

Datos isotópicos como fuente de información en arqueología forense: el soldado peruano de la batalla del Alto de la Alianza (Perú, 1880)

Luis PEZO LANFRANCO¹ , Milena VEGA CENTENO ALZAMORA², Veridiana MARTINS³ , Liliane PETRONILHO³, Luis VARGAS RODRIGUEZ⁴

Resumen

En este trabajo se reportan los datos de isótopos estables de un soldado peruano excavado en el sitio arqueológico “Campo de batalla del Alto de la Alianza” (Guerra del Pacífico, 1879-1884), Tacna, sur del Perú. Estos análisis fueron realizados en una tentativa de aproximarnos a los hábitos dietéticos de este individuo y a su posible lugar de origen. La estrategia de muestreo permitió analizar tres periodos de su vida: 9-12 años, 12-20 años y ~20-30 años. Los valores $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ sugieren una dieta “serrana” o del interior de valle costero. Sus valores de $\delta^{18}\text{O}$ sugieren una localidad de mediana altitud y su atípica razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sugiere un área de formaciones geológicas antiguas como posible lugar de origen. Desde el punto de vista antropológico-forense los resultados aquí obtenidos constituyen evidencias-guía para el procedimiento de identificación del individuo, pues aportan valiosa información para reducir el universo de búsqueda en archivos documentales.

Palabras clave: arqueología forense, isótopos estables, Guerra del Pacífico, batalla Alto de la Alianza, estroncio.

Abstract

Here we report stable isotope analyses performed on the remains of Peruvian soldier excavated in the archaeological site of Alto de la Alianza, a battle site where the conflict Guerra del Pacífico (1879-1884) took place, near Tacna in southern Peru. These analyses were conducted to glean data on dietary habits and approximate the origin of the individual tested. Our data suggests three important stages in the life of this soldier: one between 9 and 12 years of age, 12-20, and 20-30 years. The acquired values of $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ suggest a diet acquired from the inner valley or a mountainous ecosystem. The $\delta^{18}\text{O}$ values suggest these areas were of medium elevation, and the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, an area of old geological formations. Our results, from the standpoint of forensic archaeology, serve as guide evidence for the identification of individuals that can be corroborated with archive documents

Keywords: forensic archaeology, stable isotopes, Pacific War, Alto de la Alianza Battle, strontium.

¹Laboratório de Antropologia Biológica, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo, Brasil. FAPESP 2015/05391-3.

²Instituto Panamericano de Geografía e Historia del Perú, Proyecto de Investigación Arqueológico Campo de Batalla Alto de la Alianza, Soldado Peruano.

³Centro de pesquisas Geocronológicas, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Brazil.

⁴Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú – INGEMET.

El contexto arqueológico

En este trabajo se reportan los datos de isótopos estables de carbono, nitrógeno, oxígeno y de un isótopo radiogénico, estroncio, obtenidos de material óseo y dental de un soldado peruano encontrado en el campo de batalla del Alto de la Alianza (1880) como parte de un proyecto de arqueología histórica. El campo de batalla Alto de la Alianza o Campo de la Alianza, es un sitio arqueológico localizado a 8 kilómetros de la ciudad de Tacna, sur del Perú (fig. 1). El sitio fue escenario de la batalla del Alto de la Alianza, acaecida el 26 de mayo de 1880, durante la Guerra del Pacífico (1879-1884), entre los ejércitos aliados de Perú y Bolivia y el ejército de Chile.

En la zona del campo de batalla que corresponde al ala izquierda aliada, se ejecutó en 2015 un proyecto de investigación arqueológica con la finalidad de localizar un combatiente boliviano hallado de manera fortuita por prospectores de metal, así como de estudiar algunos aspectos históricos de la batalla. Las investigaciones resultaron en la definición de la existencia de una zanja alargada poco profunda, cavada durante la batalla por orden del coronel Juan Bautista Ayoroa, primer jefe del Batallón Sucre, y que fue usada con posterioridad a la batalla como fosa común. En esta fosa fueron recuperados cuatro individuos, dos de los cuales pertenecían al Batallón Sucre N°2 de Línea de nacionalidad boliviana, un tercer individuo (semi-momificado) de nacionalidad peruana del arma de infantería, y un cuarto cuyos restos humanos habían sido totalmente destruidos por actividades de saqueo, lo que no permitió su correcta identificación. El trabajo arqueológico además permitió el estudio de una serie de eventos post-batalla, así como de los sistemas de inhumación en este campo de batalla (Vega Centeno 2018).

Mientras los restos de los soldados bolivianos fueron repatriados, el soldado peruano fue objeto de un detallado análisis antropológico-forense que mostró que se trataba de un individuo masculino, de aproximadamente 30 años de edad, muerto por

una ráfaga de tiros de grueso calibre después de algún tiempo de agonía. Sus vestimentas, por otro lado, establecieron que se trataba de un oficial sin elementos que identifiquen su rango, ya que había sido despojado de insignias y pertenencias, posiblemente inmediatamente después de la batalla. Con estas informaciones se procedió a la hercúlea tarea de identificarlo dentro del universo de búsqueda de 53 oficiales peruanos de infantería que murieron en el mismo campo de batalla.

Como parte de las estrategias para alcanzar este objetivo se decidió realizar análisis de isótopos estables. En Arqueología los estudios isotópicos son normalmente aplicados al estudio de las poblaciones antiguas para entender cambios en los patrones de subsistencia, cuestiones relacionadas con la intensificación de la agricultura y otros asuntos relacionados a patrones de movilidad y migración (Katzenberg 1992; Schoeninger 1995; Larsen 1997; Knudson et al. 2009). En Antropología Forense, debido principalmente a las restricciones que impone el análisis individual, el alcance de los estudios isotópicos suele ser más limitado (Meier-Augenstein 2010; Font et al. 2015). No obstante, como veremos en este caso particular, utilizando una aproximación osteobiográfica¹ (Hosek y Robb 2019), se puede obtener información esclarecedora para aproximarnos a la identidad del difunto.

Como no existen datos específicos sobre el origen del individuo, y apenas un universo de búsqueda compuesto por 53 oficiales peruanos caídos en batalla, nuestro primer objetivo es caracterizar, mediante el análisis de los valores isotópicos de carbono y nitrógeno de tejido óseo y dental, la composición isotópica de la dieta de nuestro “soldado desconocido” durante diferentes etapas de su vida, para así identificar posibles cambios en su alimentación y tentar una aproximación a su probable lugar de origen por “asociación ecológica”.

Un segundo objetivo es determinar la compatibilidad de los datos de isótopos de oxígeno y estroncio con algunos posibles lugares de origen inferidos del análisis de archivos históricos. Isótopos de oxígeno y estroncio deberán darnos una idea

¹ La “aproximación osteobiográfica” refiere a un tipo de análisis de restos humanos de un individuo enfocado en el contexto, mediante el cual se puede obtener valiosas informaciones sobre el curso de algunos eventos y procesos ocurridos a

lo largo de su vida, condiciones de salud y otros aspectos de su identidad (Saul y Saul 1989; Stodder y Palkovich 2012; Hosek y Robb 2019).

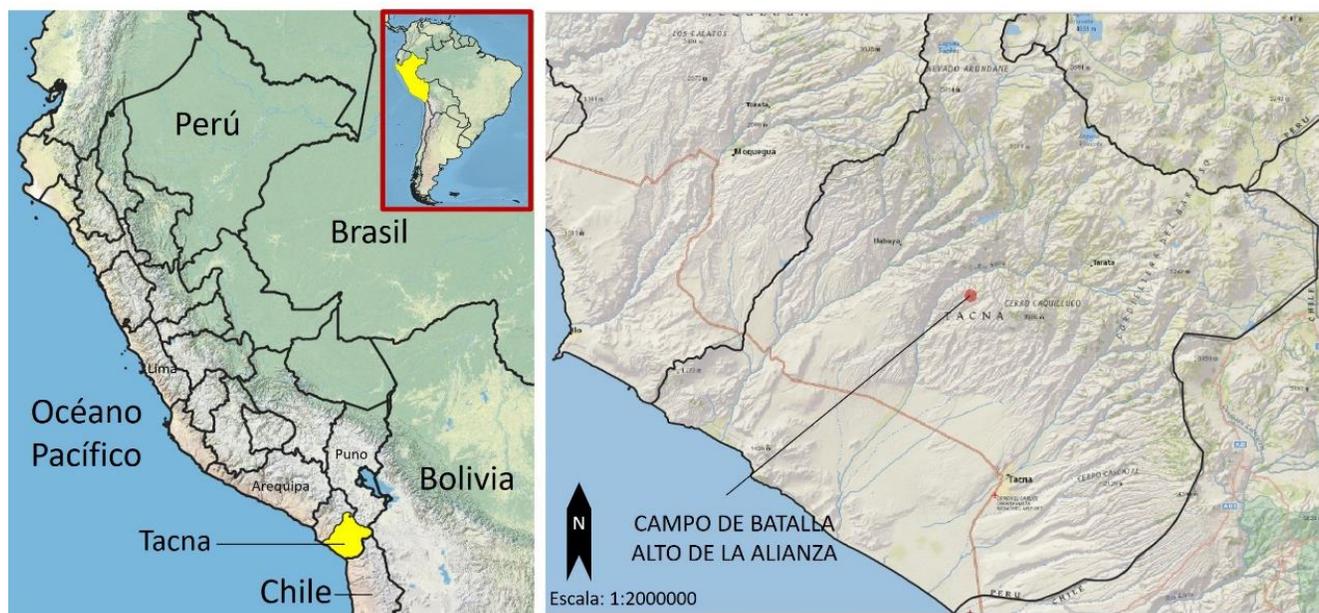


FIG. 1. Localización del sitio arqueológico Campo de Batalla Alto de la Alianza en el territorio de Tacna, sur del Perú (Modificado a partir de recursos *Esri Terrain* y *Esri National Geographic*, ArcGIS®, 2020)

aproximada de su local de residencia (al menos en términos de cuenca o altitud relativa) durante etapas más tempranas de su vida, y considerando la posibilidad de que haya nacido en el mismo lugar, su lugar de origen más probable. Ambos datos, cotejados con los registros de los oficiales muertos en batalla deben aproximarnos a su identidad.

