Complutum, 7, 1996: 73-90

RECONSTRUCCIÓN DEL PATRÓN ALIMENTICIO DE DOS POBLACIONES PREHISTÓRICAS DE LA MESETA NORTE

Gonzalo J. Trancho, Beatriz Robledo*, Inmaculada López-Bueis*, Fco. Javier Fabián***

RESUMEN.- *Se estudia el patrón nutricional de dos poblaciones prehistóricas, Aldeagordillo (Calcolítico Final) y El Tomillar (Bronce Antiguo) (Ávila), mediante el análisis de elementos traza en el hueso. Se cuantificó la concentración de nueve elementos químicos: Ca, P, Mg, Zn, Fe, V, Cu, Sr y Ba. En general, el índice Ca/P señala que los restos óseos estaban afectados por diagénesis. Los resultados demuestran un tipo de economía basado en el consumo de productos vegetales, con una ingesta media o baja de proteínas animales.*

ABSTRACT.- *The aim of this paper is to analise the diet reconstruction in two prehistoric populations, Aldeagordillo (Late Calcolithic) and El Tomillar (Early Bronze Age) (Avila), considering trace elemental composition of bone. Nine elements are considered: Ca, P, Mg, Zn, Fe, V, Cu, Sr and Ba. The ratio Ca/P shows some diagenetic changes in the human samples. The results obtained indicate that the economy was based on vegetable sources, with a middle or low ingest of animal proteins.*

PALABRAS CLAVE: *Meseta Norte, Calcolítico, Edad del Bronce, Dieta, Paleonutrición, Oligoelementos.*

KEY WORDS: *Northern Meseta, Calcolithic, Bronze Age, Diet, Paleonutrition, Trace elements.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes arqueológicos

La pobreza cuantitativa y cualitativa de testimonios funerarios intactos y completos correspondientes al Neolítico, Calcolítico y de la Edad del Bronce ha sido tradicionalmente uno de los problemas a los que ha tenido que enfrentarse el estudio del aspecto funerario en buena parte de la Península Ibérica, sino en toda. Esta ausencia de casos ha sido probablemente la causa determinante de que el aspecto funerario haya sido tratado con más profundidad desde el punto de vista morfológico, analizándose más intensamente la tipología del contenedor y de los ajuares contenidos en ellos que otros aspectos que con el tiempo han resultado igualmente importantes. Es cierto, también, que en buena parte de los casos la pobre conservación de los restos humanos no ofrecía demasiadas garantías y que los estudios arqueológicos que se llevaban a cabo generalmente no demandaban todavía aspectos que hoy son ya imprescindibles para iniciar cualquier estudio que quiera acercarse a ser completo. En los últimos años el hallazgo y estudio de nuevos casos, paralelamente al desarrollo de nuevas posibilidades tecnológicas y su incorporación complementaria a los estudios arqueológicos, ha permitido conocer aspectos de gran importancia, que combinados con otros reconstruyen de una forma diferente, nueva y más completa, no solamente las circunstancias de cada enterramiento, sino también aspectos muy útiles sobre las condiciones que rodeaban las culturas neolíticas, calcolíticas y de la Edad del Bronce.

El hallazgo reciente de dos enterramientos individualizados e intactos en la provincia de Ávila, cronológicamente próximos, aunque no coincidentes según los datos aportados por el C-14, ha supuesto un avance sustancial para conocer sino las claves para una interpretación fiable, todavía, sí una ampliación del registro disponible de cara a tener campo cuantitativo y cualitativo suficiente para permitir en un futuro próximo evaluar con garantías el aspecto funerario en una etapa donde resulta complicado aún dar una interpretación general convincente al variado panorama individual.

Los hallazgos funerarios de Aldeagordillo y El Tomillar, objeto ambos de este estudio, forman

* Departamento de Biología Animal I (Antropología). Facultad de Biología. Universidad Complutense. 28040 Madrid.
** Junta de Castilla-León. Delegación Territorial de Ávila.

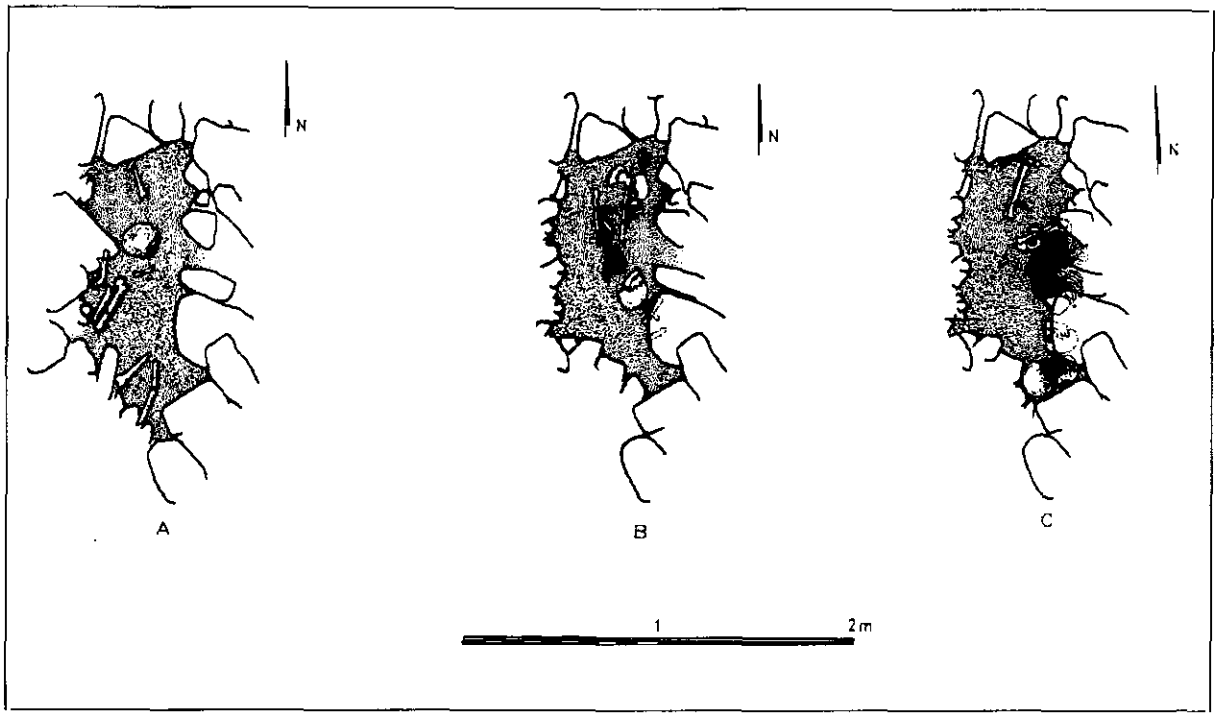

Fig. 1.- Aldeagordillo. Túmulo 1. A, B y C: disposición de Ald.1, Ald.2 y Ald.3 respectivamente en la cista.

parte de un proyecto de investigación encaminado a conocer el desarrollo cultural de la Prehistoria reciente en el sur de la Submeseta Norte. Ambos han sido publicados, si bien sólo el segundo de ellos mediante un extenso trabajo (Fabián 1995). Sobre el de Aldeagordillo se han publicado dos avances, uno específico y preliminar sobre el enterramiento que contenía el Túmulo 1 (Fabián 1992) y otro, genérico, sobre la excavación de los túmulos localizados en el yacimiento hasta 1993 (Fabián 1994), destinado a ofrecer una idea global del yacimiento. En este artículo se hará una reseña general de lo conocido hasta el momento en ambos yacimientos con el fin de manejar una referencia suficiente con anterioridad a la lectura de los resultados de la investigación paleonutricional. Dicha investigación ha sido financiada por la Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Castilla y León a través de la Dirección General de Patrimonio.

El yacimiento de Aldeagordillo está situado a 3 Km de la ciudad de Ávila, en el extremo este del Valle de Amblés y sobre el reborde rocoso norte de este valle. El yacimiento está ubicado sobre una pequeña plataforma amesetada sobreelevada desde donde se domina una amplia zona del fondo del valle.

Las excavaciones realizadas en el yacimiento han constatado la existencia de dos ocupaciones sucesivas sin solución de continuidad estratigráfica: una consistente en un hábitat y otra, a continuación, abandonado ya el poblado, con fines rituales, algunos de ellos claramente funerarios. El poblado corresponde a época calcolítica y ha sido fechado por C-14 sin calibrar en torno al 2000 a.C. De él se han excavado restos de cabañas a los que estaban asociados un importante número de elementos pertenecientes a la cultura material del poblado. Las pautas culturales del yacimiento le relacionan directamente con el Calcolítico del Valle del Duero, que se extiende por toda la mitad norte de la provincia de Ávila.

Abandonado el poblado se le da un nuevo uso al espacio ocupado por éste, construyéndose una serie de túmulos pétreos, de distinta factura y envergadura, algunos de los cuales contenían enterramientos. De los doce conocidos hasta 1990, han sido excavados diez, habiendo desaparecido dos más por acción de furtivos sin que exista referencia fidedigna sobre su contenido. De los excavados, solamente en dos aparecieron restos humanos acreditando su uso funerario. En uno de ellos el enterramiento estaba perfectamente ordenado (Túmulo 1), mientras en el otro, inédito aún, dentro de una estructura circular muy tosca aparecieron restos humanos, al parecer de un sólo individuo, en una disposición que hace pensar que se trata de un enterramiento secundario o primario alterado. Los restos humanos hallados en el Túmulo 1 han sido estudiados hasta ahora desde el punto vista arqueológico, desde el antropológico (Caro *et al.* 1993) y en este trabajo desde el paleonutricional. El análisis se ha realizado sobre los tres individuos más completos, dejando al margen los restos

craneales hallados al lado de un hogar. Los restantes ocho túmulos presentaban estructuras diversas en su base, algunas incluso formando *cistoides* sin contenido funerario alguno, a modo de toscos cenotafios.

El Túmulo 1 lo constituía un amontonamiento aproximadamente circular de piedras de unos 8 m de diámetro. En su interior contenía una doble y concéntrica estructura semicircular en mitad de la cual se construyó una cista donde fueron depositados los enterramientos. A escasa distancia de ella se había improvisado un hogar donde aparecieron restos de un cráneo con huellas de exposición directa al fuego. Estos restos no guardaban relación con los tres individuos recuperados dentro de la cista, la cual era de forma rectangular, de factura tosca, con orientación norte-sur, destacando en el lado norte sobre las restantes piedras, una *estela* rectangular lisa. En primer lugar (Figura 1), aparecieron los restos de un individuo adulto masculino al que se denominará en este trabajo ALD1. Se encontró claramente en posición secundaria, con un grado de degradación muy diferente al de los dos individuos restantes, como si hubiera permanecido en un ambiente poco propicio para su conservación. Los restos se hallaban desordenados en la estructura funeraria sin orden anatómico. El segundo de los individuos (ALD2) era un esqueleto infantil de unos 10 años ± 30 meses, según el estudio antropológico, al que se le detectó una ligera cribra orbitalia, porosidad del techo orbitario, y que podemos asociar a anemias ferropénicas relacionadas probablemente con agentes infecciosos gastrointestinales. Su disposición en el enterramiento ha permitido interpretar que se trataba, también, de una deposición secundaria, si bien a diferencia de ALD1 conservaba buena parte del esqueleto en conexión anatómica. Se encontraba directamente sobre el Individuo 3, con la cabeza apoyada en el pecho de éste y separado por una capa irregular de tierra de ALD1. El Individuo 3 (ALD3) yacía en el fondo de la cista. Se trata de un esqueleto prácticamente completo, todo él en conexión anatómica, en posición flexionada, apoyado sobre el lado izquierdo y con orientación norte-sur (cráneo al sur). Al lado de la cabeza se le colocó un vaso campaniforme decorado al *estilo ciempozuelos* y un cuenco liso con umbo en la base. El estudio antropológico ha determinado que se trataba de un sujeto infantil de unos 8 años ± 24 meses, según la erupción dentaria y la longitud diafisaria de la tibia, o de 6.5-7.5 años según la longitud del peroné.

