

COLECCIÓN VALLE DE PACHACAMAC

ARQUEOLOGÍA DEL PERIODO FORMATIVO EN LA CUENCA BAJA DE LURÍN

Richard L. Burger y Krzysztof Makowski
Editores



Capítulo 7



Volumen 1



FONDO
EDITORIAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Arqueología del Periodo Formativo en la cuenca baja de Lurín

Primera edición: marzo de 2009

© Richard L. Burger y Krzysztof Makowski, editores

De esta edición:

© Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009

Av. Universitaria 1801, Lima 32, Perú

Teléfono: (51 1) 626-2650

Fax: (51 1) 626-2913

feditor@pucp.edu.pe

www.pucp.edu.pe/publicaciones

*Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio,
total o parcialmente, sin permiso expreso de los editores.*

ISBN (obra completa): 978-9972-881-4

ISBN (volumen 1): 978-9972-42-882-1

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2009-03002

Impreso en el Perú – Printed in Peru

Adaptaciones de la dieta humana a nuevos problemas y oportunidades en la costa central del Perú (1.800-800 a.C.)

Sara Meadors / Robert Benfer Jr.

Los descubrimientos recientes de la Universidad de Missouri-Columbia (UM) y del Centro de Investigaciones de Zonas Áridas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (CIZA) (Engel 1980; Benfer 1990), demuestran que el Período Arcaico en la costa central del Perú fue una etapa de adaptaciones dinámicas al cambio continuo de los escenarios terrestres y marítimos. El éxito de esta adaptación permitió mejorar la salud humana y obtener mejores expectativas de vida (Benfer *op. cit.*). Estas transformaciones estuvieron asociadas a cambios sociales drásticos, donde el creciente valor económico de las mujeres con respecto al de los niños fue consecuencia de una disminución de las diferencias en la división sexual del trabajo. Sabemos que, antes de que las mujeres constituyesen parte importante en el desarrollo de la agricultura —debido a su conocimiento de las plantas (Kaufmann 1973)—, ellas cumplían un rol fundamental en las actividades relacionadas con la pesca (Benfer *op. cit.*).

Durante este período la población aumentó y algunas aldeas precerámicas de tamaño considerable se desarrollaron en la costa central y sur central (Rivasplata 1978; Engel 1978; 1980; 1991), así como en la puna de la sierra central (Matos 1992) y en el extremo sur (Aldendelfer 1993).

En la década de los sesenta, Michael E. Moseley (1975) y Mark N. Cohen (1975) percibieron la importancia de definir cómo las formaciones sociales complejas en desarrollo pudieron sostener densidades poblacionales cada vez mayores (véase también Patterson 1985). Por otro lado, Narroll (1956) y Carneiro (1967) han

afirmado que existió una relación positiva entre cantidad de población y complejidad social. Al argumentar en favor de una base marítima, en lugar de una agrícola para el desarrollo de las civilizaciones costeñas peruanas, Moseley (op. cit., 1986) centró su atención en la demografía como factor determinante. Su modelo predice un incremento de la densidad demográfica a fines del Arcaico, asociado a dependencia de los recursos marinos, tendencia que continuaría durante el Formativo (Lumbreras 1974b). Por su parte, Cohen (op. cit.) ha sostenido que los problemas asociados con el sedentarismo y con mayor dependencia de la agricultura provocaron un fuerte estrés en las poblaciones. Además, durante la década de los sesenta fue cada vez más evidente que la experiencia humana con los cultivos —antes de que se alcanzara la actual dependencia de la agricultura— fue más temprana y extensa de lo que se suponía. En el caso de la costa central peruana, los cultígenos principales fueron seleccionados entre la gran variedad de especies ya domesticadas en otras áreas. Durante esa época fue cuestionada también la visión progresista del control humano sobre el medio ambiente, que sostenía que, al mejorar paulatinamente su dieta, los individuos mejoraron proporcionalmente su fertilidad y longevidad. Sin embargo, el análisis de los restos humanos provenientes de diversos lugares del mundo ha revelado que las mejoras no eran continuas, y que en muchos casos se hallaban interrumpidas por momentos de marcada retracción (Cohen y Armelagos 1984).

Las primeras investigaciones de campo en la costa peruana proporcionaron un marco de referencia que permitió formular con mayor claridad preguntas importantes, como por ejemplo: ¿Por qué se fundaron los grandes asentamientos?, ¿por qué crecieron, prosperaron y luego se abandonaron?, ¿el abandono de los sitios se debió a tragedias en la vida de sus habitantes?, ¿qué triunfos futuros esperaban a quienes se asentaron en los lugares más favorables y reconstruyeron el tejido social mediante actividades que eran —tal como Terence Grieder y otros (1988) afirman— codificadas en los monumentos? Estos son aún observables en la actualidad y nos recuerdan los logros alcanzados por el *Homo sapiens*, aun cuando el abandono de muchos asentamientos pudo deberse a los mismos factores que permitieron su crecimiento y desarrollo.

Por otro lado, llama la atención la ausencia de cerámica en algunos sitios monumentales de la costa, pues incluso desde tiempos más antiguos esta asociación es recurrente en Ecuador. Otras dificultades de interpretación giran en torno a la ausencia de una jerarquía de sitios entre los asentamientos tipificados como centros de administración y poder (Burger 1987).

Distintos problemas atañen al estudio de los especímenes vegetales cernidos con malla fina (Umlauf 1988) y a los análisis de coprolitos (Weir *et al.* 1985). Los resultados de ambos procedimientos contradicen la aparente dependencia de la agricultura, sugerida a partir de la arquitectura monumental localizada en los valles fértiles. A su vez, Deborah Pearsall (1992) ha advertido que el maíz apareció tanto en la costa norte como en la costa sur, pero no tuvo importancia en la costa central sino hasta mucho tiempo después (cf. Burger y van der Merwe 1990).

En el presente trabajo nos centramos en los restos humanos, una de las tres principales líneas de evidencia —junto con el estudio de los restos botánicos y de fauna— que sostienen cualquier reconstrucción de la historia cultural y de los procesos que la explican. Joe Vradenburg (véase su artículo en este volumen) presenta una amplia variedad de indicadores osteológicos de dieta y salud. En estas páginas presentamos los resultados de los análisis químicos del material óseo, que es el medio más pertinente para la reconstrucción de la dieta. Puesto que muchos aspectos cruciales del Precerámico Tardío y del Periodo Inicial están relacionados con la densidad poblacional (Burger 1985; 1992) y, por lo tanto, indirectamente con la dieta, salud y guerra, consideramos a los restos humanos como un tipo de fuente de amplia utilidad. Aún cuando las poblaciones no hubiesen tenido restricciones en el acceso a los recursos alimenticios, las posibilidades de sobrepasar, en una o dos generaciones, los límites del medio para su sostenimiento habrían sido muy altas. Vradenburg (1992) ha argumentado que el parto era más temprano en Cardal que en Paloma, por lo tanto, podemos sugerir que la fertilidad pudo haber originado un crecimiento poblacional. Por otro lado, los restos humanos son importantes para la comprensión de las relaciones sostenidas entre las poblaciones de la sierra y de la costa. Uno de los autores del presente trabajo ha indicado anteriormente (Benfer 1990) que alrededor de 5.200 años a. del p. se produjo un reemplazo casi completo de la población en Paloma, basado en el registro de las evidencias biológicas dentales. En esta oportunidad presentaremos los resultados de los análisis de activación de neutrones efectuados en los huesos humanos recuperados por el Proyecto Arqueológico Valle de Lurín en el sitio de Cardal, y de su comparación con especímenes del Precerámico con Algodón y del sitio Paloma perteneciente al Precerámico Medio (Meadors 1992).

Restos humanos

La Universidad de Missouri-Columbia y el Centro de Investigación de Zonas Áridas han colaborado de manera conjunta en investigaciones bioarqueológicas

desde 1970. Fruto de esta colaboración son dos tesis doctorales (Page 1972; Scott 1974) en las que se analizaron los restos excavados por Frederic Engel y su equipo del CIZA. Page (op. cit.) sostiene que la costa y la sierra comenzaron a interactuar de manera más dinámica hacia el final del Precerámico con Algodón. Por otro lado, Scott (op. cit., Scott y de Walt 1980), tomando como guía el trabajo de Page, ha afirmado que los dientes aumentaron de tamaño a través del tiempo en la costa central del Perú. Este fenómeno constituye una de las dos excepciones conocidas respecto de la tendencia general de una disminución en el tamaño de los dientes a partir del Pleistoceno. Scott también observó que ciertas evidencias de patología dental, al igual que diferentes rangos y patrones de desgaste, podrían estar asociadas a periodos muy amplios de la prehistoria peruana. Page y Scott analizaron una pequeña colección procedente de varios sitios ubicados durante las prospecciones y excavaciones de Engel. Sin embargo, no fue sino hasta que Engel y Bernardino Ojeda realizaron excavaciones en área en el sitio de Paloma, en la quebrada de Chilca (Engel 1980), que se recuperó un conjunto representativo de restos humanos. Engel percibió que muchas preguntas que habían surgido durante el curso de sus investigaciones y de otros arqueólogos de la Universidad Mayor de San Marcos de Lima, podían ser resueltas a partir de un estudio cuidadoso de los restos óseos. Por esta razón, propuso a Robert Benfer la organización de un plan de investigación conjunto (Benfer 1982).

Existen otras colecciones de restos humanos analizados, más pequeñas pero igualmente importantes, procedentes de sitios más tardíos como La Galgada (Malina 1988) y Cardal (Burger y Salazar 1991; Meadors 1992; Vradenburg 1992). Una pequeña muestra de varios sitios del Precerámico con Algodón también fue estudiada, aunque con menor detalle (Weir *et al.* 1988). En el norte de Chile las investigaciones sobre restos humanos se encuentran en pleno desarrollo; un claro ejemplo lo constituye el excelente análisis del material chinchorro (Shiapiacasse y Niemeyer 1984). Estos estudios forman parte de la base de datos de la costa sur que está siendo ampliamente incrementada por el Programa Contisuyu.

Restos de flora y fauna

Los nuevos métodos en la recolección cuidadosa de muestras de sedimento arqueológicos proporcionan información muy importante, y facilitan así la comprensión de la interacción hombre-medio ambiente. Por ejemplo, Reitz (1988) ha desarrollado un método mediante el cual la contribución efectiva —biomasa— de las especies individuales a la dieta puede ser estimada a través de los

componentes individuales de la misma. Los estudios de flotación y de material cernido en malla fina han recuperado restos macrobotánicos que permiten obtener información respecto de las especies utilizadas para la comida, medicina y otros propósitos (véase el artículo de Umlauf en este volumen).

Nuevos métodos de análisis de restos humanos

El estudio de las migraciones prehistóricas a partir de materiales osteológicos es bastante conocido. A los nuevos métodos que miden las similitudes genéticas a partir del ADN tomado de los restos se suman los antiguos métodos que dependían de las medidas antropométricas y de las observaciones dentales, particularmente exitosas en revelar las historias poblacionales. Dentro de la tendencia actual de investigar las causas y consecuencias de la adopción de la agricultura a nivel mundial (Cohen y Armelagos 1984), los estudios sobre dieta, actividades, enfermedades y fertilidad se han convertido en el centro de las investigaciones sobre restos humanos prehistóricos. Es obvio que la salud o la ausencia de enfermedades están directamente relacionadas con la dieta; además, es también evidente que la fertilidad, y no la dieta, es el factor determinante de la estructura poblacional —frecuencias de individuos por sexo en cada categoría de edad—. Es probable que ella haya declinado inmediatamente antes del Prece-rámico con Algodón (Benfer 1990). Además, las características de la estructura poblacional, tal como la proporción productores/consumidores, son afectadas más fuertemente por la fertilidad que por la mortalidad. Asimismo, es importante el conocimiento de la estructura poblacional para poder entender cuándo una población posee un potencial elevado para el crecimiento futuro de individuos saludables, y cuándo esta ha excedido la capacidad del medio de acuerdo con la tecnología existente.

Es necesario resaltar que se han desarrollado nuevos métodos para medir la fertilidad (Buikstra *et al.* 1986). La posibilidad de que existan especialistas parciales o a tiempo completo, que no estén implicados en la producción de alimentos, es otra consecuencia posible del aumento de la producción. Sin embargo, sabemos que las poblaciones pueden crecer rápidamente y tornarse densas aunque su salud y expectativa de vida declinen (Furbee *et al.* 1988). Solo los casos especiales donde existió crecimiento poblacional con mejoras en la salud contradicen esta tendencia, pero esto se logró pocas veces. Los mejores ejemplos estarían representados por la expansión helenística en Grecia (Angel 1971) y el fin del Periodo Arcaico en la costa del Perú (Benfer 1986; 1990).

