIA, F. (1990). Los estudios de paleopatología en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arqueología)* 42, 221-227.
- FRANCALACCI, P. (1987). Dietary reconstruction at Arene Candide Cave (Liguria, Italy) by means of trace element analysis. *J. Arch. Sci.* 16, 109-124.
- GOODMAN A.H. & ROSE, J.C. (1990). Assessment of systematic physiological perturbations from dental enamel hypoplasias and associated histological structures. *Yearb. of Phys. Anthropol.* 33, 59-110.
- GOODMAN, A.H. & ARMELAGOS, G.J. (1985). Factors affecting the distribution of enamel hypoplasias within the human permanent dentition. *Am. J. Phys. Anthropol.* 68, 479-493.
- KROGMAN, W.M. & ISÇAN, M.Y. (1986). *The Human skeleton in forensic medicine.* Charles Thomas Publisher, Second Ed., 551 pp.
- KYLE, J.H. (1986). Effect of post-burial contamination on the concentrations of major and minor elements in human bone and teeth. The implications for palaeodietary research. *J. Arch. Sci.* 13,403-416.
- LANPHEAR, K.M. (1990). Frequency and distribution of enamel hypoplasia in a historic skeletal sample. *Am. J. Phys. Anthropol.* 81,35-43.
- MAYHALL, J.T. (1992). Techniques for the study of dental morphology. En: *Skeletal biology of past people.* S.R. Saunders y M.A. Katzenberg Eds. Wiley-Liss, 59-78.
- PATE, D. F, HUTTON, J.T. & NORRISH, K. (1989). Ionic exchange between soil solution and bone: toward a predictive model. *Applied Geochemistry*, 4,303-316.
- PRICE, T.D., BLITZ, J., BURTON, J. & EZZO, J.A. (1992). Diagenesis in prehistoric bone: problems and solutions. *J. Arch. Sci.*, 19, 513-529.
- REINGOLD, A.L., HUES, S. & COHEN, M.N. (1983). Strontium and Zinc content of bones as an indication of diet. An undergraduate project in qualitative analysis with interdisciplinary interest. *J. Chem. Educ.* 60,233.234.
- RUNIA, L.T. (1987). Analysis of bone from the Bronze Age site Bovenkarspel-Het Valkje, The Netherlands: a preliminary report. *Archaeometry* 29.2 , 221-232.
- SARNAT, B.G. & SCHOUR, I. (1941). Enamel hypoplasias (chronic enamel aplasia) in relationship to systemic diseases: a chronological, morphological and etiological classification. *J. Am. Dent. Assoc.* 28, 1989-2000.
- SCHROEDER, H.A., TIPTON, I.H. & NASON, A.P. (1972). Trace metals in man: Strontium and Barium. *J. Chron. Diseases.* 25,491-517.
- SILLEN, A. (1986). Biogenic and diagenetic Sr/Ca in Plio-Pleistocene fossils of the Orno Shungura Formation. *Paleobiol.*, 12(3): 311-323.
- SUBIRA, M.E. & MALGOSA, A. (1992). Multi-element analysis for dietary reconstruction at a Balearic Iron Age site. *Int. J. of Osteoarchaeology* 2, 199-204.
- SZPUNAR CB, LAMBERT, J.B., BUIKSTRA, J.E. (1978). Analysis of excavated bone by atomic absorption. *Am. J. Phys. Anthropol.* 48, 199-202.

- UBELAKER, D.H. (1989). *Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation*. Aldine Publishing Company, Chicago, 115 pp.
- UNDERWOOD, E.J. (1977). *Trace elements in human and animal nutrition. Fourth edition* Academic Press.
- ZAPATA, L. (1991). Cueva sepulcral de Pico Ramos (Muskiz). *Arkeoikuska*, 141-144. Ed.Centro de Patrimonio Cultural Vasco. Dep. de Cultura. Gobierno Vasco.
- WEIDERT, J.M. (1990). *Elemental analysis of bone for ancient diet reconstruction*. Tesis doctoral, Northwestern University (inédita). U.M.I., Ann Arbor.
- WORKSHOP OF EUROPEAN ANTHROPOLOGISTS (1980). Recommendations for age and sex diagnosis of skeletons. *J. Hum. Evol.* 9, 517-549.