Estos análisis forman parte de un trabajo integral de investigación arqueológico-forense e histórico diseñado para lograr la identificación plena de este individuo. Este objetivo último está dentro del ámbito de la doctrina de Derechos Humanos que, fundamentada en la dignidad humana como característica inalienable en tiempo y espacio de todo ser humano, busca una necesaria restitución histórica de su identidad y derecho a un funeral, así como la documentación más precisa de este doloroso episodio de la Historia del Perú.

Algunas nociones básicas sobre isótopos estables

Los isótopos (del griego “mismo lugar”) son átomos de un elemento químico con el mismo número atómico (mismo número de protones), pero con diferente peso atómico (diferente número de neutrones). Con algunas pocas excepciones, la mayoría de los elementos de la Tabla Periódica posee

isótopos “ligeros” y “pesados” con comportamiento químico diferente (Schoeninger 2010).

En las cadenas tróficas, durante la transferencia de un elemento químico de una fuente para otra (como del tejido vegetal para el tejido animal), diferentes velocidades de reacción química resultan en tasas isotópicas (proporciones isótopo pesado / isótopo ligero) también diferentes. Generalmente, las reacciones son más rápidas para los isótopos ligeros porque la velocidad de reacción depende de la masa isotópica de los elementos involucrados y dado un momento intermedio en la reacción, el producto tendrá mayor abundancia de los isótopos ligeros que el sustrato (para revisiones más detalladas sobre este complejo proceso ver Guerrero y Berlanga 2000; Schoeninger 2010). La incorporación diferenciada de isótopos “ligeros” o “pesados” a los organismos está relacionada con la utilización de enzimas distintas para sintetizar moléculas en las vías metabólicas o la temperatura de reacción. A esta transformación de la proporción isótopo pesado / isótopo ligero de un organismo para otro se denomina “fraccionamiento isotópico” (Katzenberg 1992; Schoeninger 1995, 2010; Fry 2006).

Las tasas isotópicas se detectan por espectrometría de masas, método que permite medir la

abundancia y masa de los isótopos estables en la forma de iones. Como las alteraciones de fraccionamiento detectadas por este método son minúsculas, para las composiciones isotópicas de distintas muestras se usa como parámetro de comparación el valor isotópico de un material patrón². La tasa de dos isótopos (Y^{X+1}/Y^X) se expresa en términos de delta (δY^{X+1}) en partes por mil (‰) según la siguiente ecuación:

$$\delta \text{ Isótopo pesado (‰)} = \left[\frac{\text{Tasa de la muestra}}{\text{Tasa del patrón}} - 1 \right] \times 1000$$

Reconstrucción dietética con isótopos estables

Isótopos de Carbono

Cuando las plantas fijan el CO₂ atmosférico pueden utilizar tres vías fotosintéticas. Estas diferencias en el metabolismo afectan el fraccionamiento de carbono (Schoeninger 1995; Larsen 1997). Convencionalmente, valores $\delta^{13}\text{C}$ permiten distinguir entre plantas C₃ (-33 a -22 ‰), C₄ (-16 a -9 ‰) y plantas CAM (*Crassulacean Acid Mechanism*, por ejemplo, las cactáceas) con valores intermedios (Smith and Epstein 1981; O'Leary 1988), así como entre plantas de ecosistemas marinos (alrededor de -19.5 a -12.5 ‰) y terrestres (-26.5 a -7.5 ‰; Schoeninger y DeNiro 1984).

Los animales tienen tasas isotópicas mayores que las plantas que consumen. Este incremento es de gran utilidad para reconstruir la dieta de un individuo (Schoeninger 2010). La diferencia entre la composición isotópica del colágeno de un individuo y el valor isotópico de su dieta ($\Delta_{\text{consumidor-dieta}}$) está relacionado con los procesos bioquímicos de síntesis de aminoácidos, y es de +5 ‰, independientemente del tipo de planta, lo que permite discriminar entre herbívoros que se alimentan de plantas C₃ o C₄ (De Niro y Epstein 1978; Chisholm 1989; Ambrose y Norr 1993). La diferencia entre herbívoros y carnívoros es de apenas +1 ‰ (Guerrero y Berlanga 2000).

También es posible discriminar entre ecosistemas marinos y terrestres. Los valores del plancton y algas marinas varían entre -8 ‰ y -27 ‰, con valor medio de -13 ‰, y vertebrados marinos consumidores de plantas marinas presentan valores medios de -13.5 ‰ y carnívoros (consumidores de otros peces) de -12.5 ‰, con “factores de enriquecimiento” para herbívoros marinos de +7‰ y de +1 ‰ entre otros niveles de la cadena trófica. Sin embargo, como los valores de algas son significativamente diferentes de plantas terrestres C₃ (promedio de -27 ‰), pero se superponen a los valores promedio de las plantas C₄ (-13 ‰), suele ser difícil distinguir cadenas tróficas marinas y C₄ (Chisholm 1989).

La composición de macronutrientes de la dieta (C₃, C₄ o marina) puede ser conocida a partir de los valores $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ de los consumidores (Ambrose and Norr 1993; Schwarcz 2000; Kellner and Schoeninger 2007). Según el modelo de asimilación de carbono denominado *Modelo de Distribución de Macronutrientes (macronutrient routing model)*, el carbono de la apatita $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ refleja la energía global de la dieta ($\delta^{13}\text{C}_{\text{dieta}}$), o sea, el aporte isotópico de proteínas, carbohidratos y lípidos dietéticos como un todo, mientras el carbono del colágeno ($\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$) es un buen indicador del tipo de proteína debido a que una amplia proporción de los aminoácidos intactos de la dieta ingresa a la estructura de colágeno (Schwarcz 2000; Kellner and Schoeninger 2007; Froehle et al. 2010, 2012). Sin embargo, Froehle et al. (2010), observaron que el valor $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ es afectado por el valor $\delta^{13}\text{C}$ de la proteína ($\delta^{13}\text{C}_{\text{proteína}}$) y también por el valor de la dieta total ($\delta^{13}\text{C}_{\text{dieta}}$), y mientras más próximos son esos valores, el valor $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ remite más precisamente al valor $\delta^{13}\text{C}_{\text{dieta}}$ (y por tanto, al valor $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$). El colágeno proveniente de la fracción energética de la dieta se ha calculado en aproximadamente 26%, mientras el restante 74% proviene de la fracción proteica (Fernandes et al. 2012). Actualmente se considera que para determinar las fuentes proteicas y energéticas de la dieta el análisis bivariado de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ no es suficiente y es necesario el

² Por ejemplo, el patrón para carbono es el fósil marino *Belemnitella americana*, proveniente de la formación Peedee (South Carolina - EUA), denominado *PeeDee Belemnite* o PDB. Puesto que el PDB se agotó, hoy se usa el patrón

VPDB (*Viena PDB*). El patrón del nitrógeno es el aire atmosférico o AIR (*Ambient Inhalable Reservoir*). Otro patrón es SMOW (*Standard Mean Ocean Water*) para oxígeno e hidrógeno (Katzenberg 1992; Guerrero y Berlanga 2000).

análisis simultáneo de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (Keller and Schoeninger 2007; Froehle et al. 2010, 2012).

En resumen, alimentos vegetales, localizados en la base de la cadena trófica tienen valores $\delta^{13}\text{C}$ que pueden variar de acuerdo con el tipo de fotosíntesis y estos valores pueden rastrearse, siguiendo el fraccionamiento más o menos constante entre niveles, hasta los predadores y consumidores finales como el hombre. La mayor dificultad del uso de isótopos de carbono en contextos arqueológicos es la identificación de las dietas omnívoras. Dietas donde se combinan vegetales C_3 y C_4 tendrán valores entre -21.5 y -7.5 ‰ que engloban los valores de los herbívoros y carnívoros marinos (-13.5 y -12.5 ‰ respectivamente). En ausencia de plantas C_4 la diferencia entre consumidores de C_3 (alrededor de -21.5 ‰) y consumidores de alimentos marinos (alrededor de -12.5 ‰) será clara, pero cuando existan plantas C_4 en la dieta, esta discriminación solo será posible con el análisis complementario de isótopos de nitrógeno (Chisholm 1989) o, más recientemente, isótopos de azufre (Nehlich 2015).