La interpretación actual de todo el conjunto se basa en conceder el máximo protagonismo al enterramiento ALD3, a propósito del cual se incorporarían a la tumba los restos óseos de los otros dos individuos fallecidos con anterioridad. Tal vez se trate de una tumba familiar en la que tras la muerte de uno de los miembros, otros, con parentesco directo con el anterior, se incorporan al enterramiento buscando agruparles para la vida de ultratumba o, simplemente, para que no estuvieran dispersos y poder honrarlos juntos.

Las dataciones de C-14 obtenidas del enterramiento le sitúan en el 1740 ± 50 a.C. y 1725 ± 35 a.C. (en fechas calibradas: 2 sigma, 95% de probabilidad: 2195-1920 A.C., la primera de ellas).

Acerca del estadio cultural en el que se llevó a cabo el enterramiento de Aldeagordillo no se conoce mucho. Al contrario de lo que sucede con el Calcolítico o con el Bronce Final pleno o en el inicial (Proto-Cogotas I) la etapa intermedia, a la que se ha dado en llamar tradicionalmente Bronce Antiguo, no es demasiado conocida en la Meseta Norte si no es a través de sus testimonios funerarios. En los últimos años los trabajos de prospección y en algunos puntos también de excavación, están permitiendo saber algo más de una etapa que transcurrió entre el 1800 y el 1400 a.C. Resulta todavía difícil explicar las claves de la transición entre el Calcolítico y los primeros estadios del Bronce Final, sobre todo con datos aportados por excavaciones de cierta envergadura. Lo conocido hasta el momento sobre las poblaciones que habitaron en las inmediaciones de Aldeagordillo en el tiempo en que se produjo el enterramiento del Túmulo 1, que pueda afectar y sea útil a este trabajo, podría resumirse en lo siguiente: parece que no hay una drástica ruptura respecto al mundo calcolítico más típico hasta aproximadamente el 1600 a.C.; se trata más bien de una lenta evolución cultural sobre presupuestos culturales antiguos en la que van desapareciendo algunos elementos muy representativos en favor de otros que cobrarán una gran importancia, como por ejemplo la cerámica campaniforme. A partir de mediados de 1700 a.C. se produce en el ámbito territorial del yacimiento de Aldeagordillo una ruptura que afecta a la cultura material y a los hábitats (Fabián 1995). Con estas mismas circunstancias y en el mismo momento se han detectado también una serie de yacimientos en la provincia de Soria (Jimeno y Fernández 1989), al igual, al menos, que en las de Zamora y Burgos, todavía inéditos, y todo ello, al parecer, de alguna manera relacionado en general con lo que sucede en la Submeseta Sur, en el Sureste o en el Levante español. Pero antes de esa ruptura tiene lugar una fase, todavía mal conocida a nivel de hábitats, en la que se produce una evolución respecto a lo que había sido el Calcolítico más típico, el que se había venido desarrollando en torno a los siglos inmediatamente anteriores al cambio del tercer al segundo milenio, y siglo o siglo y medio posterior. Esa fase

Fig. 2.- El Tomillar. Planta general de la fosa que contenía los enterramientos.

será cuando la cerámica campaniforme tendrá su máximo auge y es en la que hay que encuadrar el enterramiento de Aldeagordillo. A continuación se producirá una cierta ruptura, anunciada en parte a través de algunos elementos de la cultura material y en ella desaparecerá o será muy rara la cerámica campaniforme. No se sabe con exactitud en qué momento cronológico se produce esa ruptura, ni se sabe tampoco si es sincrónica a toda la Meseta Norte, pero lo que sí es claramente apreciable es el cambio que se produce en los hábitats, ahora con frecuencia en lugares altos, de difícil acceso y en muchos casos escondidos en ambiente montañoso y, en cuanto a la cultura material, en lo lítico definitivamente alejada del uso del sílex o en la cerámica con formas nuevas y repetitivas, y con casi total ausencia de decoraciones incisas o impresas que no sean digitaciones o ungulaciones en el labio o en cordones plásticos. Desde el punto de vista cultural el enterramiento de Aldeagordillo estaría enmarcado, pues, en el momento inmediatamente anterior a esa ruptura.

El yacimiento de **El Tomillar** pertenece al término municipal de Bercial de Zapardiel, en el norte de la provincia de Ávila, muy próximo al límite con la de Valladolid. El ambiente general presenta algunas diferencias con respecto a Aldeagordillo; así mientras que aquél estaba situado en el reborde de un valle perfectamente caracterizado y definido como una unidad geográfica, El Tomillar, en cambio, se encuentra en una zona sedimentaria con relieve horizontal, integrada morfológicamente en lo que se conoce como Valle del Duero.

El yacimiento en sí está situado sobre una loma poco elevada al borde del río Zapardiel, dando vista a éste y dominando plenamente su vega y las tierras inmediatas. El yacimiento ha sufrido un gran deterioro a causa de las tareas agrícolas; actualmente pueden apreciarse grandes manchas oscuras en el suelo cultivado, que por su forma y dimensiones deben corresponder a cabañas; en torno a ellas aparecen, cada vez que se ara de nuevo la tierra, pequeñas estructuras de tipo fosa que suelen contener cenizas, fragmentos cerámicos, fauna, etc., similares a las ya bien conocidas a través de la bibliografía. Excepcionalmente, una de estas fosas (Figura 2) contenía un enterramiento colectivo integrado por un número mínimo de once individuos (Etxeberria 1995). De todos ellos, cuatro aparecieron mejor conservados que los demás, probablemente porque fueron las últimas deposiciones en la fosa. Las fechas aportadas por el C-14 les situaron entre el 1830 ± 100 a.C. y el 1880 ± 95 a.C. Todos los detalles arqueológicos de este enterramiento han sido publicados recientemente (Fabián 1995).

Los análisis paleonutricionales se han llevado a cabo sobre los cuatro individuos mejor conservados respetando el orden de denominación que aparece en la memoria arqueológica del yacimiento, así lo que en la memoria aparece como Individuo 1 en este trabajo aparecerá como TOM1 y de igual forma el resto de casos.

La valoración general que puede hacerse del yacimiento de El Tomillar es que se trata de un pequeño asentamiento, quizá constituido por un grupo de seis o siete cabañas (el número de grandes manchas oscuras conocidas en la zona) que vivían de la explotación de la zona inmediata. El enterramiento colectivo que se halló sería, pues, el correspondiente a ese reducido grupo humano que permaneció probablemente allí asentado durante no mucho tiempo. Desconocemos si existen más enterramientos y si de hacerlo manifiestarían mayor riqueza y complejidad.

1.2. Dieta: antecedentes técnicos

Los primeros análisis relacionados con la concentración de elementos traza en la biosfera se realizaron tras las pruebas nucleares de los años cincuenta. Dichos estudios detectaron un incremento de los niveles de estroncio 90 (Sr^{90}) en la estratosfera, el cual terminaba depositándose en el suelo como consecuencia de las precipitaciones atmosféricas en forma de agua o nieve. Una vez allí, su integración en

	Fuente alimenticia	Comportamiento	Observaciones
Ba	Frutos secos, bayas, cereales, tubérculos, legumbres, carne	Herbívoro	Algo diagenético
Cu	Crustáceos, moluscos, vísceras, carne, frutos secos, miel	Carnívoro	Similar al Bario
Mg	Frutos secos, vegetales verdes, cereales, legumbres, carne	Herbívoro	Altos niveles se asocian con dietas ricas en cereales
Sr	Ecosistemas marinos, dieta vegetal en general	Herbívoro	Muy utilizado en paleodieta
V	Tubérculos, legumbres, cereales, frutos secos, leche	Herbívoro	Poco conocido aún a nivel de paleodieta
Zn	Crustáceos, moluscos, carne, cereales	Carnívoro	Diagenéticamente estable. Muy utilizado en paleodieta

Tabla 1.- Fuente alimenticia y comportamiento biológico esperado de seis elementos químicos.

la cadena biológica se produce a través de los organismos vegetales y su concentración disminuye según se asciende en la pirámide trófica como consecuencia de la discriminación del tubo digestivo de los animales, que a cualquier dosis adquiere grandes cantidades del calcio (Ca), elemento esencial para el metabolismo, y sólo absorbe una pequeña cantidad del estroncio (Sr) presente en la dieta, para posteriormente depositarlo mayoritariamente en el hueso. De ese modo, los animales herbívoros presentarán una concentración de Sr menor que las plantas, pero mayor que los animales carnívoros, los cuales consumen generalmente los músculos y no los huesos. Finalmente, un animal omnívoro, incluso el hombre, presentará niveles intermedios entre los detectados en herbívoros y carnívoros; con un valor más similar a unos u otros en función del componente vegetal de su dieta.

A partir de esta información técnica, era relativamente sencillo que algunos investigadores aplicaran sus conocimientos para estimar modelos de reconstrucción paleoambiental en el campo de la Arqueología y por extensión, en el establecimiento de la paleodieta en el caso de la Antropología Biológica (Hatch *et al.* 1985; Oster 1988; Zumkley y Spieker 1988; Runia 1988; Francalacci 1989; Katzenberg 1992; Sandford 1992). En realidad, tal es el número de análisis realizados hoy día en base a estas ideas que, sin duda, el elemento más utilizado para estimar la dieta de las poblaciones humanas ha sido el estroncio, aunque posteriormente, y desde finales de los años ochenta, se han integrado muchos otros elementos químicos. Algunos de ellos aparecen referenciados en la Tabla 1, donde se muestra un resumen de las fuentes alimenticias y el comportamiento trófico de la mayoría de los elementos analizados en este trabajo.