Los estudios sobre dietas prehistóricas han demostrado que existen algunos indicadores sencillos que pueden ser útiles para caracterizar diferentes patrones alimenticios. Por nuestra parte, creemos haber contribuido a mejorar los estudios químicos en materiales óseos, tal vez como un indicador con mayor costo económico, pero muy útil (Benfer 1990; Edward y Benfer 1993; Meadors 1992). Actualmente, la Universidad de Missouri se encuentra desarrollando un nuevo método para estudiar restos botánicos conservados en cálculos dentales (Holt 1993). Además, hemos investigado los contenidos de los intestinos y coprolitos (Weir *et al.* 1988); sin embargo, nuestra principal contribución son los trabajos en el Reactor de Investigaciones de la Universidad de Missouri (Edward 1987; Edward y Benfer 1992).

Los sitios de Paloma y Cardal

Estos sitios han sido descritos en detalle en otros trabajos. Destacamos la ventaja particular que presentan porque sus restos humanos han sido estudiados por otros investigadores utilizando los mismos métodos para ambos casos.

Paloma, una aldea sedentaria en la que se encontraron algunos cultívenos, pero no los principales componentes de la dieta, proporciona una guía base para el Arcaico. Al contrario de nuestras expectativas, cuando el Proyecto Paloma (CIZA) se iniciaba, se logró establecer a partir de las investigaciones en el sitio que todos los aspectos de la vida estaban cambiando alrededor de 5.700 a 4.800 años a.C. Sin embargo, llama la atención que estos cambios no son visibles en la tecnología material ni tuvieron aparentemente efectos drásticos en las costumbres funerarias (Quilter 1989). Los patrones de actividad humana, los cambios de dieta en respuesta a un medio de lomas degradado y una salud mejorada, han sido documentados a partir del estudio de los restos humanos.

En Cardal, el Proyecto Arqueológico Valle de Lurín (Universidad de Yale) obtuvo una muestra pequeña de 43 individuos, algunos de ellos en malas condiciones de conservación. En Paloma se recuperaron 201 individuos en mejor estado de integridad. No obstante, la muestra restringida de Cardal ha sido la base de dos tesis de maestría (Vradsburg 1992; Meadors 1992). Vradsburg (véase su artículo en este volumen) realizó un estudio extenso empleando diferentes indicadores osteológicos. El estudio de Meadors se centró en los elementos traza de los restos óseos como indicadores de dieta y enfermedad. En este trabajo complementamos sus hallazgos con aquellos de Vradsburg y los informes anteriores de los investigadores del Proyecto Paloma. También se recurrió a una pequeña

muestra adicional estudiada por Benfer proveniente de Paloma y Cardal. Las categorías principales de estudio son aquellas que se relacionan con la estructura poblacional, actividades cotidianas, salud y dieta.

Los restos humanos

Este trabajo se centra en los restos de los individuos recuperados en el sitio de Cardal. Si bien se ha hallado evidencia de los elementos constituyentes de la dieta en este sitio, la importancia relativa de cada uno de ellos es aún materia de debate.

Debido a estos factores, las diferentes fuentes alimenticias de la población —marina versus terrestre, vegetal versus animal, maíz versus vegetales verdes— han sido bien caracterizadas utilizando el análisis de elementos traza en los restos óseos humanos. Por otro lado, si tenemos en cuenta también las interacciones sociales específicas que se asocian con la recolección y producción de comida, es posible que la reconstrucción de la dieta pueda brindar información relacionada con la estructura social de la población de Cardal.

Los restos humanos analizados aquí provienen de los Sectores IIIA y IIIB (Burger y Salazar 1991). Del primero de ellos —que comprende el atrio del centro cívico-ceremonial— se recuperaron diecinueve individuos. En el Sector IIIB, un área residencial donde se encontraron artefactos asociados con actividades domésticas y basura, se hallaron trece individuos. Estos habrían sido enterrados uno o dos siglos antes que aquellos depositados en el Sector IIIA (Burger y Salazar op. cit.).

Los restos óseos de Cardal fueron hallados medianamente conservados y poco alterados, por lo que incluso fue posible recuperar algo de cabello y tejidos del cerebro. Es importante tener esto presente, ya que las posibilidades de que los elementos traza —presentes en el momento de la muerte del individuo— permanezcan en los huesos son mayores cuando hay condiciones para una buena conservación.

Reconstrucción de la dieta

La conducta relacionada con la subsistencia nos indica cómo una sociedad interactúa con su medio, a la vez que determina cómo una persona promedio que pertenece a dicha sociedad invierte una parte sustancial de su tiempo diario para este fin. A su vez, la tecnología relativa a la subsistencia se encuentra determinada por la densidad poblacional, la morbilidad, la mortalidad, la estructura social y los patrones de residencia (Price y Kavanaugh 1989; Sillen y Kavanaugh 1982).

Por lo tanto, un conocimiento más preciso de las conductas vinculadas a la subsistencia es fundamental para el estudio de cualquier sociedad.

Sin embargo, la evidencia de tales conductas suele aparecer fragmentada o sesgada en el contexto arqueológico debido a una conservación diferenciada (Schiffer 1985). Si bien una excavación proporcionaría todo aquello que los habitantes originales del sitio introdujeron, modificaron y desecharon, las supuestas condiciones óptimas para que los contextos permanezcan inalterados y bien conservados no suelen ser frecuentes. Asimismo, los materiales son valorados de manera distinta por sus propietarios, al igual que por sus futuros descubridores; de modo que los objetos tienen patrones diferentes de descarte e inalteración. Además, la conservación de estos elementos solo se produce si el material descartado tiene composición durable y si se depositó en un medio favorable.

Las evidencias directas para determinar los elementos que conforman la subsistencia están sujetas tanto a la descomposición originada por la naturaleza desintegradora de la actividad alimenticia, como al carácter efímero de la composición orgánica de los alimentos. En concreto, consisten en los restos recuperados de materiales orgánicos llevados a un sitio para su preparación, almacenamiento y/o consumo. Hay que tener presente que estos alimentos podrían no encontrarse en el sitio que se investiga, debido a que su consumo es la culminación exitosa de las actividades relacionadas con la subsistencia. Por lo tanto, las evidencias directas para determinar la subsistencia consisten en materiales que no han sido consumidos o digeridos completamente, tales como los residuos dejados en utensilios, los huesos de animales consumidos y las fibras de plantas no digeribles que —junto con el polen— han pasado a través del sistema gastrointestinal. Por otro lado, la conservación diferenciada puede oscurecer la importancia relativa de cada uno de los elementos que componen el régimen alimenticio (Lyman 1984; Price y Kavanaugh 1989).

Los indicadores osteológicos también pueden mejorar nuestra interpretación de la dieta prehistórica. El análisis de los restos óseos humanos tiene el potencial de poder presentar un registro más exacto de las conductas del pasado, en comparación con la información que brindan los restos materiales (Sillen y Kavanaugh 1982; Pate *et al.* 1989).

Indicadores osteológicos

El esqueleto de los mamíferos no es tan solo un marco de apoyo estructural, es también un organismo con funciones numerosas; una de ellas es el almacenamiento

de los elementos componentes de la dieta (Pate *et al.* 1989). Los huesos están compuestos de una fase orgánica y otra inorgánica. La fase orgánica está conformada principalmente por colágeno mientras que la fase inorgánica se compone de sales de calcio (Shipman *et al.* 1985). Los elementos de la dieta son almacenados en la fase inorgánica del hueso. La hidroxiapatita —la sal de calcio predominante— proporciona la dureza que caracteriza al hueso y almacena los elementos traza que son más fáciles de preservar.

El fundamento de las reconstrucciones paleodietéticas reside en la capacidad que tiene el material óseo para almacenar elementos traza, y en las características del comportamiento de estos en la biosfera y en el sistema biológico.

Elementos traza

Reconstrucción paleodietética

En 1965, Toots y Voorhies demostraron de manera convincente la posición trófica de los vertebrados terrestres extintos del Plioceno Inferior, encontrados en una cantera del condado de Knox, Nebraska. Para ello utilizaron la proporción estroncio/calcio (Toots y Voorhies 1965). El estroncio es un elemento que se comporta fisiológicamente de modo similar al calcio, pero es discriminado en la glándula mamaria. Las plantas no discriminan estroncio, por lo tanto tienen una proporción más alta que los mamíferos. Los animales cuya fuente de dieta son principalmente otros vertebrados poseen una proporción más baja de este componente que aquellos animales que consumen básicamente plantas (Sillen y Kavanaugh 1982).

Reinhold y otros (1983) demostraron que el zinc es también un indicador de la posición en la cadena trófica. Ellos cremaron los huesos de varias especies modernas de herbívoros, omnívoros y carnívoros, y verificaron la cantidad de zinc y estroncio a través de la espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados para cada nivel trófico fueron comparados y colocados en una tabla. Así, se pudo observar que el zinc presentaba una relación inversa con respecto al estroncio.

El bario es también un indicador útil de la posición trófica y del carácter de la dieta (Francalacci 1989), pues su presencia asociada con el estroncio puede discriminar fuentes marítimas de aquellas terrestres. El alto contenido de sulfato de las aguas marinas remueve el bario como un precipitado insoluble; por lo tanto, una dieta con mayor apoyo en fuentes marítimas que terrestres resultará en una baja concentración de bario en el tejido óseo (Burton y Price 1990).

Es posible extrapolar los principios utilizados en la diferenciación interespecífica de la dieta, o posición en la cadena trófica, hacia la diferenciación intraespecífica de la misma. Además, los principios implicados en los estudios tróficos podrían aplicarse a la diferenciación de dietas humanas, dado que los seres humanos se caracterizan por una dieta más variable que la de otras especies. Los seres humanos, como todos los seres vivos, tienen un rango fijo de concentraciones somáticas elementales que son consistentes con la vida. Las variaciones de tales concentraciones dentro de este rango pueden ser correlacionadas con variaciones en la dieta. De acuerdo a esto, las acumulaciones óseas de ciertos elementos específicos deben indicar la adquisición regular de dichos elementos a través de las fuentes de dieta que los contienen en cantidad notable. Por su parte, los niveles bajos de un elemento pueden representar una carestía de fuentes de dieta que contienen ese elemento, el consumo de fuentes de dieta que inhiben el metabolismo de dichas fuentes, o pérdidas debido a enfermedades metabólicas. La variación nutricional entre grupos diferenciados, y entre individuos diferentes que conforman un mismo grupo, es registrada en la composición ósea. Por lo tanto, el patrón de subsistencia puede ser deducido a partir del conocimiento de los elementos consumidos regularmente.

Por ejemplo, Price y Kavanaugh (1982) compararon las proporciones estroncio/calcio de los herbívoros (venados) coexistentes con restos humanos del Arcaico Tardío en el medio oeste de EE.UU., y concluyeron que, debido a que la proporción estroncio/calcio era más alta en los venados que en los humanos, las proteínas animales constituían el recurso principal en la dieta humana y, por lo tanto, la caza era la actividad de subsistencia predominante.

El análisis de elementos traza puede utilizarse para refinar tendencias dietéticas ya conocidas en un área geográfica específica. White y Schwarz (1989) reconstruyeron la dieta maya desde la prehistoria hasta los tiempos históricos utilizando estroncio, magnesio y zinc. De manera similar, Ericson y otros (1989) demostraron que en el valle de Virú, Perú, existió un cambio temporal en la orientación de la dieta, pues el análisis de los elementos traza mostró que el consumo de los alimentos marinos se redujo mientras que la ingestión de maíz se incrementó.

Estos análisis, junto con otros estudios sobre prácticas funerarias, podrían brindar información referente a la estructura social. Brown y Blakely (1985) concluyeron que los ocupantes del sitio King eran miembros de una sociedad estratificada en la que el status se adquiría en vez de heredarse. Si bien esta interpretación se derivó de la disparidad de valor de las ofrendas mortuorias en cada entierro, la composición ósea de los individuos era homogénea, lo que sugería que todos los

individuos tuvieron dietas similares a lo largo de sus vidas. Contrariamente, Hatch y Geidel (1985) descubrieron una correlación positiva entre status —inferido a partir de bienes mortuorios— y dieta inferida a partir de un análisis multielemental en dos sitios: Dallas, un cacicazgo mississippi en Tennessee y Copán un cacicazgo-estado maya en Honduras.

Algunos investigadores han criticado las conclusiones logradas a partir de los análisis de elementos traza controlados inadecuadamente, y han iniciado una identificación sistemática de fuentes de error potenciales en dichos análisis (Lambert *et al.* 1985; Armelagos *et al.* 1989; Buikstra *et al.* 1989; Radosevich 1989; Hancock *et al.* 1989; Whitmer *et al.* 1989; Kleppinger 1984; Edward y Benfer 1992). Las investigaciones más recientes referidas a los análisis de elementos traza en restos óseos humanos evalúan de manera crítica la literatura previa y discuten frecuentemente las limitaciones de la aplicabilidad de los análisis minerales óseos.