Isótopos de Nitrógeno

El nitrógeno es escaso en la Tierra, solo existe en la atmósfera como gas y las reacciones biológicas de asimilación, nitrificación y desnitrificación controlan la dinámica del ciclo del nitrógeno (Guerro y Berlanga 2002). El nitrógeno que usan las plantas se origina de la degradación de la materia orgánica del suelo, con valores $\delta^{15}\text{N}$ que fluctúan entre -4 ‰ y $+14$ ‰, o de la materia orgánica oceánica con valores entre -2 ‰ y $+11$ ‰. Plantas terrestres y plantas no-fijadoras de nitrógeno tienen un promedio de $+3$ ‰. Las leguminosas (con bacterias fijadoras de nitrógeno), capaces de usar el nitrógeno atmosférico, tienen valores de $+1$ ‰, cercanos a los de la atmósfera cuyo valor es 0 ‰ (Schoeninger 1995).

Los valores $\delta^{15}\text{N}$ de un predador son mayores (más positivos) que los de su presa debido al fraccionamiento isotópico ocurrido en la transferencia de nitrógeno de un aminoácido para otro (reacción de transaminación), sumado al fraccionamiento resultante de los efectos fisiológicos en la produc-

ción y excreción de urea renal (Sealy et al. 1987). El factor de enriquecimiento de $\delta^{15}\text{N}$ entre dos niveles contiguos de la cadena alimenticia en ecosistemas terrestres es aproximadamente $+3$ ‰ (DeNiro y Epstein 1978; Minagawa y Wada 1984). Herbívoros terrestres tienen un valor de $+5$ ‰ y sus predadores un valor de $+8$ ‰ (Minagawa y Wada 1984; Schoeninger y DeNiro 1984).

Los organismos marinos presentan valores más positivos (más altos) que los terrestres porque las plantas marinas tienen valores $\delta^{15}\text{N}$ superiores a los de plantas terrestres (Ambrose et al. 1997). Como en el medio marino existen cadenas tróficas mucho más complejas, los valores de nitrógeno de las dietas marinas suelen ser mucho mayores (Ambrose y Norr 1993). Animales con dieta exclusivamente terrestre tienen valores $\delta^{15}\text{N}$ en el colágeno óseo inferiores a $+9$ ‰ mientras que animales con dieta marina exclusiva tienen valores superiores a $+15$ ‰. Los peces tienen valores promedio de $+13$ ‰ y los humanos consumidores de pescado tienen valores superiores a $+16$ ‰. Peces de agua dulce tienen $\delta^{15}\text{N}$ de $+11$ ‰ y los humanos consumidores tienen valores de $+14$ ‰ pero con mayor variabilidad (Schoeninger y DeNiro 1984). En resumen, la mayor parte del nitrógeno del colágeno proviene directamente de la proteína consumida y es un indicador claro del consumo y nivel trófico de la proteína. El fraccionamiento isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ entre consumidor y presa varía entre 2 a 5 ‰ (DeNiro y Epstein 1978; Minagawa y Wada 1984).

Isótopos como indicadores de patrones de movilidad

El local de origen y los eventos de migración son inferidos a partir de las tasas isotópicas de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) y las razones isotópicas de estroncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), ambos obtenidos de apatita del esmalte dental y huesos humanos. Estos valores pueden ser comparados para detectar cambios en diferentes estadios de la vida del individuo (Schoeninger 2010).

Isótopos de Oxígeno

Los isótopos de oxígeno se usan en reconstrucción paleoclimática y estudios de movilidad

(Thompson 1994; Knudson 2009). Teóricamente el valor de $\delta^{18}\text{O}$ varía en la atmósfera porque ^{16}O evapora más rápido, mientras ^{18}O condensa más rápido y precipita más fácilmente (Knudson 2009; Webb et al. 2011).

El oxígeno contenido en los tejidos corporales se asimila de tres fuentes: inhalación de oxígeno de la atmósfera, alimentos y, principalmente, del agua bebida (proveniente de reservorios, ríos, nieve, agua subterránea). A la temperatura constante del cuerpo, se equilibran agua e hidroxiapatita y el oxígeno se incorpora al esmalte vía bicarbonato. Por eso, el oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) de la aptita refleja los valores promedio de $\delta^{18}\text{O}$ del agua ingerida e indirectamente el agua ambiental y el agua meteórica (Knudson 2009; Webb et al. 2011).

Teóricamente, conociendo la concentración de $\delta^{18}\text{O}$ de la fuente es posible determinar el origen geográfico del agua ingerida. Sin embargo, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de apatita pueden mostrar mucha variabilidad debido a que el agua ingerida puede provenir de diferentes fuentes (corriente, subterránea, glaciar, de precipitaciones o de condensación de neblina - Knudson 2009; Webb et al. 2011) y variar según temperatura, distancia a la costa, altitud y latitud³. Por eso, para poder hacer una correcta inferencia sobre movilidad es importante el establecimiento de valores de referencia y rangos de variación del local investigado. En una población con poca movilidad hay una variabilidad entre 1 y 2 ‰ entre los individuos. Variaciones >2 ‰ podrían indicar orígenes diferentes (Knudson 2009).

Isótopos de Estroncio

El estroncio tiene cuatro isótopos que se presentan con diferente frecuencia en la naturaleza: ^{84}Sr (0.56%), ^{86}Sr (9.87%), ^{88}Sr (82.53%) y ^{87}Sr (7.04%). Este último es un isótopo radiogénico (fruto del decaimiento radioactivo de un radioisótopo originario) del ^{87}Rb (Rubidio), con una vida media de 4.88×10^{10} años hasta decaer en ^{87}Sr . En geología, el sistema Rb-Sr es un método de datación de rocas. La razón isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varía

según el tipo y edad de las rocas, una vez que el ^{87}Sr es generado por el decaimiento del ^{87}Rb , en el tiempo. Para poder comparar concentraciones de diferentes lugares se usa una “razón isotópica”, la concentración relativa del isótopo radiogénico ^{87}Sr respecto del no-radiogénico ^{86}Sr . Esta razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ es comparable entre muestras geológicas de cualquier naturaleza (Bentley 2006).

En general, rocas más antiguas tienen razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mayores que rocas más jóvenes (Capo et al. 1998). Por otro lado, rocas de diferentes tipos, pero con edades semejantes pueden tener razones isotópicas de Sr diferentes. Así, rocas compuestas de minerales con altas razones Rb/Sr (granitos, por ejemplo), tendrán razones elevadas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (> 0.710), mientras rocas con razones bajas de Rb/Sr (basaltos oceánicos) darán razones bajas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (~0.704 - Capo et al. 1998). El agua marina tiene una razón constante $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ que hoy está próxima de 0.709 (Price et al. 2002).

Con el intemperismo, las rocas se convierten en suelos y el estroncio pasa al agua subterránea y a la cadena alimenticia. Procesos como evaporación y precipitación o procesos biológicos como la fotosíntesis o síntesis ósea no alteran la razón isotópica, reflejando la misma razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de la fuente de origen (Schoeninger 1995, 2010). El agua tendrá una razón isotópica del Sr que fue disuelto durante su recorrido, a partir de los minerales con los que interactúa (Barbieri et al. 2005).

Como los animales se alimentan de una combinación de recursos de su ecosistema, en lugares de formación geológica variada, las razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ representarían una media de las razones del ambiente. En regiones geológicamente más homogéneas la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del individuo puede ser la misma de las rocas del sitio. El estroncio sustituye al calcio en la fracción inorgánica ósea y dental, y por eso, la incongruencia entre valores de razones isotópicas de tejidos desarrollados en diferentes épocas de la vida, o entre estos tejidos y el medioambiente del entierro, permite la identificación de patrones de migración (Bentley 2006).

³ El indicador $^{18}\text{O}_{\text{mw}}$ (aguas meteóricas-precipitaciones) decrece con la altitud, con la distancia a la costa, con aumento de la latitud, con bajas temperaturas (Knudson 2009; Webb et al. 2011; IAE-WMO 2014). La fórmula para convertir

valores $^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ en $^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ (medida da agua meteórica) con fines comparativos (Knudson 2009: 177) es: $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}} = 1.03091 * \delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}} + 30.91$.

Isótopos como indicadores de cambio durante la vida

Los huesos y dientes, aunque en diferentes proporciones, están compuestos por colágeno (un tipo de proteína que da resistencia al tejido, parte de su fracción orgánica) y apatita (parte de la fracción inorgánica del tejido, constituida por cristales). Tejidos óseos y dentarios (dentina y esmalte) tienen distintos patrones de desarrollo y pueden reflejar valores isotópicos asimilados en diferentes épocas de la vida (Fuller et al. 2003; Turner et al. 2010; Eerkens y Bartelink 2013).