Bario (Ba), magnesio (Mg), estroncio (Sr) y vanadio (V) se han considerado siempre como indicadores de ingesta de vegetales. El Ba es un elemento frecuente en todos los alimentos de naturaleza vegetal. Su mayor radio atómico respecto del Ca hace que la absorción del tubo digestivo sea menor, de forma que se detectan diferencias entre cada nivel trófico, y resulta un interesante marcador (Ezzo *et al.* 1995). El Mg tiene una distribución muy amplia; es abundante en legumbres, cereales y frutos secos. El Sr, ya se señalaba anteriormente, se ha utilizado sistemáticamente como indicador de dieta vegetariana, aunque estudios recientes asocian elevadas concentraciones de este elemento a los alimentos de origen marino. De forma que un aporte de dieta marina, crustáceos y moluscos especialmente, se vería reflejado en los niveles de Sr. El V ofrece indicación sobre el consumo de leche, legumbres, frutos secos y bayas, mientras que el cobre (Cu) y zinc (Zn) se utilizan como marcadores de dieta carnívora, incluya o no proteínas de origen marino.

Desde la pasada década, la Antropología Biológica española dedica su atención no sólo a estimar las características físicas de los restos óseos recuperados en el registro arqueológico, sino que pretende evaluar la relación del individuo con el medio que ocupa, estimando su forma de adaptación al ambiente, atendiendo tanto al estado de salud (marcadores paleopatológicos), como al tipo de actividad económica que desarrolla (paleodieta), o a su constitución genética (ADN antiguo) (Francalacci 1995). El aporte científico que las recientes técnicas de análisis ofrecen es inmenso y los investigadores han aceptado que, al margen del coste económico, la interpretación arqueológica actual sólo puede completarse si se integra la información que ofrecen estas nuevas disciplinas. Por ello, el objetivo del presente trabajo es determinar la concentración de elementos traza de los restos óseos de dos yacimientos abulenses (Aldeagordillo y El Tomillar) con el fin de establecer el tipo de dieta de ambas poblaciones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre nueve muestras, ocho biológicas (restos óseos) y una de suelo, correspondientes a dos yacimientos, Aldeagordillo y El Tomillar, pertenecientes, respectivamente, a los términos municipales de Ávila y Bercial de Zapardiel (Ávila) (Fabián 1995).

Se analizó el contenido de materia orgánica del terreno mediante una modificación del método de Sauerlandt a través de la oxidación del suelo por vía húmeda con dicromato potásico y ácido sulfúrico (Guitian *et al.* 1976).

La determinación de dieta se realizó mediante el análisis de nueve elementos, dos de ellos mayoritarios, calcio (Ca) y fósforo (P) y los siete restantes traza (Mg, Zn, Fe, V, Cu, Sr y Ba). El estudio se efectuó atendiendo a la concentración de elementos químicos mediante espectrometría de emisión de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES). Para ello se obtuvo una muestra, inferior a 1 gramo del tejido óseo. La extracción se produjo en condiciones asépticas, tras la eliminación mecánica abrasiva de una capa superficial de unos 2 mm de espesor mediante broca de carburo. Se suprimía de ese modo la presencia de agentes contaminantes adheridos al hueso como restos de tierra, vegetación, etc. La muestra de análisis fue pesada y posteriormente sometida a desecación a 105°C hasta peso constante durante 24 horas. A continuación se calcinó en horno de mufla mediante una rampa de temperaturas desde 100°C a 600°C durante 10 horas. Se eliminaban así los posibles restos de materia orgánica en su práctica totalidad. Las muestras fueron digeridas en ácido nítrico y filtradas para eliminar los restos de sílice. Posteriormente, y hasta el momento de la lectura de resultados, se procedió a diluirlas en agua desionizada tridestilada.

La valoración analítica se realizó mediante el protocolo estandarizado por nuestro equipo de investigación (Martín 1993; González-Abad 1996) en el Servicio de Espectrometría de Plasma de la UCM, gracias a un equipo modelo JY-70 Plus. La concentración de Zn, Fe, Cu, Sr, Ba y V se indica en microgramos/gramo (partes por millón - ppm) de ceniza y las de Ca, P y Mg en porcentaje. Se utilizó por duplicado el material de referencia NIST 400 como patrón de hueso interno y el SO2 como patrón de muestras de suelo. En el caso del V hemos realizado un estudio de interferencias completo en las líneas de máxima sensibilidad del elemento. Las líneas analíticas utilizadas aparecen en la Tabla 2.

Cada una de las muestras fue analizada en tres ocasiones y se consideró como valor observado el promedio de las tres estimaciones. La evaluación estadística se efectuó mediante un análisis de componentes principales (ACP) a través del programa SPSS Pc+ 4.40.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estudio de la diagénesis

Los cambios diagenéticos hacen que los niveles de elementos químicos del material óseo enterrado difieran de los detectados en el hueso vivo (Kyle 1986; Price 1989; Sillen 1989). En realidad, la contaminación postdeposicional se produce porque algunos iones se incorporan a la red cristalina de la hidroxiapatita, principal componente del hueso, reemplazando a los iones de calcio y fosfato. La temperatura, composición, pH, solubilidad del suelo, etc. pueden ser algunos de los factores responsables de los cambios detectados. Por esa razón, en los últimos años una gran cantidad de muestras arqueológicas son sometidas a estudios que pretenden evaluar el grado de integridad biológica para estimar la fiabilidad de los métodos analíticos de determinación de dieta.

Metodológicamente se ha planteado en los estudios de paleodieta la necesidad de minimizar el efecto que los cambios postdeposicionales producen en las muestras biológicas. Para ello se han seguido esencialmente dos procedimientos, la limpieza mecánica y la química.

La abrasión mecánica pretende eliminar de la superficie del tejido óseo una pequeña capa superficial de la cortical. Se excluiría así, no sólo la parte de suelo mineral adherida físicamente al hueso, sino la contaminación que hubiese penetrado ligeramente en el tejido. Estudios preliminares (Lambert *et al.* 1983, 1984 y 1989), han analizado el mecanismo de contaminación en la superficie del hueso demostran-

	Ca	P	Mg	Fe	Zn	Sr	Cu	V
Líneas	317.923	213.618	279.553	238.204	213.856	407.771	324.754	292.402
Patrón Experim.	37.10%	17.40%	0.630%	635	140	235	2,3	—
NIST400	38.18%	17.91%	0.684%	660	181	249	2,3	—

Tabla 2.- Líneas analíticas (nm de longitud de onda) utilizadas en el ICP-AES y valores del patrón internacional.

do que el efecto diagenético interesa esencialmente a los primeros 400 µm de espesor y afecta a determinados elementos químicos de forma diferencial, especialmente al potasio (K), hierro (Fe), Cu, aluminio (Al) y manganeso (Mn), muy abundantes en muestras de tierra, pero con concentraciones bajas (< 200 ppm) en hueso fresco. Por el contrario, parece existir una relativa estabilidad de ciertos elementos, por ejemplo, Sr, Mg y Zn son básicamente estables (Pate *et al.* 1985; Lambert *et al.* 1985; Buikstra 1989). En 1992, Price *et al.* indicaron que la abrasión mecánica resulta un paso esencial en el estudio químico del hueso. Sin embargo, debe señalarse que el resto óseo puede estar sometido a intercambio iónico a mayor profundidad de la capa superficial y el tratamiento mecánico pudiera no ser suficiente siempre para solventar el problema analítico.

La limpieza química se viene realizando mediante dos procedimientos distintos, ataque con ácidos (ácido acético diluido) (Krueger y Sullivan 1984) o con agentes reductores (hidroclorato de hidroxialamina) (Price *et al.* 1992). El primero persigue una reducción de la contaminación por carbonato cálcico (calcita). El segundo pretende eliminar la presencia de óxidos, principalmente de Fe, Al o Mn, al ser los constituyentes más comunes en los óxidos portadores de Ba. El tratamiento químico tiene numerosos inconvenientes, de los que se puede destacar aquí la pérdida de material no diagenético a medida que se efectúan lavados de la muestra (Lambert *et al.* 1990), suceso que afecta de forma diferencial a ciertos elementos químicos y no a otros, e incluso que, en ocasiones, resulte técnicamente insuficiente para eliminar el carbonato del hueso (Baraybar y De la Rua 1995). Sea cual sea el procedimiento elegido, todos pretenden reducir al máximo los efectos de la diagénesis y en cualquier caso determinar su existencia.

Hoy se dispone de un conjunto muy numeroso de medidas del efecto de la diagénesis; así pueden analizarse: distintos huesos del esqueleto, restos humanos y de fauna, concentración de elementos químicos en el suelo y en el hueso, pH, correlación multielemental, índice Ca/P, patrones de difracción de Rayos-X, isótopos del Sr, etc. La utilización de uno o varios de estos métodos permite entender los posibles cambios en la composición mineral del hueso y estimar la dieta del pasado.

Algunos investigadores, demostrada la existencia de diferencias en la concentración de elementos traza entre el hueso compacto y el hueso esponjoso (Sillen y Kavanagh 1982; Beck 1985), han sugerido utilizar sólo el primero para permitir el análisis comparativo de distintos estudios (Grupe 1988; Trancho *et al.* 1995). Las diferentes velocidades de remodelación ósea, que varían entre el 10% anual para las costillas y el 2.2% para el fémur (Buikstra *et al.* 1989), recomiendan, siempre que la muestra lo permita, utilizar el mismo tipo de hueso. Por estas razones, la presente investigación se realizó a partir del tejido compacto de la diáfisis tibial, que presenta una remodelación en torno al 2.6% anual en las muestras humanas.

En nuestro caso, el posible efecto diagenético se ha evaluado y/o corregido mediante tres procedimientos: estimando la concentración de materia orgánica del suelo; determinando la concentración de elementos químicos en hueso y suelo; y a través del índice Ca/P. También se ha determinado la relación Sr/Ca respecto de un herbívoro.

3.1.1. Análisis químico de la muestra de suelo

3.1.1.1. Contenido en materia orgánica

El estudio del suelo del yacimiento de El Tomillar se ha realizado a partir del análisis de tierra asociado al resto de escápula del individuo 3 (TOM3). Su color es gris ligeramente oscuro. Nuestro análisis estaba dirigido a evaluar el posible efecto diagenético que podría haberse producido en los restos enterrados. Nos planteamos la posibilidad de una dilución del contenido del material orgánico y elemental como consecuencia de factores diagenéticos asociada a filtraciones de agua y/o precipitaciones. También pudiera haberse dado el efecto contrario, de modo que las muestras óseas hubiesen incorporado una mayor concentración de elementos químicos disueltos en el suelo. Nuestros protocolos de trabajo evalúan los cambios en la concentración de materia orgánica y elementos traza a partir de muestras de tierra tomadas a diferentes distancias: 0, 15 y 25 cm del resto orgáni-

El Tomillar	Ca	P	Mg	Zn	Fe	V	Cu	Sr	Ba
Suelo	0.604	0.132	0.441	4.8	1.466	3.14	1.45	5.44	43.50
P. Experimental	1.92	0.314	0.432	14.1	5.337	5.90	9.00	30.0	83.3
Patrón Teórico	1.96	0.300	0.540	12.4	5.560	6.40	7.00	34.0	96.6

Tabla 3.- Resultado analítico de la muestra de suelo analizada en El Tomillar y de los patrones internacionales SO2 de tierra. Los valores de Ca, P y Mg son en porcentaje. El resto de elementos en ppm.

co. Sin embargo, en el caso que nos ocupa, este tipo de análisis se vió reducido al estudio de la muestra asociada al resto óseo al ser la única disponible.