Los estudios de elementos traza en huesos son una fuente valiosa de información sobre las poblaciones prehistóricas. Sin embargo, solo es posible lograr conclusiones válidas si se toma en cuenta el rango complejo de factores que contribuyen a la relación entre los seres humanos y el medio geoquímico (Armelagos *et al.* 1989). Las reconstrucciones de dietas, basadas en la composición química de los huesos fósiles, son solo posibles cuando los resultados son analizados juiciosamente a la luz de los efectos diagenéticos y adecuadamente comparados con la composición química de huesos modernos (Alfassi 1990).

Fuentes de variación no dietéticas

Bumstead (1985) afirma que, si bien los factores metabólicos, raciales y geográficos complican la reconstrucción de la dieta, no hacen que esta sea imposible. Antes bien, propone que el análisis de elementos traza debe ser utilizado en conjunto con información fisiológica del hueso e información etnográfica conocida, a fin de lograr una reconstrucción de patrones alimenticios más confiable que aquella obtenida únicamente a partir del análisis de elementos traza. Francalacci (1989) sugiere una aproximación multivariable junto con análisis de fauna, puesto que los restos faunísticos podrían indicar que los elementos traza son de interés potencial para un estudio particular. El uso de un valor absoluto de un elemento particular puede ser insuficiente para lograr reconstrucciones de dietas.

Las variaciones en la composición química del esqueleto podrían deberse más bien a factores biológicos que a factores dietéticos. Los factores tales como variaciones

metabólicas, raciales y de edad han sido citados como fuentes de diversidad de elementos traza dentro de una población dada (Sillen y Kavanaugh 1982). Sin embargo, la diversidad biológica humana no es infinita y las concentraciones de tejido elemental tienen un rango específico compatible con la vida (Turkein y Kulp 1956; Iyengar *et al.* 1978). De acuerdo con Harrison (1984)

Son pocos los ejemplos conocidos de adaptaciones genéticas específicas a los medios nutricionales. El campo de la nutrición humana destaca por la aparente falta de importancia relativa de los factores genéticos, considerando la enorme diversidad de las dietas tradicionales. Parecería que una característica del hombre sería la capacidad de obtener energía y nutrientes a partir de un sinnúmero de fuentes y esto indicaría una adaptabilidad individual sorprendente. Las causas principales, respecto de las diferencias en los status nutricionales al interior de una población, serían socioeconómicas.

Todos los elementos traza se originan en el medio geoquímico, que no es globalmente homogéneo. Por lo tanto, las variaciones en las concentraciones de elementos óseos entre poblaciones procedentes de regiones geográficas diversas podrían deberse más bien a variaciones en las concentraciones de elementos traza en el medio que a diferencias en la dieta. Sabemos, por ejemplo, que las variaciones en las concentraciones de elementos traza entre las poblaciones modernas guardan correspondencia con aquellas observadas en poblaciones arqueológicas de la misma región geográfica (Price y Kavanaugh 1989).

Como hemos afirmado líneas arriba, la variación de los elementos traza en el esqueleto humano no es infinita. Si bien los valores químicos óseos que se desvían de los rangos normales, obtenidos a partir de comparaciones entre diferentes sitios, no pueden asumirse automáticamente como de origen dietético, es posible averiguar si la causa de tal desviación obedece a variaciones alimenticias o geográficas. El conocimiento del curso seguido por los elementos traza en la geósfera otorga información esencial para el origen de los valores que se desvían del rango normal. Aquellas desviaciones que no tienen origen dietético son de interés crucial para entender el estudio de la composición química de los huesos. En aquellas instancias donde las aberraciones en las proporciones de los elementos traza se deben a variaciones ambientales y, por lo tanto, las conclusiones relativas a la subsistencia no están basadas en comparaciones entre sitios, los resultados podrían arrojar información epidemiológica significativa para la población estudiada (Armélagos *et al.* 1989).

Toots y Voorhies (1965) fueron los primeros en sugerir que la posición en la cadena trófica —basada en la comparación de niveles de estroncio— debería hacerse en animales de la misma manada. La información acumulada a partir de varios estudios de elementos traza en huesos arqueológicos ha confirmado esta sugerencia. Debido a la diversidad geoquímica, la interpretación de la información al interior de los sitios debe realizarse con cuidado (Armélagos *et al.* op. cit.).

Los restos óseos pueden estar afectados por alteraciones post mórtem que oscurecen la acumulación óseo-dietética (Hancock *et al.* 1989). Así, los elementos traza presentes en los huesos y en el ambiente pueden migrar en ambas direcciones y, por lo tanto, la diagénesis puede ocurrir tanto en la fase inorgánica como en la fase orgánica del hueso (Sillen 1990). La diagénesis se desarrolla más rápidamente en los huesos pequeños que en aquellos grandes, y es más probable que ocurra en presencia de descomposición física, aun cuando el reemplazo químico puede ocurrir en ausencia de esta (Pate *et al.* 1989; Hanson y Buikstra 1987). Los modelos explicativos de la diagénesis en las reconstrucciones de dietas son posibles en tanto se acumule información relativa a las características particulares de los elementos, a la tafonomía y biología ósea, así como a la distribución medioambiental de los elementos traza (Pate *et al.* op. cit.).

Elementos

Aunque cada uno de los elementos presentes en un esqueleto humano arqueológico no es una manifestación directa de una dieta en particular, las propiedades de ciertos elementos pueden facilitar el conocimiento de los alimentos consumidos y asimilados regularmente. En esta sección cada uno de los elementos relevantes para la reconstrucción de la dieta en Cardal, a partir de sus restos óseos, será discutido desde la perspectiva de su rango normal y metabolismo en el organismo humano, de sus orígenes dietéticos y geológicos, y de los procesos de diagénesis.

Aluminio (Al)

El aluminio no es un elemento traza esencial para la nutrición de los organismos complejos y es apenas digerido por los seres humanos. Luego de ser ingerido, la mayor parte de este elemento es expulsado en las heces. Solo cuando se ingiere cantidades muy altas se deposita en los huesos. El contenido de aluminio en los alimentos es diverso debido a su variación en el medio ambiente; sin embargo, las fuentes animales de este elemento son invariablemente bajas.

Puesto que el aluminio no se encuentra generalmente presente en cantidades altas durante la vida del hueso, y dado que tiende a migrar desde el suelo hacia el hueso enterrado (Lambert *et al.* 1985; Whitmer *et al.* 1989), podemos sostener que este elemento es un indicador particularmente sensible de la diagénesis.

Bario (Ba)

El bario es tierra alcalina ubicua pobremente absorbida por la glándula mamaria. El 93% de este elemento es absorbido y almacenado en los huesos, de manera tal que sus niveles de presencia en el tejido óseo pueden ser utilizados para determinar la posición en la cadena trófica. Dado que los tejidos orgánicos retienen poca cantidad de bario, en comparación con los huesos, los animales que se alimentan de otros no suelen ingerir el bario asimilado por aquellos organismos inferiores en la cadena trófica. Por lo tanto, los herbívoros poseen concentraciones más altas en el esqueleto que los carnívoros. La proporción natural de este elemento es más alta que aquella del estroncio, de modo que el bario es un discriminador más útil para determinar la posición trófica de los seres vivos analizados.

El alto contenido de sulfatos del agua marina remueve el bario como un precipitado insoluble; por lo tanto, una dieta marina presenta niveles más bajos de este elemento que una dieta terrestre. Burton y Price (1990) sostienen que, debido a que el bario es un discriminador tanto de dietas marinas como de dietas terrestres, a la vez que un indicador de la posición trófica como el estroncio, ambos elementos —como una proporción Ba/Sr— deben ser utilizados para la reconstrucción de paleodietas. Ellos afirman también que las proporciones Ba/Sr son bajas tanto en poblaciones humanas que habitan en el desierto, como en aquellas que habitan en la costa y tienen una subsistencia marina. Adicionalmente, Francalacci (1989) afirma que los análisis espectroscópicos ICP/AE de zinc y bario son los mejores indicadores de los regímenes alimenticios del Neolítico Medio en Italia.

Se ha reportado también que el bario tiene resultados diagenéticos variables, si bien la mayoría de investigadores afirma que migra desde el suelo hacia el hueso (Whitmer *et al.* 1989). Sin embargo, Lambert y otros (1985) han afirmado que el bario es particularmente sensible a la diagénesis, con tendencia a migrar del hueso hacia el suelo.

Bromo (Br)

El bromo no tiene significado biológico conocido en ningún animal, planta o microorganismo, pero está presente invariablemente en los esqueletos humanos

en pequeñas cantidades (Underwood 1977), por lo que resulta útil para el control diagenético. Edward (1987) determinó su vulnerabilidad a las altas temperaturas, pues se pierde luego de quemarse durante seis horas a 600 °C. Tanto este autor como Whitmer y otros (op. cit.) reportan que el bromo migra del suelo hacia el hueso.

Calcio (Ca)

Las principales fuentes alimenticias de calcio incluyen a los vegetales de hojas verdes, nueces, leche y legumbres. La absorción e incorporación del calcio son impedidas por los fosfatos, oxalatos y fitatos (Urdang 1983). Además de ser un indicador de la ingestión de alimentos que contienen calcio, los niveles pueden indicar la integridad biológica de un esqueleto debido a que el calcio es un mineral predominante en los huesos (Burton y Price 1990).

Lambert y sus colaboradores (1985), al igual que Pate y Brown (1985), reportan que este elemento puede perderse a través de las porosidades, pero Whitmer y otros (op. cit.) afirman que se han reportado resultados diagenéticos variables. Finalmente, sabemos que los niveles de calcio no son afectados por la cremación (Edward op. cit.).

Cloro (Cl)

El cloro es el principal anión extracelular. Su distribución natural es ubicua y su concentración en el tejido humano es regulada por control homeostático; por lo tanto, los niveles presentes en los tejidos no son indicadores de ninguna dieta en particular. Se han observado resultados diagenéticos variables para este elemento (Whitmer *et al.* 1989). Sus niveles aumentan con el sodio como un contaminante bajo la forma de cloruro sódico. Igualmente sus proporciones se incrementan luego de que la muestra ha sido cremada durante 48 horas a 400 o 500 °C, pero no después de 48 horas a 600 °C (Edward op. cit.).

Cobalto (Co)

El cobalto es esencial para la formación de hematíes o eutrocitos. En la dieta humana se obtiene bajo la forma de vitamina B12; de otro modo es imposible que el intestino lo absorba. El cobalto que contienen las frutas, los vegetales y los cereales no toma la forma de B12. Este elemento compite con el hierro para ser absorbido por el intestino y tiende a acumularse en los huesos, el hígado y los riñones (Urdang 1983).

Se han reportado resultados diagenéticos variables para el cobalto (Whitmer *et al.* 1989), ya que este un elemento que se pierde en el proceso de cremación (Edward 1987).

Cobre (Cu)

Las fuentes dietéticas que proporcionan cobre incluyen al hígado, las carnes, los peces y mariscos, y los granos enteros (Urdang *op. cit.*), aunque la mayor parte del cobre en la dieta no está disponible biológicamente. Además, los fitatos y sulfatos restan la biodisponibilidad del cobre (Underwood 1977). Una mayor ingestión dietética de zinc, calcio y hierro puede bajar los niveles normales de suero cuprífero. El cobre es transportado junto con la alfaglobulina —como ceruloplasmina— y almacenado en los músculos, huesos, hígado, corazón, riñones y tejidos del sistema nervioso central. Los valores altos de cobre en el esqueleto son indicadores de una dieta carnívora (Francalacci 1989; Alfassi 1990), en tanto que los valores bajos podrían deberse a un aumento del consumo de sustancias que disminuyen la biodisponibilidad del cobre, o a un menor consumo de carnes. Adicionalmente, los valores bajos podrían tener un origen no dietético. Edward y Benfer (1992) afirman que el cobre se pierde a través de la incineración, mientras que Lambert y sus colegas (1985) reportan que es particularmente sensible a perderse a través de la diagénesis.

Escandio (Sc)

El escandio no tiene significado biológico conocido, pero se encuentra universalmente en los esqueletos humanos. Debido a que su movimiento es del suelo hacia el hueso (Whitmer *et al.* 1989) es un indicador útil de contaminación. Edward (*op. cit.*) afirma que cualquier valor mayor a 1,4 ppm indica contaminación. Sin embargo, Iyengar y otros (1978) citan valores tan altos como 4,6 ppm dentro del rango normal en los esqueletos humanos.