El hueso remodela durante la vida y la velocidad del recambio del colágeno y los cristales de apatita depende de factores fisiológicos como la edad. La remodelación es más rápida y eficiente en individuos más jóvenes y más gradual en individuos más viejos (Tsutaya y Yoneda 2013). Así, los valores isotópicos de nitrógeno, carbono y otros elementos provenientes del colágeno óseo, pueden reflejar la dieta de un periodo del pasado variable entre algunos meses y varios años (hasta 10 o 20 años: Hedges et al. 2007), dependiendo del tipo de hueso y la edad del individuo. Del hueso se puede extraer colágeno para obtener valores de carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y también apatita para obtener valores isotópicos de carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$) y oxígeno ($\delta^{16}\text{O}$).

En los dientes el proceso es diferente. Una vez formados, los componentes que pasaron a formar su estructura (isótopos de diversos elementos) mantienen las mismas proporciones a lo largo de la vida (Hillson 1996; Nanci 2011). El esmalte no remodela una vez que ha mineralizado y la dentina remodela apenas ante estímulos fisiológicos (desgaste dental) o patológicos específicos (caries de dentina). Por tanto, permiten una aproximación a las condiciones dietéticas del momento en que el diente se formó, es decir, la infancia, niñez o adolescencia de individuo. Como una “cápsula del tiempo”, diferentes tipos de dientes nos darán datos de distintas épocas según su cronología de desarrollo (Fuller et al. 2003; Dupras y Tocheri 2007).

Por su estructura casi totalmente cristalina, el esmalte es un buen material para obtener tasas isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$) y oxígeno ($\delta^{16}\text{O}$) y

razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. La dentina es una excelente fuente de colágeno, ideal para analizar tasas isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$).

Materiales y métodos

Estrategias de muestreo y análisis

Para evaluar posibles cambios en la dieta a través del tiempo usando isótopos estables, en este estudio se utilizó una estrategia de multi-muestreo que combinó valores isotópicos de tejidos óseos y dentales del individuo (fig. 2). Dicha aproximación, permite realizar comparaciones entre rangos etarios amplios de un mismo individuo, simulando un estudio longitudinal (Fuller et al. 2003; Eerkens y Bartelink 2013; Howcroft et al. 2012).

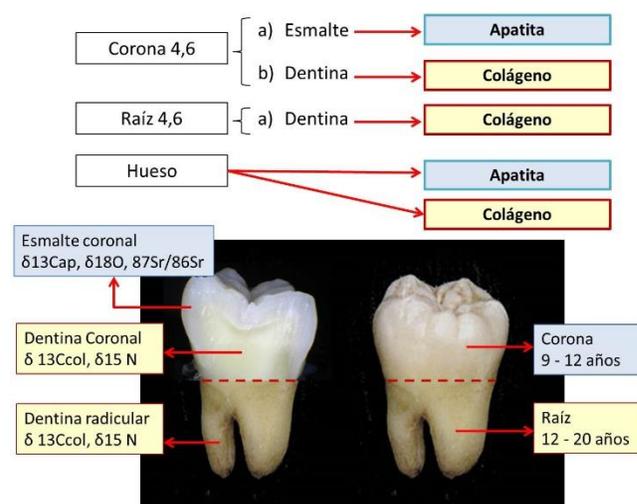


FIG. 2. Esquema de los isótopos pasibles de ser obtenidos de los segmentos dentales del 3er molar inferior y sus rangos etarios correspondientes

Una vez completados los análisis morfológicos, para efectos de este análisis fueron muestreados un tercer molar inferior derecho (diente 4,8 en la nomenclatura de la FDA) que se desarrolla entre 9 y 20 años de edad y un fragmento de hueso cortical de la mandíbula (una pequeña espícula de una fractura conminuta del ángulo mandibular que estaba adherida a la raíz del diente muestreado), que nos remitiría a los últimos años de su vida (Hedges et al. 2007). El fragmento óseo fue apenas sometido a limpieza mecánica y enviado al laboratorio para su análisis. El diente, a su vez, fue seccionado a

nivel del cuello dental con un disco de carburo con filo diamantado acoplado a un motor de baja velocidad (2500 rpm) para obtener dos fragmentos: a) la corona, que se desarrolla entre 9 y 12 años aproximadamente y b) la raíz, que completa su desarrollo entre 12 y 20 años (Smith 1991; Ubelaker 1999), periodos que denominaremos niñez tardía y adolescencia, respectivamente.

La muestra ósea fue procesada para obtener valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ del colágeno óseo y $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ de la apatita ósea. Las muestras de esmalte de la corona dental fueron procesadas para obtener valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$, $\delta^{18}\text{O}$ y razones de Sr. Las muestras de dentina de la corona y de la raíz dental (que corresponden a diferentes estadios de desarrollo) fueron destinadas a obtener $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del colágeno de la dentina, según lo observado en la figura 2.

Procedimientos de laboratorio

Las muestras fueron analizadas en el *Environmental Isotope Laboratory* del Departamento de Geociencias de la Universidad de Arizona (EUA). Los isótopos de estroncio fueron analizados en el *Centro de Pesquisas Geocronológicas* del Instituto de Geociencias de la Universidad de São Paulo, Brasil.

Cada segmento dental fue dividido en dos partes para separar esmalte de dentina y conseguir hacer la extracción de carbonato y colágeno respectivamente. La muestra ósea fue dividida para extracciones separadas de carbonato y colágeno.

Para medir las razones isotópicas de carbono, oxígeno y estroncio, el esmalte de la corona dental fue limpiado mecánicamente con cepillos dentales, bisturís y ácido nítrico antes de ser pulverizada con una fresa dental de carburo aplicada sobre la superficie dental a una angulación de 30°. Las muestras de aproximadamente 20 mg fueron inmersas en ácido acético 0.1 N por 2 horas y enjuagadas tres veces con agua destilada. El polvo de esmalte se hizo reaccionar con ácido fosfórico deshidratado y plata a 70°C en un sistema de preparación de muestras KIEL-III. La plata remueve gases sulfuro del CO₂. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ del CO₂ resultante fueron medidos usando un espectrómetro de masa para isótopos Finnigan MAT252. La calibración de las razones isotópicas

se basó en mediciones repetidas de NBS-19 y NBS-18 con una precisión de $\pm 0.1\%$ para $\delta^{18}\text{O}$ y $\pm 0.08\%$ para $\delta^{13}\text{C}$ (1σ). Los procedimientos de limpieza y medición se realizaron según el protocolo de Koch et al. (1997).

La composición isotópica de estroncio se obtuvo por medio de un Espectrómetro de Masa por Termoionización (TIMS) Triton-Thermo Scientific. Las razones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ fueron normalizadas al valor $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$. El valor promedio de la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del patrón NBS-987 durante el año previo al análisis fue 0.710241 ± 0.000017 . El blanco de Sr durante los análisis fue de 124 pg. El error es absoluto y a 2 sigma (95%). Se hicieron en promedio 100 lecturas para cada muestra.

Para la extracción de colágeno se utilizó el método modificado de Law y Hedges (1989). Se realizó la limpieza usando ultrasonido y agua desionizada. Después de remover la capa externa, las muestras de hueso y dentina fueron molidas con mortero y pilón hasta obtener partículas <1.0 mm. Aproximadamente 100 - 500 mg de polvo de hueso o dentina fueron tratados con HCl 0.5 M para desmineralización, agua desionizada para neutralización y HCl 0.1 M para acidificación. Los sólidos resultantes fueron gelatinizados en agua de pH 3 conteniendo 0.1 M HCl a 70°C por 20 horas. La solución resultante fue filtrada, con un filtro de micro-fibra de vidrio de 0.45 μ , luego congelada y liofilizada. El colágeno resultante fue combustionado para obtener CO₂ y N₂ con un sistema Costech EA acoplado a un espectrómetro de masa Finnigan Delta PlusXL. La estandarización fue realizada usando IAEA CH-7 y USGS-24 para $\delta^{13}\text{C}$, y IAEA-N-1 y IAEA-N-2 para $\delta^{15}\text{N}$. La precisión es superior a ± 0.1 para $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y ± 0.2 para $\delta^{15}\text{N}$ (1σ).

Reconstrucción de la dieta y aproximación al lugar de origen

Para la reconstrucción paleodietaria (proporciones de proteína y carbohidratos consumidos), se usaron los valores de $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ en dos modelos: a) el modelo clásico, un gráfico de dispersión de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$; b) el modelo descrito por Kellner y Schoeninger (2007), que usa un gráfico de dispersión de los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y tres líneas de regresión basadas

en datos de animales alimentados con dietas experimentales para detectar el origen de la proteína (si es marina, C₃ o C₄) y la energía de la dieta (si es C₃ o C₄); y c) el modelo multivariado, más refinado, de Froehle et al. (2012), basado en funciones discriminantes calculadas a partir de dietas experimentales controladas para diferenciar las contribuciones de la proteína terrestre o marina (resolviendo el problema de superposición entre proteína marina y proteína C₄).