La muestra de tierra presentaba un contenido medio en carbono del 0.81% ± 0.04; mientras que el promedio de materia orgánica era de 1.4 % ± 0.07. Este valor permite clasificar el suelo como muy pobre, según la ordenación de Guitian *et al.* (1976), considerándose un tipo de suelo mineral, lo que nos hace pensar en un difícil efecto diagenético por pérdida de materia orgánica desde el hueso al suelo, al menos para el individuo TOM3.

3.1.1.2. Contenido elemental

La Tabla 3 muestra el resultado analítico de la muestra de suelo del yacimiento de El Tomillar. La diagénesis en la serie de Aldeagordillo no puede ser evaluada por este procedimiento ya que no existe muestra de tierra para este yacimiento. La valoración obtenida en el patrón internacional de referencia SO2 demuestra la fiabilidad y precisión de la determinación analítica ya que no difiere de los valores teóricos de manera substancial.

La concentración de los elementos químicos analizados en la muestra del terreno es inferior a la detectada en los restos óseos excepto para dos de ellos, Fe y Mg. Si aceptamos que la tierra analizada es representativa del conjunto del yacimiento de El Tomillar, tan sólo podría producirse diagénesis importante del suelo al hueso para los dos elementos reseñados arriba. La contaminación por Fe, señalada por muchos autores (ver revisión en Ezzo 1994a), es muy común en todos los yacimientos ya que suele ser uno de los elementos mayoritarios en las muestras de suelos.

El Mg se ha considerado, en los últimos años, como un elemento sospechoso de diagénesis, no porque se incorpore a la estructura cristalina de la hidroxiapatita, sino por ser retenido en la superficie del cristal (Buikstra *et al.* 1989). Además, en algún caso se ha puesto en cuestión su utilidad como indicador de paleodieta (Klepinger 1990) al no mostrar diferencias entre series con una alimentación suplementada en Mg. El Mg forma parte de la molécula de clorofila y por tanto está presente en todos los vegetales verdes. Sin embargo, se piensa en la existencia de un control metabólico de su concentración en el hueso, ya que se trata de un elemento imprescindible en todas las reacciones de oxidación donde intervenga el ATP y en la replicación del DNA. Determinaciones con niveles bajos sugieren un medio de enterramiento ácido (Lambert *et al.* 1990), pero en el caso que nos ocupa, los valores de El Tomillar son, en promedio, extremadamente altos. Estos datos nos permiten pensar que los valores de Mg de las muestras biológicas de este yacimiento, o de alguna de ellas, pueden estar incrementados por efecto de la contaminación del terreno.

El resto de elementos presentan una concentración muy superior en el tejido óseo. Podría pensarse en un efecto diagenético desde el hueso al suelo, pero las diferencias en las concentraciones son tan evidentes que, caso de haberse producido, sería de pequeña intensidad y no influiría de forma significativa en la interpretación de los resultados. Señalar, sin embargo, que para estar seguros de esta apreciación, hubiese sido necesario el análisis del terreno asociado a cada una de las muestras biológicas.

3.1.2. Análisis químico del material óseo

3.1.2.1. Contenido en materia orgánica

La matriz orgánica del hueso humano fresco representa aproximadamente un 30-35% del peso óseo seco. Un método indirecto de evaluar dicha concentración en las muestras óseas estudiadas consistió en

Muestra	Peso Seco (g)	Peso Calcinado (g)	M. orgánica (g)	M. orgánica (%)
ALD1	0.2320	0.2030	0.0290	12.500
ALD2	0.5551	0.4750	0.0801	14.430
ALD3	0.4740	0.3985	0.0755	15.928
TOM1	0.5185	0.4906	0.0279	5.381
TOM2	0.7341	0.6465	0.0876	11.933
TOM3	0.7336	0.6412	0.0924	12.595
TOM4	0.7904	0.6963	0.0941	11.905
Fauna	0.3204	0.2510	0.0694	21.660
Suelo	—	—	—	1.400

Tabla 4.- Peso seco, peso calcinado y materia orgánica de las muestras analizadas.

cuantificar el peso calcinado tras someterlas a 600ºC. La diferencia con el peso seco permitiría conocer la parte orgánica liberada durante la calcinación y por tanto realizar una estimación de la concentración de materia orgánica presente en el hueso.

La Tabla 4 indica el peso seco, peso calcinado y la concentración de materia orgánica tanto de los restos biológicos como de la muestra del suelo.

Es obvio que nos encontramos con restos óseos antiguos, con color pardo muy claro, cuyo contenido en materia orgánica es inferior al del hueso fresco. Sin embargo, debemos considerar que los bajos valores obtenidos son, en realidad, una subestima del contenido real. La razón es que la calcinación, por razones metodológicas, se ha realizado a 600ºC (temperatura necesaria para el análisis de elementos traza) y sólo cuando se superan los 800ºC (Ubelaker 1989) podemos estar seguros de que hemos extraído toda la materia orgánica en el hueso.

Nuestros resultados sugieren, siempre que supongamos que la muestra de suelo es representativa del conjunto del yacimiento de El Tomillar, que no se han producido, en general, efectos diagenéticos importantes a nivel de liberación de materia orgánica hacia el terreno, ya que la concentración observada es muy superior en las muestras biológicas. Sin embargo, el individuo TOM1 tiene un valor muy bajo y esto podría interpretarse como una muestra sospechosa de contaminación. La contaminación desde el suelo hacia el hueso puede desecharse dada la baja concentración detectada en la muestra analizada.

La analítica de Aldeagordillo parece demostrar una situación similar, al menos, coherente con los valores de El Tomillar, aunque para dicho yacimiento no contamos con una muestra de terreno y es metodológicamente difícil precisar conclusiones.

3.1.2.2. Contenido en Calcio y Fósforo: Indice Ca/P

El valor Ca/P fue calculado para obtener información sobre el estado de conservación de la matriz de apatita del hueso (Tabla 5). El valor teórico es de 2.16 aproximadamente, pero puede comprobarse que las determinaciones efectuadas muestran un índice diferente si comparamos las muestras de Aldeagordillo y de El Tomillar.

Los valores de Aldeagordillo están dentro de los intervalos de variación propios del material arqueológico y puede estimarse que no ha sufrido un efecto diagenético importante.Sólo la muestra ALD1 manifiesta un índice algo bajo. No ocurre así con las muestras de El Tomillar. Se aprecia un aumento del índice que puede ser interpretado como un fenómeno asociado a diagénesis.

En realidad, la hidroxiapatita se mantiene casi invulnerable a la penetración en su red cristalina de elementos químicos externos mientras se conserva el colágeno, pero la tasa de degradación del colágeno depende de factores postdeposicionales como el pH, temperatura, humedad, etc. La forma en la que se descompone la fase orgánica afecta a la diagénesis de la fase inorgánica. Sabemos que los hongos y algunos microorganismos atacan al colágeno al excretar ácidos orgánicos que causan la disolución de la apatita y la destrucción de la estructura histológica. En ambientes secos la acción de los microorganismos es menos pronunciada y la microestructura puede preservarse más tiempo, en ocasiones miles de años, incrementándose, incluso, la cristalinidad de la hidroxiapatita. En ambientes húmedos, la acción destructiva puede acelerarse.

El incremento del índice puede deberse a un aumento de la concentración del Ca o a una disminución de la del P. El aumento del contenido en Ca podría explicarse si en el terreno se detectase calcita ($C0_3Ca$), aunque los valores absolutos detectados, como veremos posteriormente, siendo inferiores, no difieren significativamente del 37% teórico de la ceniza de hueso reciente. Estos niveles indican que la matriz ósea no se ha destruido seriamente, aunque es difícil que se produzca una pérdida mayor al 3-5%. Más bajos del teórico 17%, son los valores observados para el P. Según Lowenstam *et al.* (1989) la disminución podría explicarse por el reemplazamiento de los fosfatos del hueso por carbonatos o iones flúor del suelo. En realidad, el hueso ha perdido Ca y P, pero especialmente éste último, más que ganar Ca y esto ha provocado un aumento del índice Ca/P. Este resultado nos hace sospechar la pérdida de integridad de la hidroxiapatita, plantear la posible incorporación de elementos químicos presentes en el suelo, y, por tanto, la existencia de un efecto diagenético importante en la serie de El Tomillar y de forma especial en las muestras TOM1 y TOM3, aunque también afectaría a TOM4. Hoy se aceptan como normales indices de 2.2, si bien el límite actual para considerar

	ALD1	ALD2	ALD3	TOM1	TOM2	TOM3	TOM4	Fauna
Ca/P	2.07	2.17	2.21	3.06	2.39	2.99	2.58	2.43

Tabla 5.- Relación calcio-fósforo (Ca/P) de las muestras analizadas.

	ALDEAGORDILLO			EL TOMILLAR		
	Media ± d.s.	Mínimo	Máximo	Media ± d.s.	Mínimo	Máximo
Ca	33.22 ± 2.45	30.40	34.90	33.72 ± 2.12	30.64	35.21
P	15.41 ± 0.65	14.66	15.79	12.32 ± 1.14	11.12	13.66
Mg	0.09 ± 0.01	0.08	0.10	0.18 ± 0.08	0.09	0.27
Zn	230.28 ± 133.01	139.84	383.00	76.98 ± 14.99	57.32	93.50
Fe	1100.47 ± 1234.6	322.40	2524.00	2650.50 ± 2309.5	148.00	4808.00
V	30.83 ± 10.99	18.50	39.60	24.22 ± 3.83	21.00	29.40
Cu	17.73 ± 5.61	14.20	24.20	12.05 ± 3.48	8.32	16.70
Sr	454.07 ± 120.69	317.00	544.40	674.90 ± 126.43	533.00	835.80
Ba	374.07 ± 18.11	355.60	391.80	690.80 ± 203.15	426.00	874.20

Tabla 6.- Contenido medio de oligoelementos en las muestras de Aldeagordillo (n = 3) y El Tomillar (n = 4). La concentración de Ca, P y Mg en %, el resto en ppm.

obvia la diagénesis se establece en torno a 2.5 (Buikstra *et al.* 1989), proporción que superan ampliamente las muestras reseñadas.