Estroncio (Sr)

Posiblemente se trate de un elemento traza esencial que puede reemplazar al calcio en los alimentos, al igual que a cuatro isótopos naturales (Urdang 1983), pero es escasamente absorbido en la dieta humana común. El estroncio es discriminado por los intestinos y por los riñones en favor del calcio, pero no es discriminado por el esqueleto (Mc Lean y Budy 1964). Es depositado en el hueso como un reemplazo equivalente del calcio; de ello resulta que 99% del estroncio absorbido se concentra en el tejido óseo.

Los niveles de estroncio en el esqueleto indican la posición del individuo en la cadena trófica (Franzalacci 1989; Price y Kavanaugh 1989). Las concentraciones de este elemento son más altas en las plantas que en las carnes, y se acumula de manera suficientemente diferenciada para ser un buen discriminador de animales terrestres de hábitos alimenticios conocidos —carnívoro, omnívoro y herbívoro— (Burton y Price 1990). Los niveles bajos son indicadores de una dieta rica en carnes (Sillen y Kavanaugh 1982; Reinhold *et al.* 1983; Mc Lean y Budy 1964) y los niveles altos señalan una dieta basada en el consumo de plantas (Alfassi 1990).

Beck (1985) considera que el estroncio y el zinc son los únicos elementos que pueden utilizarse confiablemente en la reconstrucción de dietas. Las concentraciones de estroncio en el esqueleto son mayores que las concentraciones de bario en los medios marítimos; por lo tanto, sus niveles de presencia en los restos óseos son mayores en las poblaciones con dietas basadas en recursos marinos. Si bien un consumo mayor de plantas se asocia con concentraciones mayores de estroncio, White y Schwarz (1989) reportan una asociación temporal inversa relacionada con un mayor consumo de maíz.

Turkein y Kulp (1956) informan que en poblaciones mayas no se observan variaciones en las concentraciones de estroncio en el esqueleto con respecto a la edad o el sexo. Underwood (1977) reporta que estas concentraciones en poblaciones actuales exhiben marcadas variaciones culturales y regionales, debido al consumo diferenciado de calcio y también a cambios geoquímicos. Asimismo, considera los valores 0,35-1,33 de %Sr/%Ca como un rango normal. Cuanta más pequeña sea el área geográfica, más precisa será la reconstrucción de la posición trófica (Schoeninger 1985). Toots y Voorhies (1965) recomiendan que las reconstrucciones paleoecológicas sean usadas solo para comparar individuos del mismo sitio, debido a que el factor biótico es la variable y el factor medioambiental es la constante.

Lambert y colegas (1985) sostienen que el estroncio no es afectado por la diagénesis. Sin embargo, Whitmer y otros (1989) informan que el estroncio despliega propiedades diagenéticas variables. Tomando en cuenta que este es un elemento traza que constantemente busca revertirse en el hueso y que el cuerpo humano no discrimina estroncio en condiciones post mórtem, puede predecirse con relativa seguridad que, de hallarse presente en el medio geológico, se acumulará progresivamente en la superficie del tejido óseo (Pate y Brown 1985). El estroncio no es afectado por la cremación (Edward 1987).

Hierro (Fe)

El hierro es un elemento traza esencial, disponible en las carnes, los granos enteros y los vegetales de hojas verdes oscuras. La carne proveniente de órganos, la yema de los huevos y las legumbres son las mejores fuentes. No obstante, diversos factores pueden bloquear o menguar la asimilación de este elemento. Por ejemplo, los niveles altos de fosfato pueden bloquear completamente la absorción humana del hierro. De manera adicional, las altas proporciones de cobalto, zinc, cadmio, cobre y manganeso en la dieta tienden a inhibir su absorción gastrointestinal. El consumo predominante de alimentos de origen animal proporciona una gran cantidad de hierro al organismo humano. De manera inversa, las dietas que involucran un consumo elevado de arroz o maíz molido y bajo consumo de carne disminuyen la disponibilidad de hierro para su absorción (Underwood 1977).

Whitmer y sus colegas (1989) informan que diferentes autores señalan resultados diagenéticos para este elemento. Otros sostienen que el hierro es estable, pero la mayoría indica que se añade al tejido óseo a partir de su migración desde el suelo. Por ejemplo, Lambert y sus colaboradores (1985) y Burton y Price (1990) informan que el hierro es particularmente sensible a la diagénesis que ocurre desde el suelo hacia el hueso. Radosevich (1989, citando a Parker y Toots 1970) sostiene que la contaminación ocurre post mórtem, al rellenarse los vacíos de los huesos y por reemplazo de células únicas con hierro.

A su vez, Hancock y colaboradores (1989) señalan otra fuente de contaminación con hierro: los instrumentos de acero inoxidable que se utilizan para operar sobre los restos óseos. También es posible que la técnica de preparación de muestras produzca pérdidas de hierro. Si consideramos que la médula ósea de los individuos adultos es el principal lugar donde se almacena el hierro bajo la forma de ferritina y hemosiderina (Underwood 1977), podríamos esperar que los huesos corticales frescos y secos presenten concentraciones variables de hierro. Debemos anotar también que se ha demostrado (Edward 1987) que el hierro se pierde en el esqueleto cuando el hueso sufre quema intensiva.

Magnesio (Mg)

El magnesio es otro de los elementos que se acumula en el tejido óseo, y puede ser asimilado a través de los granos enteros, las nueces y las legumbres. Su absorción es inhibida por el calcio (Urdang 1983) y por los fitatos encontrados en el maíz, los cuales causan la quelación del magnesio (White y Schwarz 1989).

Los niveles altos son un indicador de una mayor ingestión de vegetales (Francalacci 1989). No obstante, Kleppinger (1984) cuestiona la utilidad de los niveles de magnesio en el esqueleto para la reconstrucción de la dieta. Ella sostiene que su consumo no está correlacionado con su presencia en los huesos de cerdos domesticados con dieta controlada. Asimismo, se sabe que los niveles de magnesio en el esqueleto no son propensos a la variación originada por el dimorfismo sexual. Un estudio de los esqueletos de poblaciones mayas ha demostrado que los niveles de acumulación de magnesio son los mismos en individuos masculinos y femeninos (Turkein y Kulp 1956).

Se han reportado resultados diagenéticos variables para el magnesio (Whitmer *et al.* 1989; Lambert *et al.* 1985). Hancock y sus colegas (1989) afirman que este elemento se lixivia en entierros que yacen en sitios pantanosos o directamente sobre el suelo, aunque no menciona la sección del hueso en el que opera la diagénesis. Hasta donde sabemos, los niveles contrastantes tampoco son afectados por el proceso de quema intensiva (Edward 1987).

Manganeso (Mn)

El manganeso se encuentra ampliamente distribuido en los tejidos humanos y es necesario para varios mecanismos de funcionamiento de las células. Los estudios hechos en animales demuestran que es esencial para el crecimiento normal del hueso (Urdang 1983) y para su adecuada constitución tanto en matrices orgánicas como inorgánicas (Shipman *et al.* 1985). El manganeso se encuentra en vegetales, frutas y cereales (Urdang *op. cit.*). Por eso, en la reconstrucción de dietas, los niveles altos de manganeso indican un consumo sostenido de plantas (Alfassi 1990).

Se ha reportado que este elemento tiene resultados diagenéticos combinados, si bien hay muchos estudios que concluyen que se añade al tejido óseo desde el suelo (Whitmer *et al.* 1989). Lambert y sus colaboradores (1985) indican que el manganeso está muy predispuesto a moverse desde el suelo hacia el hueso, en tanto que Burton y Price (1990) informan que es un indicador confiable de contaminación. El manganeso es útil como control diagenético porque la variabilidad intergrupal es bastante alta, y también porque proporciona lecturas consistentes de dicha variabilidad (Francalacci 1989).

Cuando la concentración de hierro es mayor a 200-300 ppm, la concentración de manganeso se vuelve cuantificable a más de 1,2 ppm. Las concentraciones de manganeso mayores de 2 ppm deben ser consideradas como resultado de la

contaminación proveniente de las herramientas empleadas para cortar el hueso (Hancock *et al.* 1989). La contaminación ocurre bajo la forma de relleno de vacíos y reemplazo de células únicas (Radosevich 1989, citando a Parker y Toots 1970). Finalmente, los niveles de manganeso no son afectados por la cremación (Edward 1987).

Níquel (Ni)

Las fuentes de níquel son las plantas (Urdang 1983). Los vegetales de hojas verdes presentan contenidos bastante altos de este elemento mientras que las frutas, los tubérculos, los granos, los alimentos refinados y los productos animales muestran niveles relativamente bajos (Underwood 1977). Su consumo paralelo con fitatos reduce su absorción intestinal (Urdang *op. cit.*), lo que origina su asimilación generalmente en proporciones muy bajas.

El níquel es un elemento traza esencial, necesario para el funcionamiento de la tiroides. Está presente en todos los tejidos y fluidos animales, y no parece concentrarse en ningún órgano en particular. Los efectos diagenéticos ocurren bajo la forma de movimientos desde el suelo hacia el hueso (Whitmer *et al.* 1989).

Potasio (K)

El potasio es el principal catión intracelular y sus niveles en el tejido son estrictamente regulados por mecanismos homeostáticos. Es un nutriente esencial y su distribución natural es generalizada, por lo cual sus niveles no son indicativos de ninguna dieta en particular. Whitmer y colegas (1989) reportan resultados diagenéticos variables.

Rubidio (R)

Es probable que el rubidio sea un elemento traza esencial. Se comporta fisiológicamente de manera similar al potasio, siendo todas las células permeables a este elemento. Por ello puede ser un sustituto nutricional del potasio (Underwood 1977). Es principalmente intercelular y se acumula escasamente en el hueso con menos de 40 ppm (Kleppinger 1984).

Radosevich (1989, citando a Parker y Toots 1970) afirma que el rubidio es soluble en el agua y no se encuentra de manera natural en el hueso, pero sí en los suelos. Debido a esto, su presencia en el hueso implica contaminación. El rubidio se pierde a través del proceso de quema intensiva (Edward 1987).

Selenio (SE)

Es un elemento traza esencial (Iyengar *et al.* 1978). Se encuentra en las carnes y los granos enteros, siendo los peces y mariscos las fuentes más ricas (Urdang 1983). Cuando es afectado por la diagénesis suele moverse del suelo hacia el hueso (Whitmer *et al.* 1989). Edward y Benfer (1992) informan que los niveles de este elemento no son afectados por la incineración. Sin embargo, habría que tener en cuenta que los resultados de su experimento solo involucran al selenio inorgánico. El selenio orgánico bien podría perderse a través de la cremación.

Sodio (NA)

El sodio es un elemento ubicuo y es el principal catión extracelular, siendo su concentración somática regulada por mecanismos homeostáticos. Por esto, el sodio rinde escaso beneficio para la reconstrucción de las dietas, salvo como indicador de contaminación. Lambert y otros (1985) señalan que este elemento puede perderse a través de la porosidad y probablemente también debido al proceso de quema intensiva (Edward 1987).

Vanadio (V)

Este importante elemento traza cumple un rol fundamental en la formación del hueso (Iyengar *et al.* op. cit.). Las fuentes son los granos, cereales, raíces de vegetales y nueces. Los niveles altos en los huesos indican consumo de nueces y bayas. Sin embargo, su presencia no corresponde con la posición trófica y, por lo tanto, sus proporciones en el esqueleto no son confiables para la diferenciación entre especies de carnívoros, herbívoros y omnívoros (Urdang op. cit.). En las reconstrucciones de dietas los niveles altos de vanadio indican consumo de plantas (Alfassi 1990).

Lambert y colaboradores (1985) reportan que el vanadio es particularmente sensible a la diagénesis y que migra del hueso hacia el suelo. No obstante, Whitmer y colegas (op. cit.) afirman que este elemento tiende a moverse desde el suelo hacia el hueso.

Zinc (ZN)

El zinc es otro elemento traza esencial del organismo humano (Urdang 1983; Mc Lean y Budy 1964). Es incorporado como un reemplazo isovalente del calcio, transportado en las proteínas del plasma y almacenado en el hígado, los

músculos, los huesos y los órganos. El 20% de todo el zinc contenido en el cuerpo se encuentra en los huesos (Urdang op. cit.). Spencer y otros (1976) informan que el zinc no se encuentra bajo control homeostático y que se excreta a través del sudor, la orina y las heces. Sin embargo, Kirchgeßner y sus colegas (1983) indican que el zinc se encuentra bajo control homeostático, aunque se pierde a través del sistema integumentario, la menstruación (0,5 miligramos por período), el crecimiento del pelo y las excreciones cuando no es reemplazado mediante la dieta. Algunas investigaciones reportan que las concentraciones de zinc en el esqueleto son más bajas en las mujeres que en los hombres mayas, aunque los isótopos de nitrógeno —indicativos del consumo de carne— no son más bajos en las mujeres que en los hombres de esta población. Esto indica claramente que el comportamiento del zinc es sexualmente dimórfico.