En diferentes regiones geográficas, los valores isotópicos de las especies pueden mostrar variabilidad. Con el fin de interpretar los resultados de forma técnicamente correcta, sería necesario caracterizar el “medio isotópico” donde vivía el individuo estudiado. Como esto no es posible porque no sabemos el origen del individuo, recurriremos a valores referenciales de varias especies obtenidos por estudios isotópicos realizados en territorio peruano (Cadwallader et al. 2012; Szpak et al. 2013; Marsteller 2015).

Considerando los patrones dietéticos vigentes en la época (Ahumada Moreno 1886, Neuhaus de Ledgard 1938; Chávarry 1950; Medina 1989; Zapata 2006; Salas 2016), se espera que nuestro individuo tenga una dieta a predominio de proteína terrestre. En el caso de tratarse de un poblador de litoral (una caleta de pescadores, puerto o asentamiento muy próximo del mar), esperaríamos una dieta marina. Una serie de plantas podrían haber sido parte de su dieta y de ser originario de una zona de producción de maíz o de un lugar donde se consume mucho maíz, esperaríamos encontrar indicadores isotópicos del consumo de carbohidratos C₄.

A pesar de que la dieta cambió bastante desde la época prehispánica y colonial (Antúnez de Mayolo 1981; Zapata 2006; León 2013), otras muestras de especímenes arqueológicos con dietas agrícolas, con y sin pescado, fueron usadas para interpretar los resultados (ver Pezo 2015, para informaciones sobre el origen de estos valores). Por último, una muestra dental de una mujer nacida en

1950 y criada en la localidad de Tarma⁴ en la sierra central del Perú fue usada como valor de referencia de una dieta “contemporánea”. Este parámetro de comparación es importante para establecer diferencias o similitudes con una dieta cuyos componentes básicos posiblemente eran semejantes a los de la dieta del siglo XIX, entre ellos: productos lácteos (leche, queso), carnes (bovina, porcina y ovina) y carbohidratos (como arroz, azúcar, trigo y cebada) que no eran consumidos en épocas prehistóricas.

Para aproximarnos al lugar de origen, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y las razones isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ fueron cotejados con todas las referencias disponibles para poblaciones arqueológicas y modernas de diferentes lugares del territorio peruano reportadas en la literatura especializada (Knudson 2009; Knudson et al. 2009; Turner et al. 2009; Coonley et al. 2009; INGEMET 2017).

Resultados y discusión

Consideraciones sobre la dieta del “soldado desconocido”: Isótopos de carbono y nitrógeno

Los valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$, y $\delta^{15}\text{N}$ de las etapas juvenil y adulta del individuo aparecen en la Tabla 1. La cantidad de colágeno recuperada de las muestras fue suficiente para cuantificar $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ y todas las muestras exhiben una relación C:N con valores convencionales aceptables de 2.9 a 3.6 en colágeno fresco (DeNiro 1985), y porcentajes de peso de carbono ($34.8 \pm 8.8\%$) y nitrógeno (11 - 16%) fiables (DeNiro 1985; van Klinken 1999).

Aunque existen métodos para demostrar cambios en los cristales por alteración diagenética, estos no han sido aplicados a esta muestra. Sin embargo, la buena preservación de la parte orgánica es un buen indicador de que la señal biogénica es fiable. Además, debido a la arquitectura de los cristales en la matriz, la apatita es muy resistente a la re-cristalización diagenética (Lee-Thorp y

un periodo entre aproximadamente los 3 y 7 años de edad. Los datos sobre hábitos dietéticos infantiles fueron recolectados en el año 2015 con motivo de este trabajo. El valor $\delta^{13}\text{C}$ fue corregido para Efecto Suess por adición de +1.5 ‰ (Marino y McElroy 1999).

⁴ La ciudad de Tarma está localizada en los Andes Centrales Peruanos a 3000 msnm. En esta mujer se muestreó un premolar superior exfoliado por enfermedad periodontal en el año 1995. La corona de este diente arrojó datos isotópicos de

Spohnheimer 2003). Por lo tanto, estimamos que los datos de apatita son confiables.

Los valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ del soldado durante las tres fases de su vida indican que su dieta no cambio mucho a lo largo del tiempo. Su dieta en la fase de niñez tardía, (entre 9-12 años de edad, $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}} = -11.1 \text{ ‰}$; $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}} = -17.0 \text{ ‰}$; $\delta^{15}\text{N} = +11.9 \text{ ‰}$), es compatible con una dieta con considerable contribución de proteínas C_3 (valores $\delta^{15}\text{N}$ por debajo de $+14 \text{ ‰}$ y valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ entre -20 y -15 ‰). Los valores de la adolescencia (entre 12 y 20 años de edad, $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}} = -11.0 \text{ ‰}$; $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}} = -16.3 \text{ ‰}$; $\delta^{15}\text{N} = +13.7 \text{ ‰}$), y vida adulta ($\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}} = -10.8 \text{ ‰}$; $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}} = -15.9 \text{ ‰}$; $\delta^{15}\text{N} = +13.7 \text{ ‰}$) son compatibles con dietas un poco más ricas en proteína terrestre C_3 . Las pequeñas variaciones ($<1 \text{ ‰}$) de los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ no son suficientes para establecer cambios en la alimentación entre fases (Zhu y Sealy 2019). Independientemente de una lógica variabilidad individual, valores de nitrógeno menores de $+14 \text{ ‰}$ descartan la ingesta regular de proteína marina (Kellner y Schoeninger 2007; ver Marsteller 2015: 402, 411 para valores isotópicos de especies marinas de la costa peruana y norte de Chile).

El diagrama de dispersión de $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (fig. 3a) localiza los valores de este individuo en un área relativamente circunscrita en la zona de las poblaciones que consumen dietas C_3 . La distribución de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ en el modelo bivariado de Kellner y Schoeninger (2007), indica en el eje de la apatita, si la energía de la dieta es C_3 o C_4 , y en eje del colágeno, si la fuente proteica es C_3 o C_4 /marina. Los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ del “soldado desconocido”, localizados un poco hacia la derecha de la línea de proteína C_3 , confirman que su dieta en los tres momentos de su vida registrados tenía predominio evidente de proteína C_3 (fig. 3b). La

localización de los valores sobre la proyección de la recta de regresión de proteína C_3 indicaría alrededor de 55–65% de energía C_3 en la dieta.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ ajustados según el modelo de Fernandes et al. (2012)⁵ para reflejar el origen de la dieta como un todo, y la proteína de la dieta, sugieren valores aproximados a -21 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ alrededor de -11 ‰ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$ alrededor de -16 ‰), lo cual confirma la presencia de plantas de tipo C_3 y proteínas C_3 (animales terrestres).

La distribución de los valores de las funciones⁶ F1-Carbono y F2-Nitrógeno del modelo multivariado de Froehle et al. (2012)⁷, que presenta 5 dietas experimentales para comparación, confirma nuestras observaciones anteriores. Los valores de la dieta del “soldado desconocido” se distribuyen básicamente en o muy próximos del área correspondiente a la Dieta #4: con proporción de energía $\text{C}_3:\text{C}_4$ de 70:30 y $\geq 65\%$ de proteína C_3 (fig. 3c). Esta dieta tiene valores que la diferencian de los valores de agricultores de maíz del siglo XIV-XVI que se muestran en el espacio de la Dieta #2 (Burger y Van derMerwe 1990; Finucane 2009; Tomczak 2003; Tykot et al. 2006; Williams y Murphy 2012; Bethard et al. 2008; Turner et al. 2010, 2013; Pezo et al. 2013; Pezo 2015).

La proteína C_3 podría corresponder al consumo de ungulados (que en este caso podrían ser reces, puercos o cabras), aves de corral (gallinas) y dependiendo de su lugar de origen cuyes y/o camélidos, alimentados con forraje C_3 . Los valores para ungulados fluctúan alrededor de -25 y -21 ‰ y para gallinas -21 a -20 ‰ (Guyri et al. 2012). Según el modelo de Froehle et al. (2012), la dieta de este individuo podría haber contenido una proporción $< 35\%$ de proteína C_4 o marina. Aunque la variación entre edades es baja ($<1 \text{ ‰}$) y podría no reflejar diferencias dietéticas verdaderas, el incre-