La conclusión del estudio de diagénesis es evidente. Las muestras de Aldeagordillo parecen demostrar un estado de integridad mayor que las de El Tomillar, al menos para el índice Ca/P. Al no disponer del análisis de suelo de dicho yacimiento, no puede evaluarse el posible efecto diagenético respecto de la incorporación de algún elemento químico, pero la aparente integridad demostrada por el índice sugiere que el estudio del contenido de elementos traza puede realizarse sin ninguna corrección. Los restos óseos de El Tomillar han sufrido, en general, un efecto diagenético importante. El incremento de la relación Ca/P y la importante pérdida de P detectada sugiere la alteración de la hidroxiapatita. La concentración de elementos químicos obtenida para el terreno de esta serie, indica que la determinación de Fe y Mg de las muestras óseas debe evaluarse con serias precauciones. Muy probablemente existe una contaminación por ambos elementos, lo que los hace inapropiados para el estudio de paleodieta, al menos en esta ocasión, y sólo son útiles para analizar el grado de diagénesis. El resto de elementos sólo podrían haber pasado del hueso al suelo, aunque la proporcionalidad de las concentraciones obtenidas, aceptando la única muestra de tierra como patrón general, parecen demostrar la poca influencia de dicho factor. Es decir, la posible disolución de estos elementos desde el tejido óseo al terreno no invalida el análisis de elementos traza y su utilidad para determinar el patrón alimenticio de El Tomillar.

3.2. Análisis de dieta: contenido en elementos traza

Sin duda, establecer la forma de vida de las poblaciones del pasado y en especial conocer su tipo de dieta, permite entender algunos de sus patrones de comportamiento, estimando sus modelos de adquisición de alimentos o su estado de salud, en otras palabras, su grado de adaptación al medio. Por ello, en los últimos 30 años, se han desarrollado procedimientos directos para estimar el tipo de alimentación basados en el material arqueológico que representan los huesos y/o las piezas dentarias. Procedimientos como el análisis de elementos traza, estudios de isótopos estables como el C^{13} o el N^{15}, técnicas microscópicas como el patrón de estriación dentaria o la existencia de fitolitos, son hoy en día, métodos de diagnóstico esenciales para la reconstrucción e interpretación de los yacimientos arqueológicos (Price y Kavanagh 1982; Price *et al.* 1985; Schoeninger 1989).

El tejido óseo es una estructura viva y como tal se remineraliza a lo largo de la vida del individuo. Se estima que un ser humano adulto remodela completamente su esqueleto cada 7-10 años. Esto significa que el estudio de elementos traza nos da información sobre el tipo medio de dieta que una persona tuvo durante sus últimos 7-10 años de vida. Aún siendo una información probablemente de extraordinario interés, metodológicamente no se ha alcanzado el máximo rendimiento. Este tipo de estudios, aplicados de forma exhaustiva, permitirían conocer la existencia de variaciones estacionales en la dieta (White 1993), cambios seculares (White y Schwarcz 1994) o defi-

ciencias en la adquisición de nutrientes. Se podría analizar la variación con la edad, al menos hasta alcanzar el estado adulto, si se evaluasen como muestras las piezas dentarias, ya que éstas se forman a distintos intervalos, permitiendo entender los cambios en la dieta durante el crecimiento. Probablemente el ser una técnica destructiva ha impedido hasta ahora enfrentarse con estas posibilidades.

3.2.1. Estudio unifactorial poblacional por elementos traza

Nuestro análisis se ha reducido a la evaluación multielemental de nueve iones. La concentración media de los mismos aparece en la Tabla 6.

Calcio y Fósforo. Son elementos mayoritarios y no resultan útiles para estudiar la dieta. Los valores medios observados son inferiores a los esperados (37% para Ca y 17% para P). El análisis diagenético ya había demostrado que el índice Ca/P no se ajustaba, especialmente en El Tomillar, al valor teórico de 2.16. En realidad, el porcentaje de pérdida de Ca en Aldeagordillo varía entre el 6% y el 18%; mientras que El Tomillar presenta una disminución de similares características, entre el 5% y el 17%. Sin embargo, la diagénesis para el P es mucho más acusada en la última serie, variando del 20% al 35%; siendo en Aldeagordillo del 7% al 14%. Estos datos sugieren no sólo la existencia de una diagénesis más acusada en las muestras de El Tomillar, sino la necesidad de considerar una corrección al estimar los indices respecto del Ca en el estudio Sr/Ca, Zn/Ca, Ba/Ca y Mg/Ca.

Magnesio. Los niveles medios más altos aparecen en la muestra de El Tomillar, lo que plantea la posibilidad de un mayor consumo de frutos secos, vegetales verdes, cereales y legumbres respecto de Aldeagordillo. Un dato de gran interés, y que apoya esta hipótesis, es la presencia de un fragmento de cáscara de avellana (*Corylus avellana*) mineralizado en el relleno de la fosa 5 de El Tomillar, aunque en la actualidad no existe el avellano en un amplio entorno del yacimiento (Fabián 1995). Sin embargo, debe recordarse el posible efecto diagenético del suelo, ya que la concentración de Mg en éste es mucho mayor que en los restos óseos. El no contar con otras muestras de tierra limita, desgraciadamente, la interpretación de este marcador.

Zinc y Cobre. Los valores de Zn de Aldeagordillo son, en promedio, muy superiores a los detectados en El Tomillar. Resultado similar ofrecen los valores para el Cu. Esto nos lleva a plantear la posibilidad de una dieta más rica en proteínas de origen animal en la primera de las series. La mayoría de los autores que trabajan en este campo (ver Ezzo 1994a) aceptan la utilidad del Zn como indicador de paleodieta, sin embargo, este investigador ha planteado (Ezzo 1994b) que pudiera no ser un elemento válido para determinar la alimentación carnívora ya que no se conoce, hasta la fecha, un modelo fisiológico que explique su uso. Además, expone datos experimentales (mayor concentración en lagomorfos que en carnívoros en una muestra de Arizona) que rechazarían evidentemente la hipótesis de su empleo (Ezzo 1992). Datos recientes de nuestro equipo de trabajo (González-Abad 1996) parecen apoyar la idea de Ezzo, ya que la concentración de Zn en el hueso puede verse alterada por situaciones de estrés fisiológico no relacionadas con la alimentación. A pesar de lo anterior, llama poderosamente la atención que los valores promedios de Cu se ajusten a un mayor consumo cárnico en la serie de Aldeagordillo. Sin duda, en los próximos años se hará necesario dilucidar la utilidad del Zn como elemento paleodietético, aunque en la actualidad su uso como marcador cárnico sigue plenamente vigente.

Hierro. Poco puede decirse respecto a este elemento dada la abundancia relativa del mismo en la muestra de terreno analizada. La variabilidad detectada apoya la idea de que debe tratarse como un elemento afectado por la diagénesis. Nada puede afirmarse respecto de Aldeagordillo al no contar con muestra de suelo.

Vanadio. Aldeagordillo presenta un valor medio ligeramente superior al de El Tomillar, pero su desviación señala la existencia de claras diferencias entre las muestras. Este dato es de sumo interés y deberá considerarse en análisis posteriores de esta misma investigación. Niveles altos de V sugieren una dieta rica en tubérculos, legumbres, cereales y leche.

Estroncio y Bario. Ambos elementos son más abundantes en los restos de El Tomillar. El Sr se ha utilizado tradicionalmente como indicador de dieta vegetal y en los últimos años (Burton y Price 1990) se ha demostrado la utilidad del Ba, no sólo para determinar el nivel dentro de la pirámide trófica, sino para estimar el consumo de recursos terrestres (log (Ba/Sr) > -1) o marinos (log (Ba/Sr) < -1). Es obvio, en el caso que nos ocupa, que los niveles altos de Ba no están relacionados con alimentos de origen marino, por lo que sólo pueden explicarse si los asociamos a una dieta terrestre rica en vegetales, frutos secos, bayas, cereales, tubérculos y legumbres.

Más sencillo resulta evaluar la representación gráfica individual (Figuras 3 a 9) de las muestras estudiadas. Por supuesto, su interpretación puede estar condicionada por el grado de diagénesis detectada en El Tomillar; sin embargo, existe una fuerte correspondencia entre unos elementos y otros, lo que

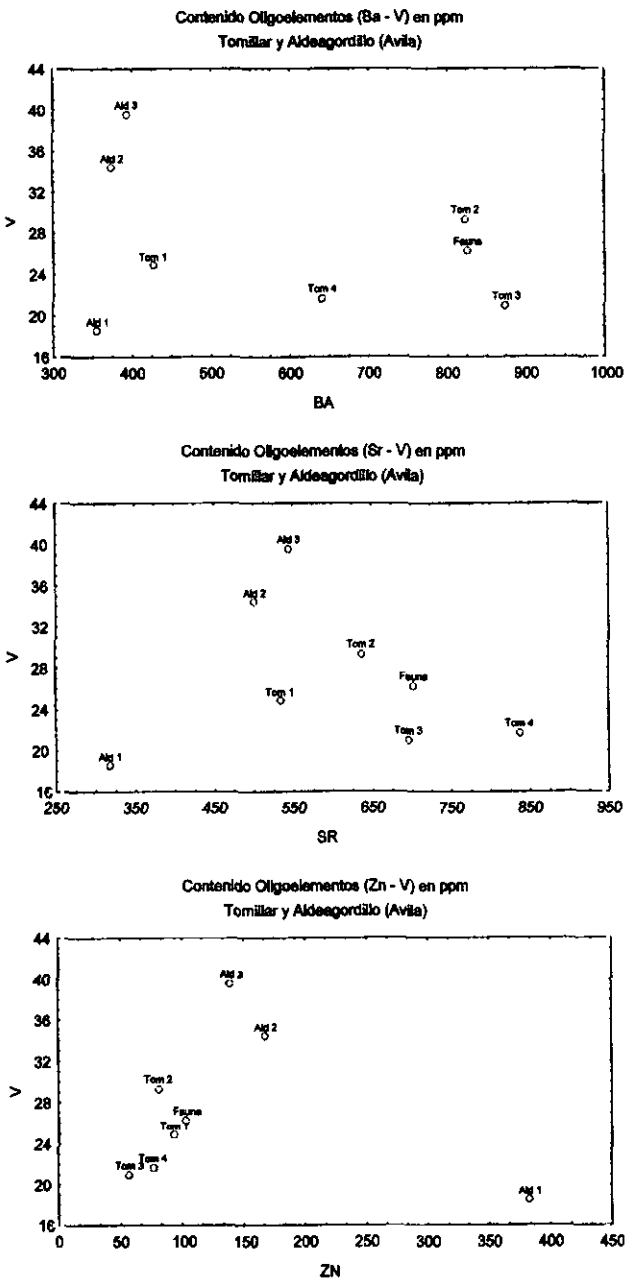

Fig. 3.- Contenido en V, Ba, Sr y Zn.