Las fuentes alimenticias más ricas en zinc son el hígado, el pescado y los mariscos; entre estos últimos especialmente las ostras (Urdang op. cit.). Las concentraciones de zinc en los esqueletos de carnívoros, omnívoros y herbívoros están distribuidas en forma de una pirámide invertida, correlacionándose con las posiciones tróficas (Reinhold *et al.* 1983). En la reconstrucción de dietas humanas las concentraciones elevadas de zinc en el esqueleto son indicativas del consumo de carne (Alfassi 1990) o de moluscos marinos (Francalacci 1989). Niveles altos se encuentran también en ciertas nueces y legumbres, por lo que el zinc por sí solo no es un buen indicador de una dieta carnívora. Beck (1985) considera al zinc y al estroncio como los dos únicos elementos confiables para la reconstrucción de dietas.

De acuerdo con O'Dell y Savage (Oberleas y Moody 1982), el zinc es ocultado por fitatos de una manera sinérgica junto con el calcio. Además, sus concentraciones en el esqueleto muestran una asociación temporal inversa con el consumo de maíz (White y Schwarz 1989). La cantidad de zinc alimenticio tiene una relación positiva con la cantidad de proteínas —nitrógeno—. Lambert y otros (1985) sostienen que el zinc no es afectado por la diagénesis; sin embargo, Whitmer y otros (1989) afirman que se han reportado resultados diagenéticos variables. Los huesos que se encuentran en suelos ácidos están extremadamente expuestos a contaminarse con zinc, que desplaza al calcio del tejido óseo (Radosovich 1989; Lambert *et al.* 1985; Pate *et al.* 1989). El zinc se pierde después de seis horas de quemado, sin importar la temperatura a que fue sometido. La cantidad que se pierde durante su quema queda retenida en las paredes del crisol (Edward y Benfer 1992).

El conocimiento de las concentraciones de elementos en los restos humanos — especialmente del estroncio, bario, zinc y magnesio— nos ayudará a evaluar las hipótesis acerca del rol de los componentes silvestres y domésticos, y de aquellos marinos y terrestres en la dieta de las civilizaciones emergentes de la costa central peruana.

Análisis

Análisis de suelos

El análisis de suelos fue diseñado para determinar si había ocurrido diagénesis en esta población. Cinco muestras de tierra fueron tomadas de los entierros de Cardal y sometidas a un examen de pH. Como se sabe, los suelos ácidos inician la erosión del periostio del esqueleto, lo cual permite que los elementos presentes en el suelo interactúen libremente con los elementos presentes en el hueso, y por lo tanto muestren una probabilidad mayor de diagénesis (Radosevich 1989). El pH de las muestras del sitio de Cardal variaba entre 5,69 y 6,36. Estas proporciones no descartan la posibilidad de que la diagénesis haya ocurrido; sin embargo, el pH del suelo se encuentra dentro del rango que favorece la preservación de las osamentas desde el momento de la muerte de los individuos.

Análisis de restos óseos

Para los fines de esta investigación se analizó solo las secciones de los fémures de adultos, debido a que son menos susceptibles a los efectos diagenéticos en comparación con otras partes del esqueleto (Sillen y Kavanaugh 1982). El análisis histológico de las secciones de fémures fue diseñado con la finalidad de determinar la interacción química de los materiales óseos. Si bien los huesos pueden sufrir intercambios químicos post mórtem sin presentar ninguna evidencia de alteración anatómica, la composición química del esqueleto no reflejará los elementos presentes en el momento de la muerte. Se ha demostrado que las evidencias de alteraciones histológicas son mejores indicadores de los intercambios químicos que las alteraciones anatómicas, fácilmente observables a simple vista (Hanson y Buikstra 1987).

El procesamiento del material óseo fue realizado en una «caja de guantes» diseñada especialmente para esta investigación por Wale Oladiran, de la oficina del Reactor de Investigaciones de la Universidad de Missouri, y construida por el Departamento de Instrumentos Científicos de la misma casa de estudios.

El propósito de esta caja era minimizar la diseminación del polvo de los huesos por acción de las corrientes de aire, previniendo así la contaminación entre los mismos especímenes, además de disminuir los riesgos biológicos potenciales para el investigador. La delimitación de las superficies óseas que se analizarían facilitó la limpieza entre el procesamiento de una y otra muestra.

Para la limpieza utilizamos Versaclean 1:4 y para el enjuague agua desionizada; el proceso fue repetido de manera independiente entre muestra y muestra. Además, a lo largo de todo el procesamiento de las muestras, utilizamos guantes para prevenir su contaminación. Otra de las precauciones tomadas incluyó el uso de máscaras para el rostro durante todo el trabajo, incluso durante la limpieza de la caja.

Por lo general las muestras óseas son incineradas con el objeto de eliminar los elementos orgánicos presentes en altas cantidades que puedan interferir en la cuantificación de los elementos traza. Sin embargo, nuestras muestras no fueron cremadas, dado que se ha demostrado recientemente que ello produce la pérdida de ciertos elementos (Edward 1987; Edward y Benfer 1992).

Análisis de activación de neutrones (AAN)

Nuestro procedimiento analítico ha buscado caracterizar los elementos traza presentes en los restos óseos humanos a partir del análisis de activación de neutrones. Este es un método de análisis basado en las propiedades de los núcleos de los átomos. Cuando estos son expuestos al bombardeo de neutrones, los isótopos estables se convierten en isótopos radiactivos —o radionúclidos—, emitiendo radiaciones gamma y beta susceptibles de ser cuantificadas a medida que decrecen.

El material cuya concentración de elementos traza se desea cuantificar es bombardeado de neutrones en un reactor o acelerador nuclear. Luego del bombardeo cada uno de los elementos emite rayos beta y gamma característicos. El nivel de activación de los rayos gamma de un material dado es proporcional a la concentración de un elemento en ese material. La cuantificación se logra comparando los estándares que contienen cantidades conocidas del elemento con la actividad de los no conocidos.

El AAN es sensible a muchos elementos presentes hasta en 0,001 ppm, lo que permite un análisis multielemental. Esta es una consideración particularmente significativa en el caso de Cardal debido a la amplia variedad de fuentes alimenticias disponibles para sus habitantes, y a que ciertos elementos solo estarán presentes si la diagénesis tuvo lugar.

La composición elemental de los huesos es más similar a los estándares geológicos que a los estándares biológicos no óseos, y muchos elementos de interés se encuentran más concentrados en los primeros. Más aún, los estándares geológicos contienen elementos traza que no se encuentran normalmente en los huesos, pero sí están presentes en los huesos arqueológicos como resultado de la contaminación derivada de su enterramiento en determinado suelo.

Estudio multielemental

Los especímenes óseos SM01BO-SM13BO fueron irradiados en el reactor nuclear durante cinco segundos, en fila 1 y a un flujo terminal de 8×10 neutrones centímetros cuadrados. Las muestras fueron dejadas en descomposición durante tres minutos y luego observadas durante 500 segundos. Cada una de las muestras fue irradiada y dejada en descomposición en alícuotas de fisura, y observadas simultáneamente en los detectores uno y tres. Además, posteriormente la muestra ósea SM15BO y las muestras de suelos SM01SO-SM05SO fueron irradiadas también durante cinco segundos, de acuerdo a las especificaciones mencionadas anteriormente. Como resultado, el zinc, estroncio y bario no fueron detectados debido a las cantidades elevadas de sodio y manganeso presentes en las muestras óseas.

También fueron irradiadas varias alícuotas duplicadas de los especímenes SM01BO-SM05BO durante cinco segundos, siguiendo las especificaciones anteriores, y luego dejadas en descomposición durante tres minutos para más tarde ser observadas en los detectores uno y tres. Los especímenes mencionados fueron observados durante veinticinco segundos. Además, los especímenes SM05BO-SM15BO fueron registrados durante 500 segundos. Los especímenes SM05BO-SM12BO fueron observados también durante el mismo lapso de tiempo y luego dejados en descomposición por 160 minutos. El manganeso se encontraba presente en tal cantidad que, aun cuando los especímenes se registraron luego de dos horas de descomposición, seguía predominando sobre los estándares máximos de estroncio y zinc. Además, la concentración relativamente alta de sodio, junto con su alto promedio de vida (14 horas) en comparación con el estroncio (2,81 horas) y zinc (3,94 horas), hicieron imposible la detección de estos dos elementos traza a través de radiaciones cortas.

Las altas cantidades de aluminio prevalecían sobre los estándares máximos de otros elementos traza. Por ello, diferentes alícuotas duplicadas de las muestras de suelo SM01SO-SM05SO fueron irradiadas durante cinco segundos —según las especificaciones mencionadas anteriormente—, dejadas en descomposición

durante quince minutos y luego observadas durante 500 segundos en los detectores 1 y 3. Posteriormente, diferentes alícuotas de estas muestras fueron nuevamente irradiadas, dejadas en descomposición y observadas durante los mismos períodos de tiempo, pero en la posición número ocho. El tiempo de descomposición se alargó en el caso del aluminio, debido a que este elemento tiene una vida promedio de solo 2,24 minutos; razón por la cual tuvimos que aumentar el tiempo para incrementar la sensibilidad de la detección.

Finalmente las alícuotas duplicadas de los especímenes SM01BO-SM15BO fueron irradiadas durante cien horas, a un flujo terminal de 1,8 neutrones x 10 centímetros cuadrados. Fueron dejadas en descomposición durante una semana y se observaron durante 500 segundos con un espectrómetro de rayos gamma de alta resolución.

Estroncio

Para este elemento se diseñó un experimento científico. Alfassi (1990) ha observado que si bien los estándares geológicos son utilizados generalmente como material de referencia en lugar de los biológicos —debido a las consideraciones especiales cuando se contrastan huesos arqueológicos a través del AAN— es más recomendable el uso de estándares primarios para estudios de este tipo. Por lo tanto, en el caso del estroncio, este experimento utiliza un estándar *in-house*, a fin de tener mayor sensibilidad que la proporcionada por otros estándares comúnmente utilizados. A su vez, el tamaño de la muestra y el tiempo de irradiación fueron aumentados para incrementar la actividad del estroncio. El tiempo de descomposición se amplió hasta 2,5 horas para permitir una pérdida máxima de manganeso, el cual tiene una vida promedio de 2,58 horas, y una pérdida mínima de estroncio que tiene una vida media de 2,81 horas. Asimismo, como un recurso de control, se analizó huesos de bovinos que tenían cantidades conocidas de estroncio, junto con los huesos humanos.

Resultados

En la mayoría de las muestras se obtuvo una cuantificación de veintidós elementos, cuyos resultados se presentan en el cuadro 1. Algunos valores estuvieron por debajo del rango de detección; estos están indicados como valores vacíos en el cuadro. Los cuadros bivariados muestran la correlación entre los elementos traza que están agrupados a través de las fuentes alimenticias. El zinc y el cobalto (figura 1) están asociados con el consumo de carnes, mientras que el bario, el estroncio y el vanadio (figuras 2 y 3) se relacionan con el consumo de vegetales.