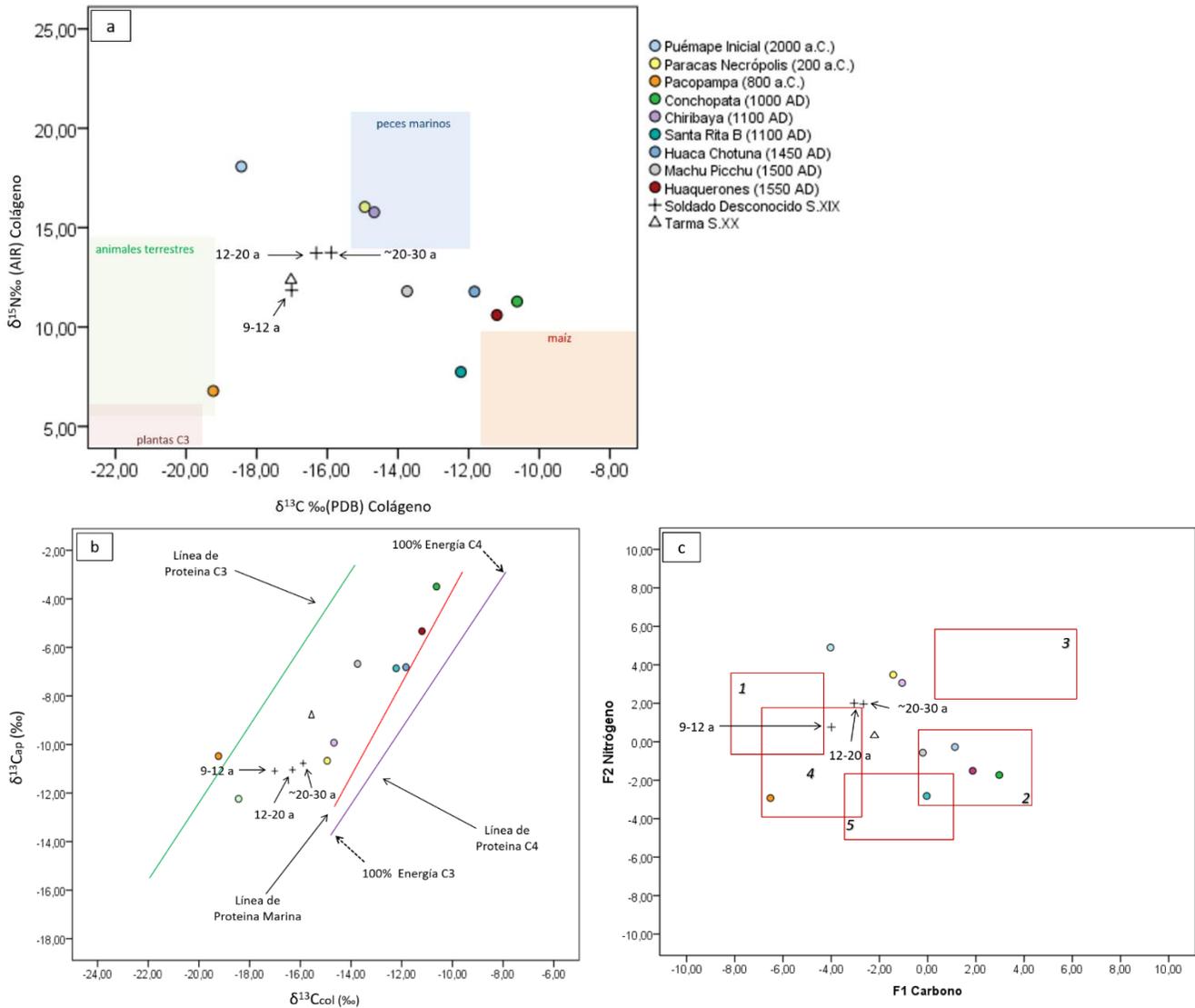
⁵ Según el modelo de Fernandes et al. (2012), el valor isotópico de la dieta puede calcularse a partir de los valores de carbono de apatita y colágeno con las fórmulas siguientes: $\delta^{13}\text{C}_{\text{bioapatita}} = 10.1 + \delta^{13}\text{C}_{\text{dieta}} (\text{‰})$ mientras el valor $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}} = 4.8 + 0.74 \delta^{13}\text{C}_{\text{proteína}} + 0.26 \delta^{13}\text{C}_{\text{energía}} (\text{‰})$.

⁶ Las funciones propuestas por Froehle son:

Carbono F1 = $(0.322 * \delta^{13}\text{C}_{\text{apatita}}) + (0.727 * \delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}) + (0.219 * \delta^{15}\text{N}) + 9.354$

Nitrógeno F2 = $(-0.393 * \delta^{13}\text{C}_{\text{apatita}}) + (0.133 * \delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}) + (0.622 * \delta^{15}\text{N}) - 8.703$

⁷ Utilizando $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{apatita}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ se aislaron dos funciones discriminantes que dan cuenta de 98.8% de la variabilidad de las muestras. La primera está dominada por la variable carbono y la segunda por el nitrógeno y posteriormente fueron comparadas con dietas experimentales para generar un espacio bidimensional de clasificación. El procesamiento de datos ($\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de plantas, animales o humanos) según las funciones de carbono y nitrógeno permite su *ploteo* en dos ejes y, referencialmente, la identificación del tipo de dieta más aproximado (Froehle et al. 2012).



mento de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en los tejidos adultos, de ser verdadero, podría indicar la ingesta de recursos marinos, maíz (planta C₄) y/o animales alimentados con forraje C₄. Ungulados alimentados con dieta C₄ podrían tener valores entre -16 y -14 ‰ (Williams y Murphy 2012: Fig. 2). Lógicamente estos valores son apenas referenciales, pues una caracterización isotópica del ganado peruano de diferentes regiones está aún pendiente.

Algunos estudios sugieren que las concentraciones de $\delta^{15}\text{N}$ aumentan con la malnutrición, estrés fisiológico (Waters-Rist y Katzenberg 2010; Beaumont et al. 2018) y estrés hídrico (Sealy et al. 1997). Considerando que nuestro individuo podría estar experimentando estas condiciones en campaña (malnutrición, inadecuada ingesta de proteínas o estrés hídrico), esta podría ser una explicación plausible al aumento de los valores en tejido

adulto con relación a una edad entre 9 y 12 años. Sin embargo, el valor $\delta^{15}\text{N}$ en el soldado adulto es el mismo que durante su adolescencia lo que sugiere que no hubo cambios considerables en la ingesta proteica o metabolismo de nitrógeno entre ambos periodos.

Las probables fuentes de energía C_3 podrían ser todas las plantas cultivadas de la época (incluyendo trigo y cebada). La mayoría de las plantas alimenticias nativas consumidas en el Perú son del tipo C_3 (todos los tubérculos, leguminosas y la mayoría de las frutas) y apenas el maíz y la kiwicha son del tipo C_4 (Cadwallader et al. 2012: Table 1; León 2013). El valor $\delta^{13}\text{C}$ del maíz varía entre aproximadamente -10.8 y -11.8 ‰ (Horn et al. 2009: Figura 11.1; Cadwallader et al. 2012; Szpak 2013) y sus consumidores exclusivos deberían mostrar valores de carbono mayores de -10 ‰. Si nuestro soldado consumió maíz, su participación en la dieta estaría muy por debajo de 30%.

La agricultura de sierra es diferente de la de costa y los sistemas de subsistencia pueden configurar dietas bastante diferentes. Varios estudios arqueológicos han demostrado que las poblaciones prehispánicas costeñas o de baja altitud tenían una mayor dependencia del maíz y un consumo más alto de productos marinos (Williams y Murphy 2012; Slovak et al. 2009; Turner et al. 2010, 2013; Pezo-Lanfranco et al. 2013; Marsteller 2015). También existen perfiles isotópicos específicos de poblaciones serranas, que consumían mayoritariamente determinados tubérculos que permiten esbozar patrones regionales (Burger y Van der Merwe 1990; Finucane 2009; Tykot et al. 2006; Turner et al. 2010). Esto puede ayudar a identificar a *grosso modo*, la región de donde nuestro individuo podría provenir.

⁸ Durante la Guerra del Pacífico el Estado General Mayor asumió todas las funciones de Inspección General y la Proveduría se organizó de acuerdo con lo fijado por el proyecto de Ordenanzas de 1879. La provisión del rancho del Ejército del Sur era deficiente, reducida y de mala calidad, en cambio la del Ejército del Norte era mejor debido a que esta dependía de un contratista particular (Medina 1989).

⁹ Según Medina (1989), el término “rancho” proviene del vocablo italiano “*raunare*” que significa llegar o juntar en uno. Esto ocurría cuando la tropa o compañía se reunía para comer haciendo camaradería alrededor de un fogón. La ordenanza llamaba rancho “a la comida del soldado guisada y consumida por campañas” y cuando los viajes se hacían por

Por “asociación ecológica”, es más plausible que la dieta observada sea de origen serrano o del interior de un valle costero, a predominio de tubérculos, con menor proporción de maíz y sin participación predominante de proteína marina. La reconstrucción isotópica sugiere una dieta aproximadamente similar a la dieta contemporánea de la sierra central de los años de 1950, que según la entrevista a la voluntaria examinada incluía el consumo cotidiano de leche de vaca, carne de vaca, cordero, cerdo y más esporádicamente gallina entre las proteínas y frecuente consumo de arroz, pan de trigo, tubérculos diversos, quinua, leguminosas y frutas (todas C_3), con mínimo consumo de maíz, entre los carbohidratos.

De acuerdo con las fuentes históricas, había diferencias en la forma en que se abastecía de víveres a la tropa y la oficialidad, así como cuando estaban acuartelados o en campaña⁸. La dieta de la tropa del Ejército Peruano durante la guerra (el *rancho*⁹), estaba muy relacionada a las costumbres culinarias de la época, la clase social del soldado y su lugar de origen (Medina 1989).