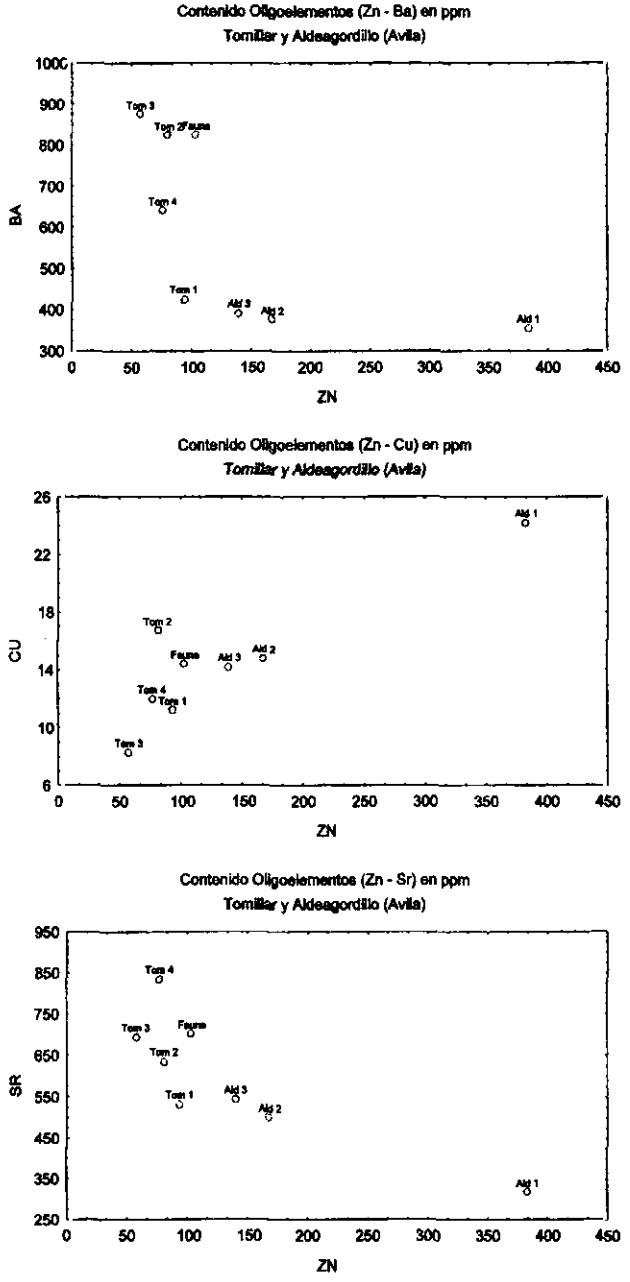

Fig. 4.- Contenido en Zn, Ba, Cu, Sr.

sugiere la robustez del análisis, a pesar de la situación relativa de la muestra de fauna que sólo debe servirnos como referencia.

La Figura 3 muestra la concentración de V respecto de las de Ba, Sr y Zn. Es evidente el mayor contenido de Ba en las muestras de El Tomillar respecto a Aldeagordillo. Esto podría indicar, bien un mayor consumo de vegetales, frutos secos, bayas, legumbres, cereales, tubérculos, etc. en la primera serie; bien una mayor concentración de Ba y elementos afines en el entorno de dicho yacimiento. TOM1 es el individuo con una dieta aparentemente menos vegetariana dentro de su serie. Los niveles altos de V se han relacionado con un consumo de productos similares a los indicados y con la ingestión de leche. No existen diferencias importantes entre los resultados analíticos de El Tomillar. Eso nos lleva a analizar la posición de ALD3 y ALD2, las muestras con una concentración de V más alta, cuya posición difiere substancialmente de ALD1. En nuestra opinión, el contenido de V podría estar reflejando en esta serie variabilidad asociada a la edad. Sabemos que ALD1 es un adulto, mientras que ALD2 y ALD3 son individuos infantiles (Caro *et al.* 1993), y su dieta podría relacio-

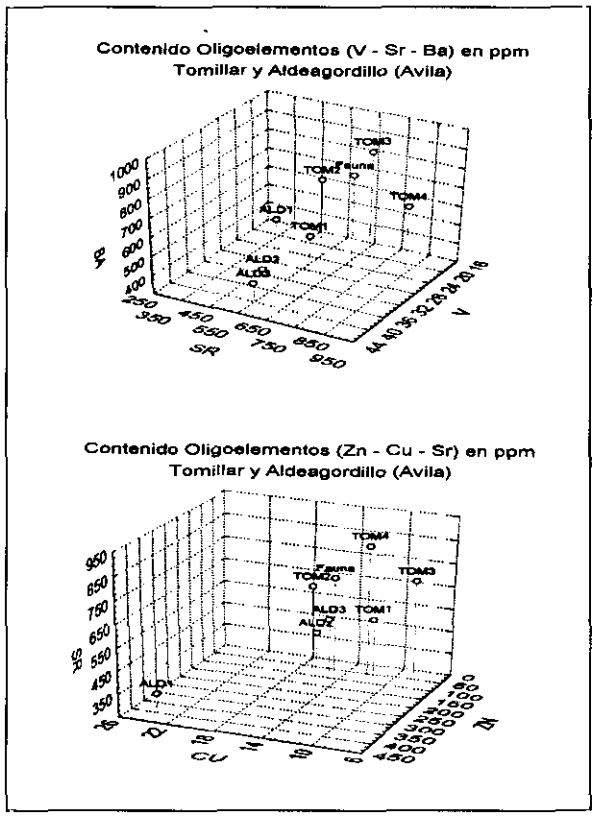

Fig. 5.- Contenido en elementos traza V, Sr, Ba y Zn, Cu, Sr.

narse con una ingesta mayor de leche y productos vegetarianos, como sin duda ocurre en los primeros años de vida en nuestra especie. De ese modo, dos de los individuos de Aldeagordillo, presentando un bajo nivel de Ba, tienen un alto nivel de V.

La representación Sr-V (Figura 3) guarda un paralelismo total con la anterior, señalando un resultado homogéneo entre Sr y Ba. La analítica de El Tomillar demuestra un aparente mayor consumo de productos vegetales en esta serie y nuevamente TOM1 es el individuo con menores valores del elemento asociado a dieta vegetal.

Respecto del Zn, ALD1 representa el individuo con una ingesta más elevada de proteínas animales. Tanto sus bajos niveles de V, como los altos de Zn, apoyan esta idea. ALD2 y ALD3 ocupan una posición intermedia, mostrando una dieta más rica en carne que los individuos de El Tomillar, siendo éstos relativamente homogéneos respecto a este elemento.

La Figura 4 relaciona el contenido en Zn con el Ba, Cu y Sr. Obviamente, las muestras de Aldeagordillo presentan mayores valores de Zn, en especial ALD1, y más bajos de Ba. La interpretación se corresponde con la concentración de Cu, elemento igualmente relacionado con dieta carnívora, ya que ALD1 también presenta los niveles más altos. Parece demostrarse, por tanto, que ALD1 es el individuo con la dieta más rica en proteínas y más baja en elementos vegetales, tal como indica la representación Zn-Sr. Esto apoyaría la primera de las hipótesis (mayor consumo de vegetales en El Tomillar), dejando como menos probable una mayor concentración de Sr, Ba y Mg que en el yacimiento de Aldeagordillo.

Si se combinan tres elementos en una representación gráfica (V-Sr-BA) y (Zn-Cu-Sr), tal como aparecen en la Figura 5, se demuestra la diferencia entre ambos yacimientos. El Tomillar demuestra valores altos de Sr y Ba, incluso de V, si exceptuamos a los infantiles de Aldeagordillo, y más bajos de Cu o Zn, de lo que puede interpretarse como una dieta más rica en componentes vegetales. ALD1 se confirma co-

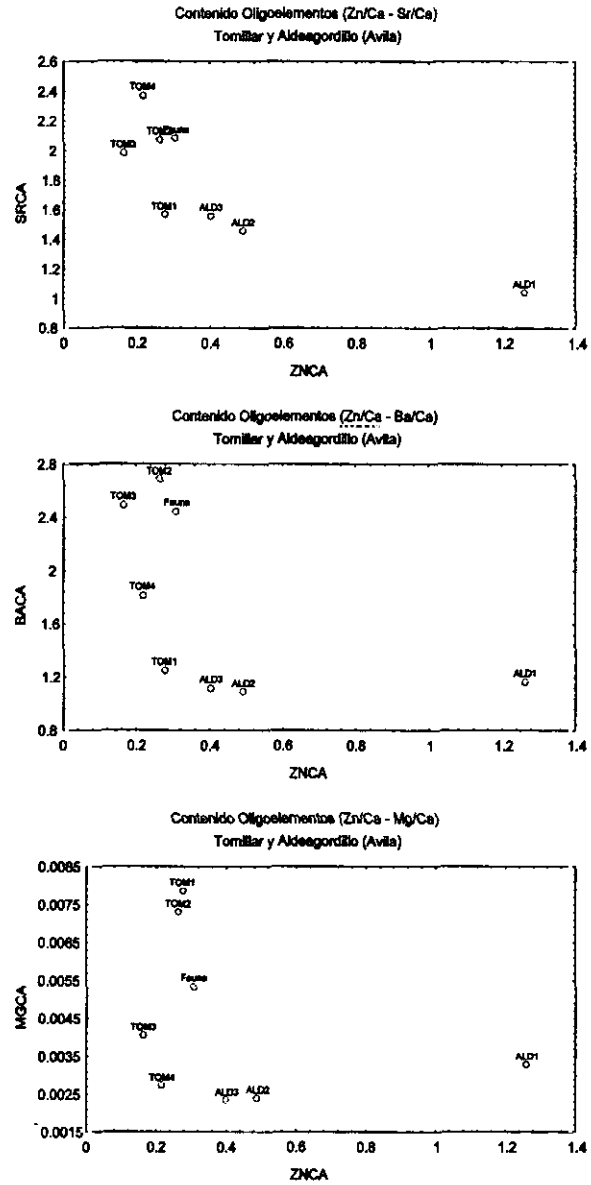

Fig. 6.- Contenido en Zn, Sr, Ba y Mg respecto del nivel de calcio.

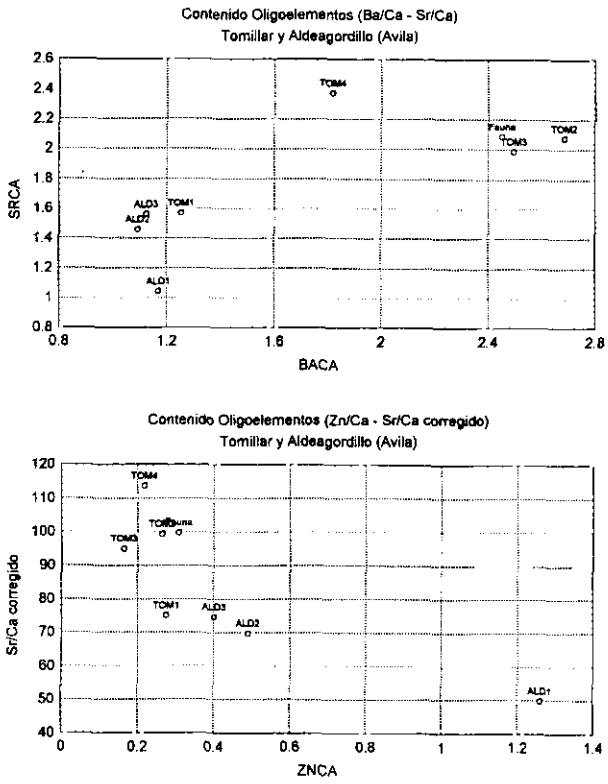

Fig. 7.- Contenido en oligoelementos Sr y Ba respecto al calcio e índice de vegetarianismo.

mo un individuo con una ingesta totalmente diferente.