Cuadro 1. Valores de elementos traza de Cardal

	As	Al	Ba	Br	Ca	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	La	Mg	Mn	Na	Sb	Sc	Se	Sr	V	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
SM01BO		152	12,08	68	366.658	0,72	18.859	2,24	1,12	0,038	0,0076	85	0,409	1.824	1.608	9.987	0,107	0,0043		394	1,45	97
SM02BO	9,46	137	6,53		383.578		19.548	15,40	0,98		0,0144	34	0,244	733	3.619	7.715	0,071	0,0043	0,67	160	0,33	249
SM03BO	4,30	125	16,40		380.331	0,84	22.559	4,33			0,0188	39	0,224	1.655	2.941	9.737	0,043	0,0024		409	0,78	215
SM04BO		101	18,50	94	358.059		24.173	3,07			0,0069	30	0,187	2.412	599	17.532	0,084	0,0029	1,33	466	0,83	103
SM05BO		180	23,90	20	376.970		18.735	7,71		0,033	0,0056	99	0,262	1.092	2.337	5.982	0,103	0,0056	1,60	322	1,74	250
SM06BO	4,86	98	11,29	160	361.107		25.143	0,45				60	0,025	3.724	277	11.664	0,017	0,0022	1,12	357	0,63	121
SM07BO		142	37,00	29	374.512		21.413	6,56		0,029	0,0073	47	0,443	1.069	1.666	9.902	0,088	0,0039		383	1,18	176
SM08BO		185	9,80	14	379.228		26.747	9,33		0,026	0,0088	46	0,151	1.266	3.714	8.925	0,039	0,0029	1,58	362	1,19	214
SM09BO	3,91	133	37,50	9	378.501	1,10	12.680	6,12			0,0209	72	0,617	975	1.003	5.150	0,168	0,0057	2,22	323	3,17	216
SM10BO	1,87	123	36,30	81	364.096	2,69	29.146	4,81	0,50	0,046	0,0333	40	1.404	1.563	1.666	18.901	0,121	0,0053	1,42	528	1,63	145
SM11BO		405	18,90		380.282		10.983	16,97		0,029	0,0358	80	0,537	607	2.419	5.529	0,119	0,0069	1,70	450	7,58	810
SM12BO	7,56	132	19,35	45	377.270	0,67	24.589	3,98		0,015	0,0086	41	0,525	2.385	2.562	11.525	0,079	0,0019	2,00	410	1,17	194
SM13BO		132	15,20	22	377.511		18.446	4,53			0,0071	152	0,142	1.931	2.648	7.284	0,066	0,0007		268	1,16	217
SM14BO		104		135	349.287		13.989	4,27			0,0032	292	0,153	3.140	858	9.998	0,028	0,0025	1,36	147	0,53	124
SM15BO	18,60		43,30		362.280		4.537	4,90	0,66	0,058	0,0199	341	2.358	1.815	429	7.536	0,705	0,0258	2,24	415	7,88	128
suma	50,56	2146	306,05	676	556.9666	6,02	291.542	94,65	3,26	0,274	0,1979	1453	7,679	26.188	28.342	147.364	1,837	0,077	17,25	5.391	31,22	3.256
cont,	7,00	14	14,00	11	15	5,00	15	15,00	4,00	8,000	14,0000	15	15,000	15	15	15	15,000	15,000	11,00	15	15,00	15
prom,	7,22	153	21,86	61	371.311	1,20	371.311	6,31	0,82	0,034	0,0141	97	0,512	1.746	1.889	9.824	0,122	0,005	1,57	359	2,08	217
std,	5,60	77	11,88	51	10.222	0,84	10.222	4,55	0,28	0,013	0,0103	95	0,609	880	1.114	3.965	0,166	0,006	0,47	105	2,39	172
% std,	77,58	50	54,34	83	3	70,24	3	72,11	34,96	38,411	72,8185	98	118,882	50	59	40	135,466	115,678	29,94	29	114,82	79

FIGURA 1
CARDAL: Co x Zn

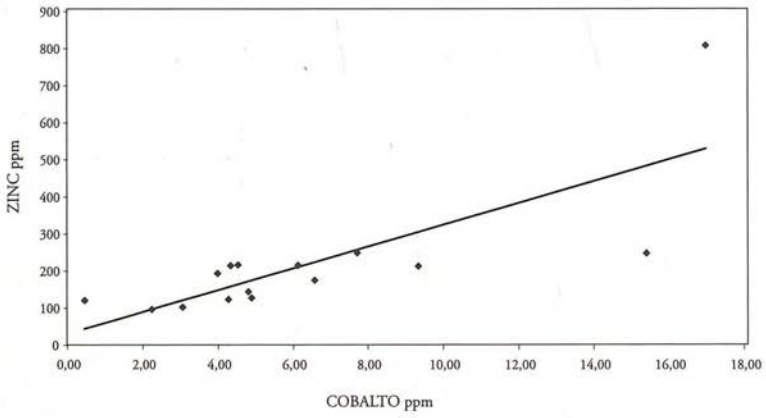


FIGURA 2
CARDAL: Bax

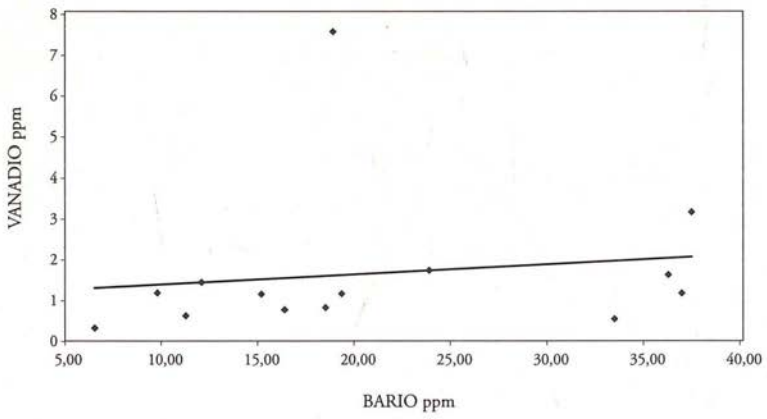
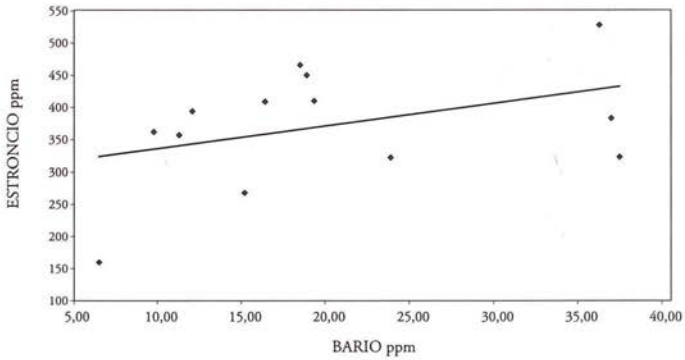


FIGURA 3
CARDAL: Bax



En las poblaciones de Cardal, del Precerámico con Algodón y de Paloma, los promedios de los elementos que nos interesan para la reconstrucción de dietas fueron expresados como una proporción en relación al calcio. Estos promedios y proporciones se encuentran consignados en el cuadro 2

En la siguiente sección se discuten las implicancias para la reconstrucción de dietas. Las figuras 4 y 5 muestran las tendencias diacrónicas de las concentraciones promedio de hierro, cobalto, estroncio, zinc y magnesio —expresadas como proporciones con relación al calcio— para las tres poblaciones en estudio.

Cuadro 2. Comparación entre los promedios de las concentraciones de los elementos traza seleccionados y las proporciones de calcio en los mismos elementos. Sitios Cardal, Paloma y del Precerámico con Algodón

SITIO	Br	Ca	Cl	Co	Fe	Mg	Mn	Na	Sb	Sc	Se	Sr	Zn
CARDAL													
prom. IIIA	66,8	370.636	17.556	4,45	64	1520	1.633	8.610	0,056	0,0026	1,58	2,80	140
elem. / Ca				0,012	0,173	4,1					0,0043	0,755	0,378
prom. IIIB	31,5	373.687	9.400	5,99	164	1132	12.83	6.072	0,3307	0,0128	2,04	396	385
elem. / Ca				0,016	0,439	3,03					0,0055	1,06	1,03
prom. Cardal	60,9	371.246	19.436	5,64	97,2	1746	1.889,7	9.825	0,1225	0,0051	1,57	360	217
elem. / Ca				0,015	0,262	4,7					0,0043	0,97	0,586
PRECER-ALG.													
prom.	45	272.785	17.388	4,59	11,8	4.269	12,12	13.171		1,744		189,5	101,4
elem. / Ca				0,016	0,0043	15,65						0,695	0,372
PALOMA													
prom. 200	274,3	286.643	28.681	1.482	59,1	5.767	24,12	33.810	0,12	0,0027	1,51	273	123,9
elem. / Ca				0,005	0,206	20,12					0,0052	0,952	0,429
prom. 300	336,3	285.963	29.653	0,78	36,9	5.851	17,23	31.268	0,06	0,0011	1,36	237	118,6
elem. / Ca				0,002	0,129	20,46					0,0047	0,829	0,414
prom. 400	307,5	287.023	27.762	0,198	66,68	6.020	27,4	28.401	0,13	0,0063	1,25	295	121,5
elem. / Ca				0,0006	0,232	20,97						1,028	0,423

FIGURA 4
CARDAL Mg, Zn, SR

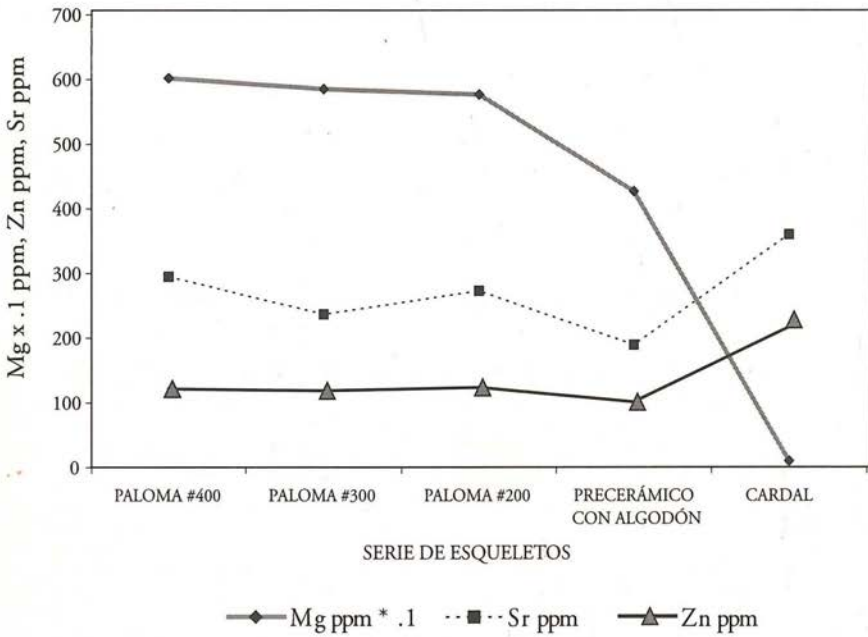
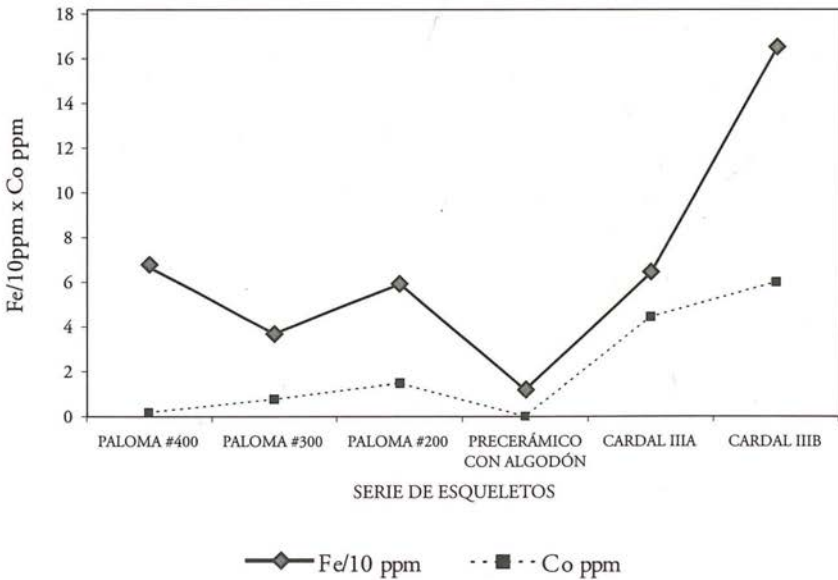


FIGURA 5
CARDAL Fe x Co



Manganeso

Este elemento ha sido detectado en exceso en las muestras óseas. Es posible que sus niveles de presencia se deban a problemas de contaminación. Un experimento diseñado en el reactor nuclear para probar la existencia de contaminación por manganeso, llevado a cabo durante el procesamiento de la muestra, indicó que la acumulación de este elemento ocurrió antes de que recibiéramos los restos. Las pruebas para determinar los niveles de manganeso presentes en el suelo revelaron cantidades significativamente más bajas que aquellas presentes en el esqueleto. Estas cantidades presentes guardan correspondencia con otras concentraciones de manganeso reportadas en suelos peruanos. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que los niveles correspondientes a los suelos de Cardal fueran originalmente muy elevados, y que estos se habrían reducido conforme el elemento migraba hacia los huesos. El origen de estos niveles altos podría aclararse a través de mejores análisis, tanto de suelos como del material óseo en contexto.

Puesto que asumimos que las causas para la concentración de manganeso pueden ser determinadas, y que este no alcanzó a reemplazar a ninguno de los elementos de interés primario para la reconstrucción de dietas, continuamos con los análisis previstos. Burton y Price (1990) demostraron que existe una correlación positiva entre los niveles altos de bario y los niveles altos de hierro y manganeso en el esqueleto. Ellos observaron en la muestra de Paloma que tanto los huesos de niños como la superficie de los huesos de adultos fueron contaminados con óxidos de bario, manganeso y hierro. En la literatura relativa a la reconstrucción de dietas no hay referencias sobre casos en los que el manganeso haya afectado los niveles de estroncio y calcio, que son los elementos traza más diagnósticos para este tipo de reconstrucciones. El zinc, que es equivalente al calcio, ha sido encontrado en cantidades normales en esta población y es reportado en la literatura como un elemento flexible a los efectos de la diagenesis. Por lo tanto, en este estudio, asumimos que estos elementos están presentes en proporciones que corresponden a aquellas cantidades acumuladas hasta el momento de la muerte del individuo.