Por la norma, la tropa recibía diariamente dos comidas, las raciones eran repartidas a cada soldado y recibían como ración $\frac{3}{4}$ de libra de carne de res, una libra de pan, frejoles y cebollas, que se compartían con sus respectivas “rabonas”¹⁰ (Medina 1989; Markham 2010). Es muy probable que papas y otros tubérculos, así como el maíz (tostado) hayan formado parte del menú en momentos de carestía en algunas zonas de guerra. En todos los casos, con excepción del maíz, se trataría de productos C_3 (Cadwallader et al. 2012; Szpak et al. 2013). En las excavaciones en el campo de batalla Alto de la Alianza se recuperó hojas de coca y restos de maíz (fig. 4: Vega Centeno 2015).

mar la ración de la marina era diferente a la consumida por el Ejército de línea, según el reglamento la ración era conocida como “*la pitanza*” (Medina 1989:125).

¹⁰ La distribución de *rancho* era tan deficiente, que la mayor parte de veces corría a cargo de la “rabonas” mujeres de los propios soldados que se encargaban de conseguir alimentos en las poblaciones aledañas para hacer una olla común. Mientras el ejército peruano estuvo acuartelado en Tacna y en el Campamento de la Alianza, soldados y oficiales obtenían alimento por sus propios medios, ya sea a través de viviendas instaladas en las cercanías del cuartel o de las “rabonas” (Ahumada Moreno 1886: Tomo II, 558; Neuhaus de Ledgard 1938).



FIG. 4. Restos de maíz (*Zea mays*) y coca (*Erythroxylum coca*) hallados en las excavaciones arqueológicas del Alto de la Alianza (Vega Centeno 2015)

TABLA 1. Edad de desarrollo de los segmentos muestreados

Código	Muestra	Edad de desarrollo [†]	Apatita				Colágeno				
			⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	$\delta^{13}\text{C}$ VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ VSMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	C wt %	N wt %	C:N
Soldado Peruano (Niño)	Corona diente 4,6	9 - 12 años*	0.72471322 ± 0.000019	-11.1	-7.4	23.3	-17.0	11.9	43.78	14.26	3.1
Soldado Peruano (Adolescente)	Raíz diente 4,6	12 - 20 años*	-	-11.0	-5.8	24.9	-16.3	13.7	41.06	13.47	3.1
Soldado Peruano (Adulto)	Hueso cortical	~20 - 30 años	-	-10.8	-5.1	25.7	-15.9	13.7	43.24	14.18	3.1
Precisión analítica				± 0.08	± 0.10	± 0.10	± 0.10	± 0.15			
Para comparación											
Costa Central del Perú ¹	Diente	1 - 4 años	0.708926 ± 0.000018	-5.5	-8.10	22.6	-11.4	18.8	41.66	13.94	3.0
Sierra Central del Perú ²	Diente	3 - 7 años	0.716688 ± 0.000017	-8.7	-9.2	21.5	-15.5	12.4	43.06	14.48	3.0

[†] Edad aproximada del individuo durante el desarrollo del segmento anatómico examinado. *Adaptado de Smith 1991; Ubelaker 1999; Hedges et al. 2007.

¹ Individuo de sitio arqueológico de la Costa Central del siglo XV: dieta pesquera, carbohidratos C₃ y maíz.

² Individuo contemporáneo de la Sierra Central del Perú (Tarma): dieta con proteína C₃ (leche de vaca, carne de vaca, ovino, cerdo) y carbohidratos C₃ (trigo, tubérculos, frutas) y algo de maíz. Valor de carbono corregido para Efecto Suess con factor de +1.5 (Marino y McElroy 1991).

Según fuentes históricas, la dieta de los oficiales del Ejército Peruano durante la Guerra del Pacífico era, por lo general, costeada con parte de su haber y cuando estaban en cuartel ocasionalmente compartían el rancho con la tropa (Medina 1989). Sin embargo, por su clase social, podemos espe-

cular que la dieta de los jefes en campaña incluía más carne y productos fabricados con harina de trigo.

Una hipotética dieta isotópica de la oficialidad peruana de la Guerra del Pacífico es difícil de estimar apenas con un individuo. Pero definitivamente

este parece ser un buen representante de una dieta de la sierra peruana del Siglo XIX.

Consideraciones sobre el posible origen del “soldado desconocido”: isótopos de oxígeno y estroncio

El sujeto de nuestro análisis presenta un valor de niñez tardía más bajo ($\delta^{18}\text{O} = -7.39\text{‰}$) y valores adolescente y adulto un poco mayores y más parecidos entre sí (-5.83‰ y -5.07‰ , respectivamente). Teóricamente, variaciones $>2\text{‰}$ indican diferentes orígenes de $\delta^{18}\text{O}$ y en este caso, la diferencia en los valores $\delta^{18}\text{O}$ entre 9 y 12 años y la edad adulta es de 2.32‰ , lo que sugiere que hubo migración.

Al cotejar el valor de la fuente con valores ambientales conocidos podemos inferir el lugar de donde bebía el individuo evaluado (Knudson et al. 2009; Webb et al. 2011). Puesto que en este caso no conocemos el origen y no tenemos referente espacial para asignar los valores $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos, usaremos datos ya publicados para inferir una altitud aproximada de origen (Knudson et al. 2009; IAEA-WMO 2014).

Knudson et al. (2009: 174) han definido algunos valores referenciales promedio para la costa andina: -5.1‰ a 105 msnm; -6.1‰ a 900 msnm; -7.1‰ a 1450 msnm y -8.6‰ a 2020 msnm. El agua superficial de los ríos de la costa tiene $\delta^{18}\text{O}$ entre -3.3 e -5.7‰ mientras las aguas subterráneas de pantanos costeros tienen valores $\delta^{18}\text{O}$ entre -4.2 y -5.1‰ . Para la sierra, los valores fluctúan entre -12 y -17‰ para el altiplano peruano-boliviano. Por tanto, se asume que individuos con valores más altos de ^{18}O son originarios de zonas más próximas al nivel del mar y viceversa.

Hechas estas consideraciones, a partir de sus valores juveniles, el “soldado desconocido” podría ser originario de una zona de altitud aproximada entre 1000 y 1500 msnm. Los valores de su adolescencia corresponderían a una altitud un poco menor de 900 msnm; y los de su etapa adulta, más próximos de su muerte, a una altitud aproximada de 100 msnm. Una altitud de entre 900 y 1500 msnm o más, corresponde a altitudes de valles interandinos o valles medios-altos de la costa peruana, mientras que la altitud de su domicilio pocos años antes de su muerte podría haber sido la costa (IAEA-WMO 2014; Knudson et al. 2009: 175).

No obstante, los valores $\delta^{18}\text{O}$ pueden ser muy variables. En la cuenca de Nasca, por debajo de los 100 msnm varían entre $+2.4$ y -7.9‰ y a altitudes entre 100 y 300 msnm los valores fluctúan entre -1.6 y -12.6‰ (Hardcastle 2005). En La Serena (Chile) es $-5.6 \pm 2.3\text{‰}$ casi al nivel del mar (Knudson et al. 2009: 174). Si consumía agua de origen freático, sus valores $\delta^{18}\text{O}$ podrían reflejar valores de lugares más altos aun viviendo en una zona más baja.

El único valor de estroncio disponible fue obtenido de esmalte dental de la corona del tercer molar, desarrollado entre 9 y 12 años de edad, que arrojó una razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.72471322 ± 0.000019 (2σ). No fue posible obtener lecturas de estroncio de hueso que permitiesen confirmar el patrón de migración.

Actualmente no existe un valor similar en el registro de valores isotópicos de estroncio de colágeno de los Andes Centrales. Las razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de una gran cantidad de poblaciones arqueológicas fluctúan entre 0.70202 y 0.71894. Las únicas razones aproximadamente parecidas a las reportadas aquí corresponden a la región de Cochabamba y Potosí (sierra de Bolivia) con valores superiores a 0.72148 (Knudson et al. 2013). Inclusive la razón del individuo de Tarma, que es de 0.7166, compatible con una región de mayor altitud, está bastante lejos del valor hallado para el soldado.

Para ampliar nuestras posibilidades, este alto valor isotópico fue comparado con datos geológicos disponibles. Entre los valores $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de la Tabla Petroquímica Peruana (INGEMET 2017), valores muy aproximados a 0.72471 apenas aparecen en el sitio Marañón Basamento ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.72420$), en el valle alto del río Ocoña, departamento de Arequipa, a 970 msnm (en coordenadas -73.1214° ; -15.5711° , en grados decimales), a 100 km valle adentro. Otro lugar con valores próximos al reportado es Revancha ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.72397$), al norte del departamento de Puno, cerca de Macusani (a 4600 msnm, en coordenadas -70.584° ; -14.068°). El valor del valle de Ocoña es compatible con el valor observado de $\delta^{18}\text{O}$ obtenido para la misma muestra.