Las Figuras 6 y 7 pretenden representar el contenido relativo de algunos de los elementos analizados respecto del Ca presente en el hueso. La relación Zn/Ca se utiliza como indicador de dieta carnívora y estima el grado de depósito del Zn en el hueso. Como el Zn es retenido de forma activa por los animales, su concentración no depende de la presente en el medio como ocurre con el Sr o el Ba. Este hecho es importante recordarlo porque no pueden compararse directamente índices Sr/Ca (ppm/%), Ba/Ca (ppm/%), Mg/Ca (%/%) etc., ya que dependen de la concentración inicial en el suelo donde crecen los vegetales que ingiere el individuo. Es decir, los niveles de la base de la pirámide trófica están condicionados por la riqueza en Sr, Ba, Mg, etc. que existe en el ambiente. Por esta razón, lo interesante es comparar la posición relativa dentro de cada yacimiento. Las gráficas de la Figura 6 siguen mostrando la diferencia entre Aldeagordillo y El Tomillar. ALD1 aparece, tal como se esperaba, separado del resto de muestras analizadas, a la derecha en las gráficas. A continuación se encuentran ALD2 y ALD3, con una ingesta proteica mayor que el conjunto de las muestras de El Tomillar. La estrecha correspondencia entre los tres índices indicadores de dieta vegetariana, Sr/Ca, Ba/Ca y Mg/Ca, aún asumiendo la probable contaminación por Mg, nos llevan a interpretar una ingesta de productos vegetales más importante en el último yacimiento.

Esta idea se mantiene al comparar los índices Ba/Ca y Sr/Ca (Figura 6), donde El Tomillar presenta mayores valores de ambos. TOM1 se parece más a los individuos de Aldeagordillo. Si se analiza el coeficiente Sr/Ca corregido (índice que expresa el grado de vegetarianismo de la dieta), los individuos TOM3 y TOM2 poseen valores prácticamente idénticos a los de la fauna, mientras TOM1 es claramente inferior y TOM4 muy superior. Ya que el valor máximo es 100, por definición, y corresponde a una dieta herbívora estricta, debemos admitir que los valores de TOM4 son anómalos y suponer un error debido a la diagénesis. Comparando las cifras con los intervalos definidos por Fornaciari y Mallegni (1987), el índice supera el 70% en todos los casos, incluido TOM1, lo que permite clasificar el patrón de dieta de El Tomillar como vegetariano. Respecto al consumo de proteínas, el índice Zn/Ca obtenido no alcanza el límite de 0.35 lo que indica que la ingesta de proteínas es baja.

ACP	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Mg	-0.274445	**-0.928302**	0.095046
Zn	**0.964261**	0.177872	0.182415
Fe	0.198856	**-0.949583**	0.095332
V	-0.057256	0.123322	**-0.940789**
Cu	**0.879950**	-0.000853	0.173375
Sr	**-0.924159**	0.167365	0.192237
Ba	**-0.730357**	-0.142831	0.477916
Varianza explicada	45.8%	26.6%	17.6%

Tabla 7.- Coordenadas factoriales del ACP y contribución a la varianza explicada.En negrita aparecen los valores con contribución significativa para cada Factor.

En la Figura 7 se ha representado igualmente a Aldeagordillo, sin embargo los valores Sr/Ca corregido son supuestos ya que sólo se contaba con una muestra de fauna y pertenecía al otro yacimiento. Se han utilizado para poder realizar la representación de ambas series. Si suponemos que el suelo de ambos yacimientos no difiere de forma significativa en la concentración de Sr, podríamos afirmar que Aldeagordillo tiene una economía predominantemente agrícola ya que las muestras analizadas, muestran un índice entre el 50 y el 75%. La interpretación sólo es metodológicamente correcta para el índice Zn/Ca. La tasa obtenida corresponde a una ingesta media en carne para ALD2 y ALD3 y rica para ALD1, confirmándose los resultados de los elementos analizados en las figuras precedentes. Aldeagordillo presenta una dieta más rica en productos cárnicos que El Tomillar.

3.2.2. Estudio multifactorial poblacional por elementos traza

Conocida la distribución de oligoelementos en los dos yacimientos, nos planteamos realizar un análisis multifactorial para determinar el grado de asociación entre los mismos y establecer la similitud en la forma de vida de ambos grupos humanos. Pretendíamos evaluar la posible existencia de un modelo que permitiese determinar la semejanza entre las distintas muestras analizadas comparando el conjunto de los elementos minoritarios, exceptuando por tanto al Ca y P. Con ese fin, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con rotación varimax que ofreció los resultados que aparecen en la Tabla 7.

En dicha tabla se indica que el Factor 1, que explica el 46% de la variabilidad detectada, permite discriminar entre dieta rica en vegetales y dieta rica en proteínas. Tanto Zn como Cu aparecen con coeficientes positivos, por tanto los individuos con una ingesta elevada de estos elementos se situarán en el lado positivo de la representación gráfica para este factor. Obviamente, los coeficientes de Sr y Ba presentan signo negativo, de donde puede esperarse que los individuos con ingestas altas de estos elementos se sitúen en el lado negativo del eje. El Factor 2 explica el 26% de la varianza, y creemos que representa, muy probablemente, la contaminación. Es definido por el Fe y Mg, ambos con mayor concentración en el terreno analizado, sin embargo resulta curiosa su orientación en el plano, el Mg en el lado negativo (dieta rica en vegetales) mientras que el Fe lo hace en el positivo (rica en carne). El Factor 3, que explica el 17% de la variabilidad observada, está representado por el V con coeficiente negativo, de forma que los individuos con mayor ingesta en V (vegetales en general y leche) se situarán en el lado negativo del eje.

La Figura 8 representa la posición relativa de las variables analizadas (concentración de oligoelementos) en los factores 1-2 y 1-3. Los dos primeros explican 3/4 partes de la variación total detectada en la muestra, mientras que los dos últimos explican 2/3 partes. Por tanto, el análisis factorial resulta muy útil para explicar las diferencias en la dieta de El Tomillar y Aldeagordillo. La Figura 9 muestra, en su parte superior, la orientación de los elementos analizados considerando los tres ejes del espacio que aquí coinciden con los tres factores. Su distribución permite explicar la de los individuos que aparece en la parte inferior. ALD1 presenta valores elevados para el Factor 1 (Zn y Cu) y bajos para el Factor 3 (V) (recordar que tiene signo negativo). Todo indica una dieta rica en proteínas animales. En el lado opuesto están TOM3 y TOM4 con una dieta muy rica en componentes vegetales. ALD2 y ALD3 tienen también valores positivos para el Factor 1 y altos para el Factor 3 lo que puede interpretarse como una dieta rica en vegetales y leche y con aporte cárnico medio. TOM1 y TOM2 presentan niveles elevados de Fe y Mg, esto sugiere la existencia de un posible efecto diagenético del suelo al hueso, a pesar de que TOM1 demuestra siempre cierto distanciamiento con las restantes muestras de

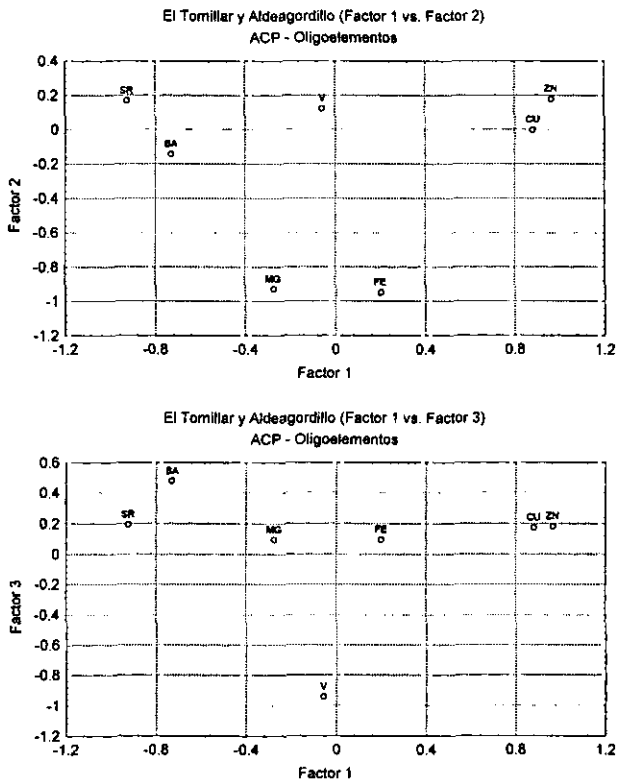

Fig. 8.- Representación gráfica del ACP referido al contenido en oligoelementos en las muestras biológicas de El Tomillar y Aldeagordillo (Ávila).

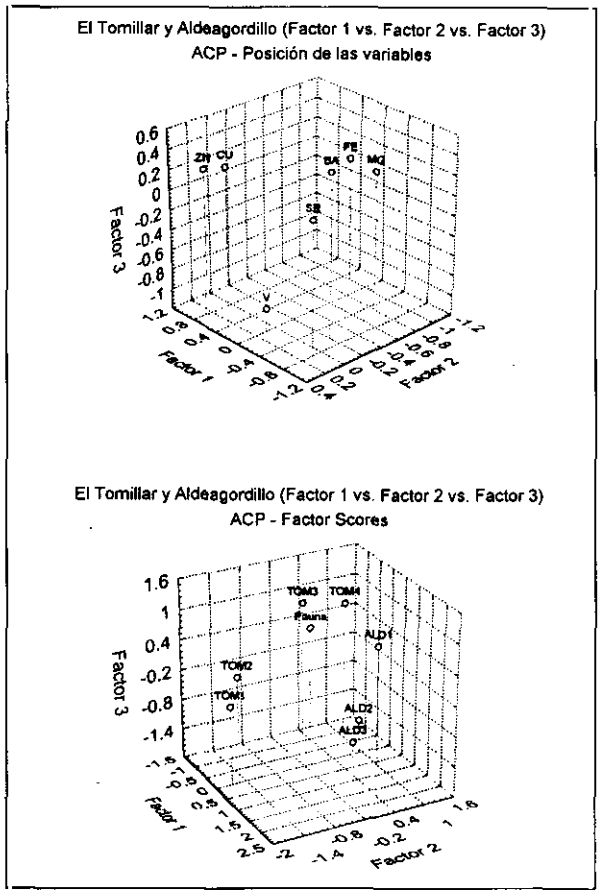

Fig. 9.- Representación gráfica de la contribución de las variables analizadas y posición relativa de las muestras de Aldeagordillo y El Tomillar mediante ACP.

El Tomillar, siendo el individuo con la dieta más rica en proteínas en dicha serie.

Es indudable que esta muestra no puede ni debe conducir a juicios categóricos generales que interpreten aspectos económicos básicos de las poblaciones prehistóricas que habitaron en esta zona de la Meseta Norte entre el Calcolítico Tardío/Final y el Bronce Antiguo Campaniforme.