Los niveles de manganeso y sodio presentan un problema técnico para el análisis del resto de elementos que nos interesan. Debido a que estos niveles son muy altos, cuando son activados ocultan la radiación que emiten el estroncio, el bario y el zinc. Ninguno de estos elementos ha sido contrastado mediante radiación corta, pero sí mediante radiación larga. Los experimentos iniciales con radiaciones cortas mostraron máximos identificables para el estroncio y el zinc, aunque con una cuantificación variable debido al *setting* elevado originado por el manganeso

y el sodio. Los experimentos adicionales, con muestras de radiación y tiempos de caída, no pudieron demostrar máximos identificables para el bario.

La prueba para la cuantificación del estroncio tuvo éxito solo en aquellas muestras que tenían una concentración de manganeso menor a 1.500 ppm. Se obtuvo valores para todas las muestras, aunque aquellas con una concentración más alta de manganeso tenían un «tiempo muerto» de 50% mientras se encontraban sometidas a análisis. Varias de las emisiones de las muestras escaparon a la detección en lugar de ser estabilizadas, debido a su actividad extremadamente variable. Por lo tanto, los valores obtenidos en estos casos no son confiables. Las muestras con un «tiempo muerto» elevado son directamente correlacionables con los niveles altos de manganeso previamente contrastados.

Se puede hacer pruebas adicionales para estos elementos utilizando un crisol de boro o cadmio, con el que disminuiríamos la actividad del manganeso o del sodio sin afectar la actividad cuantificable del estroncio y zinc (Glascock *et al.* 1985). El uso potencial de un crisol de boro o cadmio, como medio para contrastar el bario, no ha sido reportado, por lo que no se puede predecir con facilidad el éxito del procedimiento. Un método alternativo de contraste es la radiación larga, ya señalada en la literatura como un medio exitoso para contrastar el bario en los huesos.

Conclusiones sobre la dieta

Vegetal

Si la subsistencia en Cardal supuso un cambio hacia el uso más intensivo de alimentos vegetales, se podría esperar un aumento de bario —a no ser que las fuentes vegetales sean marinas; por ejemplo, algas—, magnesio, estroncio y vanadio en el esqueleto; y una disminución en las concentraciones de cobalto, cobre, hierro y zinc. Hay que tener presente que el bario, el cobre y el vanadio no fueron contrastados en el caso de los sitios de Paloma y del Precerámico con Algodón —más tardíos—. Sin embargo, como se ve en el cuadro 2 y en la figura 4, la concentración promedio de estroncio en el esqueleto es mayor en la población de Cardal que en aquellas del Precerámico con Algodón, y es aproximadamente la misma en el último nivel de ocupación de Paloma. A la vez, es menor que la concentración correspondiente al primer nivel de ocupación del mismo sitio y mayor al nivel de ocupación promedio. Por otro lado, es mayor en Cardal que en Paloma, y es comparable con la concentración promedio de cobalto en los restos del Precerámico con Algodón (figura 5 y cuadro 2). Además, las concentraciones promedio de

hierro y zinc en el esqueleto son mayores en la población de Cardal que en aquellas de Paloma y del Precerámico con Algodón (figuras 4 y 5, cuadro 2).

La concentración promedio de estroncio en los esqueletos de Cardal es elevada, comparada con las dos últimas ocupaciones de Paloma y de los sitios del Precerámico con Algodón. Esto parece indicar una tendencia hacia una dieta con una mayor dependencia de los recursos vegetales. Sin embargo, tal como lo muestra el cuadro 2 y la figura 4, la ocupación más temprana de Paloma tiene una concentración promedio de este elemento mayor a la de todas las ocupaciones posteriores con las cuales ha sido comparada en este estudio. El nivel de estroncio en la ocupación más temprana de Paloma responde más bien a un origen marino que vegetal. Por lo tanto, este elemento por sí solo no puede indicar subsistencia de base vegetal en esta región.

Las fuentes vegetales de hierro, cuyas concentraciones son elevadas en los huesos humanos de Cardal (figura 5 y cuadro 2), incluyen a los vegetales de hojas verdes, aunque sus restos no han sido recuperados en cantidades significativas en el sitio. Este elemento se encuentra también presente en el maní, leguminosa que fue componente de la dieta de Cardal; sin embargo, la concentración de hierro en los esqueletos es significativamente más alta en el Sector IIIB de Cardal (cuadro 1). Así, hemos comprobado que los ocupantes de este sector consumían menos maní (2% del total de vegetales) que aquellos del Sector IIIA, donde el maní contribuyó en gran proporción (14% del total). Por lo tanto, asumiendo que la unidad de procedencia refleja la dieta de los individuos enterrados en dicha unidad, el origen de las altas concentraciones de hierro en Cardal no se debió probablemente a un mayor consumo de vegetales.

La absorción intestinal del zinc depende de la ingestión total de proteínas, y esta puede elevarse con un consumo mayor de legumbres. No obstante, las legumbres constituyen menos del 1% de los restos vegetales recuperados en Cardal. En ausencia de fuentes vegetales conocidas, y de alternativas de proteínas y zinc, suponemos que las concentraciones óseas de este elemento en Cardal serían, más bien, resultado de un consumo elevado de proteínas animales y no de origen vegetal.

El cobalto no se encuentra biológicamente disponible en las frutas vegetales o cereales. El incremento de su concentración promedio en las muestras óseas de Cardal, comparado con las poblaciones anteriores, es precisamente opuesto a lo que habíamos pronosticado como resultado de un cambio en la orientación de la subsistencia hacia fuentes vegetales (figura 5 y cuadro 2).

Maíz

Si el maíz fue un componente de la dieta que fue adquiriendo importancia progresiva, entonces deberíamos esperar una disminución en los niveles de calcio, cobre, magnesio, zinc y hierro, y un aumento en los niveles de vanadio. Sin embargo, los niveles de este último elemento y del cobre no fueron contrastados en los restos de Paloma y del Precerámico con Algodón. De hecho, las concentraciones óseas de calcio (cuadro 2), hierro y zinc (figuras 4 y 5) son más altas en Cardal que en los sitios más tempranos; siendo esta tendencia contraria a lo que predice el modelo del mayor consumo de maíz. No obstante, las concentraciones de magnesio en los esqueletos de Cardal son significativamente más bajas que las registradas en las muestras de Paloma y del Precerámico con Algodón, lo cual es consistente con un mayor consumo de maíz. Este patrón de concentraciones elevadas de calcio, magnesio, zinc y hierro es consistente con una alta ingestión de maíz dentro de un contexto de mayor consumo de proteínas animales; ya que la ingestión de pescados y mamíferos pudo haber elevado las concentraciones de calcio, zinc y hierro en los huesos. El maíz también sería responsable del proceso de quelación del cobalto igualmente presente en las proteínas animales.

Proteínas

El cobalto, el zinc y el hierro son indicadores de una dieta basada en el consumo de carnes. Las concentraciones promedio de los dos últimos elementos aumentan en las muestras de Cardal en contraste con las ocupaciones previas (figuras 4, 5 y cuadro 2). Por su parte, las concentraciones promedio de cobalto en este sitio son significativamente más altas en comparación con aquellas de las ocupaciones de Paloma, pero disminuyen levemente con relación a los niveles alcanzados en las poblaciones del Precerámico con Algodón (figura 5 y cuadro 2). El hierro, que compete con el cobalto por su absorción intestinal, disminuye considerablemente durante el Precerámico con Algodón. Entonces, si las fuentes de carne ricas en hierro, tales como los órganos y los moluscos, eran consumidas con menor frecuencia durante el Precerámico con Algodón, habría mayor disponibilidad de cobalto para la absorción intestinal, aun si no se elevasen las cantidades de cobalto mediante el consumo de carnes.

Las concentraciones elevadas de cobalto, zinc y hierro en las muestras óseas de Cardal —en comparación con Paloma y el Precerámico con Algodón— no son explicables a partir de las fuentes vegetales recuperadas en el sitio. En cambio, son coherentes con un consumo significativo de carnes (figura 3). A partir de

estos hallazgos podríamos concluir que los residentes de este sitio consumieron mayor cantidad de proteínas de origen animal con respecto a las poblaciones anteriores. No obstante, es necesario considerar el componente marino en la dieta a fin de ensayar interpretaciones más específicas.

Fuentes terrestres *versus* fuentes marinas

Es posible diferenciar las fuentes proteínicas en las tres poblaciones analizadas en este estudio debido a que el cobalto, el zinc y el hierro están asociados con el consumo de proteínas. Estos tres elementos compiten para ser absorbidos por los intestinos, y cada uno puede concentrarse de manera diferenciada tanto en fuentes alimenticias marinas como terrestres. Las fuentes de proteínas terrestres están generalmente asociadas con niveles elevados de cobalto, hierro y bario, y a la vez con una disminución en los niveles de magnesio. Una dieta basada en proteínas marinas usualmente genera concentraciones elevadas de selenio, estroncio y zinc.

Las concentraciones promedio de magnesio en el material óseo de Cardal son significativamente bajas en comparación con los registros para las ocupaciones costeñas más tempranas (figura 4, cuadro 2). A su vez, la concentración promedio de cobalto en los esqueletos es ligeramente menor que aquella del Precerámico con Algodón, y significativamente más alta que la de todas las ocupaciones de Paloma (figura 5, cuadro 2). Asimismo, la concentración de hierro es más alta en Cardal con respecto a las poblaciones de Paloma y del Precerámico con Algodón (figura 5, cuadro 2). La disminución en los niveles de magnesio probablemente se explique por un incremento del consumo de maíz. Si se consumen mayores cantidades de magnesio, este experimenta un proceso de quelación debido a los fitatos producidos por el consumo de maíz.

La concentración promedio de zinc es apenas más alta en los restos óseos de Cardal que en aquellos de las ocupaciones previas, mientras que la concentración promedio de estroncio es claramente mayor, tanto si la comparamos con la de los sitios del Precerámico con Algodón como con la de las dos últimas ocupaciones de Paloma. Este contraste parece indicar un incremento en el consumo de proteínas de origen marino. No obstante, la anchoveta y el arenque, fuentes principales de proteínas en la costa peruana, no proporcionan zinc. La presencia de este elemento en los lobos marinos, cuyo consumo aumentó a través del tiempo en Paloma, es desconocida. Sin embargo, el incremento de las concentraciones de zinc en los materiales de Cardal podría estar relacionado con un mayor consumo de moluscos o de animales terrestres.

Las concentraciones óseas de selenio son más bajas en promedio en Cardal que en Paloma; incluso en las muestras de este último sitio existe un patrón de descenso. Asimismo, el nivel promedio de selenio en la última ocupación de Paloma es semejante al que exhibe la ocupación más temprana en Cardal (cuadro 2). Sabemos que el selenio no está presente en fuentes terrestres y que se concentra en fuentes de origen marino. Así, al parecer, la subsistencia en la costa peruana estaba cada vez más orientada hacia los recursos del mar. Sin embargo, las algas yodíferas, los arenques y las anchovetas —que son recursos importantes— no contienen selenio, mientras que los moluscos —otro recurso importante— son una fuente rica en este elemento. Probablemente en la costa peruana el selenio indicaría la cantidad relativa de moluscos en la dieta. Reitz (1988) ha demostrado que la cantidad relativa de moluscos consumidos durante la ocupación más temprana de Paloma aumentó de 7% del total de la biomasa de fauna, a 24 % durante la ocupación más reciente. Como se ha establecido anteriormente, la concentración de selenio en los restos óseos aumentó también en Paloma. Por consiguiente, este elemento puede no ser útil para discriminar ciertos tipos de alimentos marinos —algas yodíferas, anchovetas y arenques— de aquellos terrestres.

Tanto el cobalto como el hierro aparecen en niveles elevados en los restos óseos de Cardal, comparados con el material de Paloma; pero, de todos modos, en niveles más bajos que los presentes en los restos del Precerámico con Algodón (figura 5, cuadro 2). Los peces recuperados en el sitio son fuentes pobres de cobalto; las carnes de animales terrestres, los arenques y los mariscos son fuentes moderadas, y el hígado de los mamíferos es la fuente más rica por excelencia. La carne de venado y el hígado son fuentes ricas en hierro al igual que las ostras. Las anchovetas y los arenques carecen de hierro, mientras que otros peces y mariscos contienen cantidades pobres de este elemento. Por lo tanto, en el caso de las poblaciones costeñas, el cobalto y el hierro no serían buenos discriminadores de fuentes de proteínas terrestres o marinas, pero sí podrían indicar las cantidades relativas de anchovetas y arenques consumidos.