Aldeagordillo y El Tomillar son dos poblaciones no coetáneas, aunque la diferencia cronológica no sea grande, ni tan distante el estadio cultural, y, sin embargo, dejando al margen el efecto diagenético puesto de manifiesto en las muestras analizadas, el modelo económico de ambas series parece estar relacionado con el elevado consumo de productos vegetales. A pesar de ello, el análisis de elementos traza demuestra que la serie de El Tomillar tiene una ingesta baja de proteínas animales, mientras que Aldeagordillo se muestra como una población con ingesta media.

Las características ecológicas del territorio correspondiente a cada uno de estos yacimientos son favorables para que se propiciase esta situación. Actualmente encontramos mejores condiciones para la ganadería en la zona de Aldeagordillo que en la de El Tomillar, donde la agricultura tiene más posibilidades, dentro de las limitaciones de una zona a 800 m de altitud, con suelos poco profundos, pero evidentemente mejores que las de Aldeagordillo situada a 1100 metros.

El estudio químico de oligoelementos parece mostrar un modelo económico relacionado con los productos vegetales en general y, aunque resulte parcialmente incompleto por la carencia de ciertos tipos de muestras, especialmente de suelo, permite establecer diferencias entre ambos yacimientos. Incluso dentro de ellos, ha separado el tipo de dieta entre individuos, bien como consecuencia de la edad (recordar aquí la comparación de ALD2 y ALD3 con ALD1), bien por existir diferencias sociales y/o sexuales, no evaluadas en este trabajo dado el pequeño tamaño muestral, o bien como consecuencia del distinto grado de adaptación del individuo al ambiente.

Las respuestas definitivas a éstas preguntas, y a otras muchas no formuladas aquí, están condicionadas por los hallazgos de próximas campañas de excavación que sin duda permitirán mejorar las condiciones del muestreo e incrementar la fiabilidad del análisis.

BIBLIOGRAFÍA

BARAYBAR, J. P.; DE LA RUA, C. (1995): Estudio antropológico de la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). *Munibe*, 47: 151-175.

BECK, L. A. (1985): Bivariate analysis of trace elements in bone. *J. Hum. Evol.*, 14 (5): 493-502.

BUIKSTRA, J. E.; FRANKENBERG, S.; LAMBERT, J. B.; XUE, L. (1989): Multiple elements: multiple expectations. *The chemistry of prehistoric human bone* (T. D. Price, ed), Cambridge: 155-210.

BURTON, J. H.; PRICE, T. D. (1990): The ratio of barium to strontium as a paleodietary indicator of consumption of marine resources. *J. Archaeol. Science*, 17: 547-557.

CARO, L.; RODRÍGUEZ-OTERO, H.; SÁNCHEZ-COMPADRE, J.; PRADA, E. (1993): *Informe antropológico del yacimiento funerario de Aldeagordillo (Ávila)*. Universidad de León.

ETXEBERRIA, F. (1995): Informe sobre los restos humanos procedentes del enterramiento colectivo de El Tomillar (Bercial de Zapardiel, Ávila). *El aspecto funerario durante el Calcolítico y la Edad del Bronce en la Meseta Norte* (J. F. Fabián), Salamanca: 44-58.

EZZO, J. A. (1992): A test of diet versus diagenesis at Ventana Cave, Arizone. *J. Archaeol. Science*, 19: 23-37.

EZZO, J. A. (1994a): Putting the "chemistry" back into archaeological bone chemistry analysis: modeling potential paleodietary indicators. *J. Anthrop. Archaeol.*, 13: 1-34.

EZZO, J. A. (1994b): Zinc as a paleodietary indicator: an issue of theoretical validity in bone-chemistry analysis. *Am. Antiquity*, 59 (4): 606-621.

EZZO, J. A.; LARSEN, C. S.; BURTON, J. H. (1995): Elemental signatures of human diets from the Georgia Bight. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 98: 471-481.

FABIÁN GARCÍA, J. F. (1992): El enterramiento campaniforme del Túmulo 1 de Aldeagordillo (Ávila). *B.S.A.A.*, 58: 97-132.

FABIÁN GARCÍA, J. F. (1994): Aldeagordillo. Un importante testimonio para el estudio de la cuestión campaniforme. *Rev. de Arqueología*, 157: 22-31.

FABIÁN GARCÍA, J. F. (1995): *El aspecto funerario durante el calcolítico y los inicios de la edad de Bronce en la Meseta norte*. Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca.

FORNACIARI, G.; MALLEGNI, F. (1987): Palaenutritional studies on skeletal remains of ancient populations from the Mediterranean area: an attempt to interpretation. *Anthrop. Anz.*, 45 (4): 361-370.

FRANCALACCI, P. (1989): Dietary reconstruction at Arene Candide Cave (Liguria, Italy) by means of trace element analysis. *J. Archaeol. Science*, 16: 109-124.

FRANCALACCI, P. (1995): DNA recovery from ancient tissues: problems and perspectives. *Hum. Evol.*, 10 (1): 81-91.

GONZÁLEZ-ABAD, M. J. (1996): *Efectos del estrés crónico y actividad GC sobre el crecimiento: modificaciones en el esqueleto craneal de la rata*. Tesis doctoral. Universidad Complutense.

GRUPE, G. (1995): On Stone Age human diet. *Hum. Evol.*, 10(3): 233-242.

GUITIAN, F.; CARBALLAS, T. (1976): *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela.

HATCH, J. W.; BLAKELY, R. L. (1985): Status-specific dietary variation in two world cultures. *J. Hum. Evol.*, 14 (5): 469-476.

JIMENO, A.; FERNÁNDEZ MORENO, J. J. (1989): El poblamiento desde el Neolítico a la Edad del Bronce: constantes y cambios. *Actas del II Symposium de Arqueología Soriana*, 1: 69-103.

KATZENBERG, M. A. (1992): Advances in stable isotope analysis of prehistoric bones. *Skeletal biology of past peoples: research methods* (S. R. Saunders y A. Katzenberg, eds.), Wiley-Liss: 105-120.

KLEPINGER, L. L. (1990): Magnesium ingestion and bone magnesium concentration in paleodietary reconstruction: cautionary evidence from an animal model. *J. Archaeol. Science*, 17: 513-517.

KRUEGER, H. W.; SULLIVAN, C. H. (1984): Models for carbon isotope fractionation between diet and bone. *Stable Isotopes in Nutrition* (J. R. Turnland y P. E. Johnson, eds.), Washington, Am. Chem. Soc. Symp. Series, 28: 205-220.

KYLE, J. H. (1986): Effect of post-burial contamination on the concentrations of major and minor elements in human bones and teeth- The implications for palaeodietary research. *J. Archaeol. Science*, 13: 403-416.

LAMBERT, J. B.; XUE, L.; BUIKSTRA, J. E. (1989): Physical removal of contaminative inorganic material from buried bone. *J. Archaeol. Science*, 16: 427-436.

LAMBERT, J. B.; SIMPSON, S. V.; BUIKSTRA, J. E.; HANSON, D. (1983): Electron microprobe analysis of elemental distribution in excavated human femurs. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 62: 409-423.

LAMBERT, J. B.; SIMPSON, S. V.; SZPUNAR, C. B.; BUIKSTRA, J. E. (1984): Copper and barium as dietary discriminants: the effects of diagenesis. *Archaeometry*, 26: 131-138.

LAMBERT, J. B.; SIMPSON, S. V.; SZPUNAR, C. B.; BUIKSTRA, J. E. (1985): Bone diagenesis and dietary analysis. *J. Hum. Evol.*, 14 (5): 477-482.

LAMBERT, J. B.; WEYDERT, J. M.; WILLIAMS, S. R.; BUIKSTRA, J. E. (1990): Comparison of methods for the removal of diagenetic material in buried bone. *J. Archaeol. Science*, 17: 453-468.

LOWENSTAM, H. A.; WEINER, S. (1989): *On biomineralization*. Oxford University, Oxford.

MARTÍN, O. (1993): *Determinación elemental de componentes mayoritarios, minoritarios y traza en tejido óseo por espectrometría de emisión por plasma de acoplamiento inductivo*. Memoria de Licenciatura. Universidad Autónoma de Madrid.

OSTER, O. (1988): The diagnosis of disease by elements analysis. *Trace elements in environmental history* (G. Grupe y B. Hermann, eds.), Springer-Verlag: 151-166.

PATE, D.; BROWN, K. A. (1985): The stability of bone strontium in the geochemical environment. *J. Hum. Evol.*,

14 (5): 483-491.

PRICE, T. D. (1989): Multi-element studies of diagenesis in prehistoric bone. *The chemistry of prehistoric human bone* (T. D. Price, ed), Cambridge: 126-154.

PRICE, T. D.; KAVANAGH, M. (1982): Bone composition and the reconstruction of diet: examples from the midwestern United States. *Midcontinental J. Archaeol.*, 7: 61-79.

PRICE, T. D.; SCHOENINGER, M. J.; ARMELAGOS, G. J. (1985): Bone chemistry and past behaviour: an overview. *J. Hum. Evol.*, 14 (5): 419-447.

PRICE, T. D.; BLITZ, J.; BURTON, J.; EZZO, J. A. (1992): Diagenesis in prehistoric bone: problems and solutions. *J. Archaeol. Science*, 19: 513-529.

RUNIA, L. (1988): Discrimination factors on different trophic levels in relation to the trace element content in human bones. *Trace elements in environmental history* (G. Grupe y B. Hermann, eds.), Springer-Verlag: 53-66.

SANDFORD, M. A. (1992): A reconsideration of trace element analysis in prehistoric bone. *Skeletal biology of past peoples: research methods* (S. R. Saunders y A. Katzenberg, eds.), Wiley-Liss: 79-104.

SCHOENINGER, M. J. (1989): Reconstructing prehistoric human diet. *The chemistry of prehistoric human bone* (T. D. Price, ed.), Cambridge: 38-67.

SILLEN, A. (1989): Diagenesis of the inorganic phase of cortical bone. *The chemistry of prehistoric human bone* (T. D. Price, ed.), Cambridge: 211-229.

SILLEN, A.; KAVANAGH, M. (1982): Strontium and paleodietary research: a review. *Yearbook Phys. Anthrop.*, 25: 67-90.

TRANCHO, G. J.; ROBLEDO, B.; LÓPEZ-BUEIS, I. (1995): *Necrópolis celtibérica de Numancia: determinación de la dieta mediante elementos traza.* (Informe correspondiente a la campaña de 1993). UCM, Madrid (Inédito).

UBELAKER, D. H. (1989): *Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation.* Taraxacum, Washington.

WHITE, C. D. (1993): Isotopic determination of seasonality in diet and death from Nubian mummy hair. *J. Archaeol. Science*, 20: 657-666.

WHITE, C. D.; SCHWARCZ, P. (1994): Temporal trends in stable isotopes for Nubian mummy tissues. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 93: 165-187.

ZUMKLEY, H.; SPIEKER, C. (1988): The bioavailability of trace elements and age-specific trace element metabolism. *Trace elements in environmental history* (G. Grupe y B. Hermann, eds.), Springer-Verlag: 144-150.