La concentración promedio de estroncio en los huesos es mayor en la población de Cardal que en aquellas del Precerámico con Algodón y de las ocupaciones finales de Paloma, pero es más baja que las de la primera y última ocupación de este último sitio (figura 4, cuadro 2). De igual manera, las concentraciones de este elemento son más bajas en las fuentes proteínicas de origen terrestre que en aquellas marinas. Sobre esta base parece que los residentes de Cardal estaban consumiendo más mariscos que los individuos de los sitios del Precerámico con Algodón y de las últimas ocupaciones de Paloma. Sin embargo, debido a que el

estroncio también está presente en las plantas terrestres, y que la tendencia en la dieta costeña muestra un cambio de orientación de los recursos marinos hacia los recursos vegetales, podemos sostener que las concentraciones de este elemento por sí solas no son indicadores confiables para la reconstrucción de la paleodieta en esta parte de la costa peruana.

No obstante, la proporción Ba/Sr en los esqueletos permite discriminar entre una dieta terrestre y marina, lo que nos proporcionaría un mejor indicador de la dieta costeña. Burton y Price (1990) demostraron que la media geométrica de este valor en las poblaciones arqueológicas con dieta conocida conforma dos grupos discretos. El rango promedio de la proporción Ba/Sr en las poblaciones de la costa con dieta marina es de -1,37 a -1,70, mientras que en las poblaciones costeñas con dieta terrestre es de -0,091 a -0,401. El cociente promedio de esta proporción en la población de Cardal es de -1,22. Si bien este valor no se encuentra dentro de los rangos reportados por Burton y Price para dietas marinas o terrestres, resulta clara su cercanía con el rango correspondiente a las dietas marinas. Puesto que de todos modos la proporción promedio Ba/Sr es más baja en Cardal que en Paloma (-1,55), se infiere una dieta con mayor énfasis en los recursos terrestres.

Variaciones en el sitio

Marcelle Umlauf (véase su artículo en este volumen) encontró algunas diferencias en las proporciones de los restos de plantas recuperados en los Sectores IIIA y IIIB de Cardal. Algunas de las diferencias más sorprendentes entre ambos sectores incluyen las cantidades aparentemente consumidas de maní, tubérculos, quenopodio/amaranto y cactus. En el Sector IIIA el maní correspondió a 14% del total de restos vegetales recuperados en la basura, pero constituyó solo 2% del total entre los desperdicios vegetales del Sector IIIB. En el Sector IIIA se reportó mayor cantidad de cactus (38% del total) que en el Sector IIIB (11% del total). Por otro lado, en este último sector, el quenopodio/amaranto representó 20% y los tubérculos 19% del total de los restos recuperados, mientras que en el sector IIIA ambos constituyeron 2% y menos de 1% respectivamente.

Con respecto a la muestra osteológica —como mencionamos al inicio de este capítulo—, del Sector IIIB provienen solamente los restos de trece individuos, mientras que del Sector IIIA se recuperaron diecinueve. Si bien el número de individuos en cada sector es menor al número mínimo recomendado por Buikstra y otros (1989) para la reconstrucción de dietas, ellos son examinados aquí con el

objetivo de detectar ciertas tendencias que podrían guiar futuras investigaciones. Las pruebas de elementos traza, examinadas independientemente en ambos sectores, muestran que no hay variación significativa en la mayoría de los elementos. Además, a partir de estos resultados, las poblaciones de los sectores IIIA y IIIB pueden ser combinadas y consideradas como una sola. La discusión que sigue destaca algunos de los patrones que se presentan cuando se considera más de un elemento a la vez.

La concentración promedio de magnesio en los esqueletos es ligeramente menor en el Sector IIIB que en el Sector IIIA, mientras que la concentración de estroncio es más alta en el Sector IIIB. Es posible asumir que en Cardal los niveles de este último elemento se originan, al menos parcialmente, en el consumo de plantas; dado que el registro de las concentraciones de estroncio provenientes del Sector IIIB es incluso más alto que el del nivel 400 de Paloma (véase figura 4 y cuadro 2), cuyos residentes subsistían casi exclusivamente sobre la base del consumo de alimentos marinos. Los niveles de estroncio y magnesio, registrados en los esqueletos del Sector IIIB, sugieren que estos individuos consumían más plantas que aquellos individuos cuyos restos se excavaron en el Sector IIIA. Según se muestra en la figura 4 y en el cuadro 2, el nivel promedio de estroncio en los esqueletos de este último sector es ligeramente más alto que aquel correspondiente a las poblaciones del Precerámico con Algodón. Más aún, la elevada concentración de este elemento en los huesos de Cardal puede deberse a un mayor consumo, tanto de alimentos marinos como de plantas. Por otro lado, la disminución de los niveles de magnesio en el sitio, respecto del Precerámico con Algodón, indica un mayor consumo de maíz. Por consiguiente, es muy probable que el incremento de estroncio se deba a un origen vegetal.

El selenio, elemento indicador de una dieta marina, tiene niveles de presencia más altos en las osamentas recuperadas en el Sector IIIB (véase cuadro 2). De hecho, estos niveles son superiores a aquellos registrados en la población de Paloma. Es posible inferir las proporciones de alimentos marinos ricos en selenio —tales como los moluscos— con relación a los que presentan un bajo contenido —por ejemplo, los peces—, a partir de los niveles de concentración detectados en los esqueletos. Comparando ambos grupos de muestras de Cardal, podemos afirmar que es probable que los individuos del Sector IIIB hayan consumido proporcionalmente mayor cantidad de moluscos.

Las concentraciones promedio de zinc, hierro y cobalto son también más altas en los individuos del Sector IIIB (figura 1, cuadro 2). Los tres elementos están asociados a las carnes de origen terrestre y a ciertas fuentes marinas de proteínas. A la

vez, los moluscos son fuentes ricas en zinc y hierro, elementos que se encuentran en cantidades especialmente elevadas en los individuos que provienen de este sector (véase el cuadro 2). Asimismo, la concentración promedio de cobalto en dichos esqueletos es la misma que aquella correspondiente al Precerámico con Algodón (véase el mismo cuadro). El nivel promedio de cobalto en los esqueletos tiene un incremento significativo en Cardal si se compara con el de Paloma (figura 5, cuadro 2); se trataría probablemente de un indicador de consumo de carnes de origen terrestre. A su vez, la concentración de zinc en los esqueletos es la misma tanto en el Sector IIIA como en el Precerámico con Algodón. Sin embargo, la concentración de hierro es notablemente más alta, mientras que aquella correspondiente al cobalto es ligeramente más baja (figuras 4, 5 y cuadro 2). Por lo pronto, se sabe que el venado es particularmente rico en hierro, pero una fuente pobre de cobalto y zinc. Los niveles de estos tres elementos registrados en los individuos de ambos sectores de Cardal muestran un patrón bastante común, si es que los individuos del Sector IIIA estaban consumiendo mayor cantidad de venado y posiblemente más anchoveta, y si es que aquellos del Sector IIIB ingerían moluscos en cantidades abundantes.

Si los restos recuperados en ambos sectores representan a dos poblaciones, y si los elementos traza analizados en este estudio indican diferencias reales entre ambas poblaciones, entonces las diferencias en la alimentación están efectivamente indicadas en ambas muestras de tamaño reducido. Las diferencias que pueden inferirse son un mayor consumo de alimentos pobres en minerales —probablemente más anchovetas y arenques— en los individuos provenientes del Sector IIIA, y un mayor consumo de alimentos ricos en minerales —posiblemente mayores cantidades de moluscos e hígado, así como alimentos vegetales— en los individuos enterrados en el Sector IIIB.

Diagénesis

Las concentraciones promedio de bromo, cloro, sodio y escandio en los esqueletos de Cardal se encuentran dentro del rango normal de variación. En cambio, la concentración ósea promedio de manganeso es considerablemente alta y se encuentra fuera del rango normal. Creemos que la presencia elevada de este elemento se debe, casi seguramente, a los procesos de contaminación, aunque todavía desconocemos sus causas. Una fuente común de contaminación por manganeso se encuentra en el hierro de los elementos cortantes usados en la recuperación y análisis de los restos óseos. Sin embargo, la concentración promedio de hierro en

las muestras se encuentra dentro del rango normal. Más aún, no se reporta ninguna correlación positiva entre las concentraciones óseas de hierro y manganeso en esta población. Las pruebas para detectar hierro añadido durante los análisis arrojaron resultados negativos. Asimismo, el manganeso presente en los esqueletos puede deberse a los procesos de contaminación derivados de los suelos, aunque esto parece poco probable si tenemos en cuenta que las concentraciones registradas en los restos óseos son mayores que aquellas detectados en el suelo.

Conclusiones

La costa prehispanica del Perú fue un rico escenario cultural y comprendió un medio ambiente natural con contrastes extremos. Sus primeros habitantes establecieron algunas aldeas permanentes como Paloma. Algún tiempo después, las ubicaciones ribereñas se volvieron más atractivas para las poblaciones más grandes en detrimento de las lomas. Los centros ceremoniales construidos por poblaciones que no dejaron restos cerámicos y que no dependían de la agricultura fueron también abandonados en favor de complejos arquitectónicos más grandes en forma de «U» levantados en lugares cercanos. Sin embargo, estos últimos también fueron abandonados (Burger 1981; 1992).

El estudio de las huellas de adaptación a este medio ambiente, conservadas en huesos y dientes humanos, narra la historia de un proceso muy dinámico y en constante desarrollo. Los restos conservados de plantas secas fácilmente visibles sugieren un incremento gradual de la cantidad de cultígenos. Paralelamente, el estudio de restos humanos sugiere que la coadaptación de seres humanos y plantas en la costa del Perú fue un proceso muy lento. Así por ejemplo, durante la época Arcaica de Paloma, el dimorfismo sexual en musculatura, reflejada en los huesos, disminuyó drásticamente (Benfer 1990) en favor de un incremento en el uso de los músculos de la parte superior del cuerpo en ambos sexos. La dieta se volvió cada vez más uniforme entre los hombres y las mujeres, según se interpreta a partir de una serie de análisis de elementos traza (Edward 1987; Benfer 1990).

En Cardal, el análisis de elementos traza sugiere una inversión del incremento sostenido del consumo de alimentos marinos hacia una mayor dependencia de las plantas terrestres. Weir y otros (1988), basados en un estudio limitado de coprolitos de otros sitios de la costa, sostienen que las plantas silvestres eran tan importantes en la dieta como las plantas domesticadas. Sin embargo, la buena salud de los pescadores de Paloma no se encuentra presente en Cardal (véase el artículo de Vradenburg en este volumen). La disminución observada en la estatura

y el dimorfismo sexual, ambas variables sensibles al consumo de proteínas, es especialmente crítica. Desde luego, la gente menos saludable era menos resistente a las infecciones, situación que se observa claramente en las muestras analizadas. Por otro lado, un posible incremento de la mortalidad infantil fue contrarrestado con matrimonios a una edad más temprana que en la época Arcaica de Paloma y de Chinchorro en el extremo norte de Chile (Shiapiacasse y Niemeyer 1984). El uso de las proporciones bario/estroncio nos ha ayudado a distinguir entre fuentes terrestres y marinas. Una posibilidad de estudio para futuras investigaciones consideraría la introducción de nuevos virus por contactos con las tierras bajas de Sudamérica. Hasta el momento se está acumulando nueva evidencia que sugiere que los virus presentes en animales de las selvas tropicales pueden tener efectos devastadores en poblaciones densas como la de Cardal. Un simple viaje habría sido suficiente para que un virus tuviese la posibilidad de reproducirse en el contexto de una población densa como la que habría habitado el valle de Lurín. Los nuevos estudios abrigan la esperanza de que los restos óseos recuperados puedan proporcionar la información necesaria para evaluar esta hipótesis.

Los factores culturales, tales como la competencia por recursos escasos, también deben ser tomados en cuenta. La muestra ósea de Cardal es, quizá, muy pequeña y muy mal conservada para dar un juicio definitivo sobre la importancia de los conflictos bélicos. En 1976 se llevó a cabo en Lima la primera conferencia sobre Antropología Física (Matos 1976). En ella se remarcó la importancia de la colaboración mutua entre arqueólogos y antropólogos físicos. Desde entonces ha cobrado importancia un nuevo campo de especialización en nuestro medio: la bioarqueología. Con una estrecha colaboración entre bioarqueólogos y arqueólogos de campo, tanto en la preparación de métodos de investigación como en la correcta interpretación de los resultados, se podrá conocer mucho más sobre los pueblos que adecuaron los paisajes de la costa central del Perú a sus necesidades.