Por tratarse de un valor elevado de estroncio, se infiere que sea originario de una región geológica donde predominan rocas de gran antigüedad, mayoritariamente rocas metamórficas del Carboní-

fero, Precámbrico y Paleozoico, con valores $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.717$ (INGEMET 2017). En esta línea de raciocinio, los sedimentos más antiguos normalmente corresponden a la vertiente oriental de la cordillera de los Andes (Turner et al. 2009). Por supuesto, es muy probable que la región de origen de nuestro individuo aun no haya sido mapeada para $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y estas inferencias deben ser consideradas con cautela y en apoyo del proceso de documentación histórica del caso.

Conclusión

Los indicadores explorados en este trabajo sugieren como posible lugar de origen del “soldado desconocido” una región del interior del Perú, probablemente de mediana altitud, con formaciones geológicas donde predominan rocas antiguas. La dieta así mismo, indica consumo de proteína y plantas C_3 con una menor contribución de recursos C_4 como el maíz. Aunque este tipo de análisis tiene una relativa utilidad para identificar directamente un individuo, su conjunción con análisis forenses y documentales más profundos ha llevado a reducir nuestro universo de búsqueda de 53 a 11 individuos. Próximas publicaciones donde incluiremos datos forenses y genéticos deben esclarecer el origen, filiación e identidad de este individuo. Por último, aunque de un interés más relativo, estos datos son buenos representantes de la dieta peruana “serrana” del siglo XIX y totalmente compatibles con lo esperado para esta región atendiendo a datos históricos.

Bibliografía

- Ahumada Moreno P. (1886). *Guerra del Pacífico, recopilación completa de todos los documentos oficiales, correspondencias i demás publicaciones referentes a la guerra que ha dado a la luz la prensa de Chile, Perú i Bolivia conteniendo documentos inéditos de importancia*, Tomo II. Imprenta i Lib. Americana de Federico Lathrop. Valparaíso.
- Ambrose S., Norr L. (1993). Experimental evidence for the relationship of the carbon stable isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. En: Lambert JB., Grupe G. (eds.) *Prehistoric human bone: archaeology at the molecular level*. pp. 1–38. Springer-Verlag. Berlin.
- Ambrose SH., Butler BM., Hanson DB., Hunter-Anderson RL., Krueger HW. (1997). Stable isotope analysis of human diet in the Marianas Archipelago, Western Pacific. *American Journal of Physical Anthropology* 104: 343–361.
- Antúnez de Mayolo S. (1981). *La nutrición en el antiguo Perú*. Banco Central de Reserva del Perú. Lima.
- Barbieri M., Boschetti T., Petitta M., Tallini M. (2005). Stable isotope (2H , 18O and $87\text{Sr}/86\text{Sr}$) and hydrochemistry monitoring for groundwater hydrodynamics analysis in a karst aquifer (Gran Sasso, Central Italy). *Applied Geochemistry* 20 (11): 2063–2081.
- Beaumont J., Craig-Atkins E., Buckberry J., Haydock H., Horne P., Howcroft R., Mackenzie K., Montgomery J. (2018). Comparing apples and oranges: Why infant bone collagen may not reflect dietary intake in the same way as dentine collagen. *American Journal of Physical Anthropology* 167(3): 524–540.
- Bentley RA. (2006). Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: review. *Journal of Archeological Method and Theory* 13(3): 135–187.
- Bethard J., Gaither K., Vaques V., Rosales T., Kent J. (2008). Isótopos estables, dieta y movilidad de los pobladores de un conjunto residencial en Santa Rita B, valle de Chao, Perú. *Archaeobios* 2: 19–27.
- Bocherens H., Drucker D. (2003). Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology* 13: 46–53.
- Burger R., Van der Merwe N. (1990). Maize and the origin of highland Chavín civilization: an isotopic perspective. *American Anthropologist* 92: 85–95.
- Cadwallader L., Beresford-Jones DG., Whaley O., O’Connell T. (2012). The sign of maize? A reconsideration of what 13C values say about Paleodiet in the Andean Region. *Human Ecology* 40 (4): 487–509.

- Chávarry F. (1950). Diario de las marchas efectuadas por el Batallón Lima Nro. 8. *Revista del Centro de Estudios Histórico Militares del Perú*, Año III, pp. 68-82, Lima.
- Capo RC., Stewart BW., Chadwick, OA. (1998). Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: Theory and methods. *Geoderma* 82(1-3): 197-225.
- Chisholm BS. (1989). Variation in diet reconstructions based on stable carbon isotopic evidence. En: Price TD. (ed.) *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*. pp. 10-37. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- DeNiro MJ. (1985). Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. *Nature* 317: 806-809.
- DeNiro MJ., Epstein S. (1978). Influence of diet on distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42: 495-506.
- Dupras TL., Tocheri MW. (2007). Reconstructing infant weaning histories at Roman Period Kellis, Egypt using stable isotope analysis of dentition. *American Journal of Physical Anthropology* 134: 63-74.
- Eerkens JW., Bartelink EJ. (2013). Sex-biased weaning and early childhood diet among middle Holocene hunter-gatherers in central California. *American Journal of Physical Anthropology* 152: 471-483.
- Fernandes R., Nadeau MJ., Grootes PM. (2012). Macronutrient-based model for dietary carbon routing in bone collagen and bioapatite. *Archaeological and Anthropological Sciences* 4: 291-301.
- Finucane BC. (2009). Maize and Sociopolitical Complexity in the Ayacucho Valley, Peru. *Current Anthropology* 50 (4): 535-545.
- Font L., van der Peijl G., van Leuwen C., van Werten I., Davies GR. (2015). Identification of the geographical place of origin of an unidentified individual by multi-isotope analysis. *Science & Justice* 55(1): 34-42.
- Froehle AW., Kellner CM., Schoeninger MJ. (2010). FOCUS: Effect of diet and protein source on carbon stable isotope ratios in collagen: Follow up to. *Journal of Archaeological Science* 37 (10): 2662-2670.
- Froehle AW., Kellner CM., Schoeninger MJ. (2012). Multivariate carbon and nitrogen stable isotope model for the reconstruction of prehistoric human diet. *American Journal of Physical Anthropology* 147: 852-869.
- Fry B. (2006). *Stable isotope ecology*. Springer Science and Business Media LLC. New York.
- Fuller BT, Richards MP, Mays SA. (2003). Stable carbon and nitrogen isotope variations in tooth dentine serial sections from Wharram Percy. *Journal of Archaeological Science* 30: 1673-1684.
- Guerrero R., Berlanga M. (2000). Isótopos estables: fundamento y aplicaciones. *Actualidad SEM* 30: 17-23.
- Guiry EJ., StéphaneNoël S., Tourigny E., Grimes V. (2012). A stable isotope method for identifying transatlantic origin of pig (*Sus scrofa*) remains at French and English fishing stations in Newfoundland. *Journal of Archaeological Science* 39 (7): 2012-2022.
- Hardcastle K. (2005). The Lines of Nasca. Results of Ongoing Research - WQ Isotopic Data. Global Waters Partners. En Internet: <http://www.eggi/ken/peru/wqisotopes.htm>
- Hedges REM., Clement JG., Thomas DL, O'Connell TC. (2007). Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 133: 808-816.
- Hillson SW. (1996). *Dental Anthropology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Horn P., Hölzl S., Rummel S., Aberg G., Schiegl S., Biermann D., Struck U., Rossman A. (2009). Humans and Camelids in River Oases of the Ica-Palpa-Nazca Region in Pre-Hispanic Times – Insights from H-C-N-O-S-Sr Isotope Signatures. En: Reindel M, Wagner GA. (eds.) *New Technologies for Archaeology, Natural Science in Archaeology*. pp. 173-192. Springer-Verlag. Berlin- Heidelberg.
- Hosek L, Robb J. (2019). Osteobiography: A Platform for Bioarchaeological Research. *Bioarchaeology International* 3 (1): 1-15.
- Howcroft R., Eriksson G., Lidden K. (2012). Conformity in diversity? Isotopic investigations of infant feeding practices in two Iron Age populations from southern Oland, Sweden.

- American Journal of Physical Anthropology* 149: 217–230.
- IAE-WMO (2014). Global Network of Isotopes in Rivers (GNIR) and Global Network of Isotopes in Precipitation (GNIP). En Internet: <http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/index.html>
- INGEMET (2017). Petroquímica_peru. En Internet: <http://www.ingemet.gob.pe/bases-de-datos>
- Katzenberg MA. (1992). Advances in stable isotopes analysis of prehistoric bones. En: Saunders SR., Katzenberg MA. (Eds.) *Skeletal biology of the past peoples: research methods*. pp. 105-119. Willey-Liss. New York.
- Kellner C., Shoeninger MJ. (2007). A Simple Carbon Isotope Model for Reconstructing Prehistoric Human Diet. *American Journal of Physical Anthropology* 133:1112–1127.
- Knudson KJ. (2009). Oxygen isotope analysis in a land of environmental extremes: the complexities of isotopic work in the Andes. *International Journal of Osteoarchaeology* 19: 171-191.
- Knudson KJ., Williams SR., Osborne R., Forgey K., Williams PR. (2009). The geographic origins of Nasca trophy heads in the Kroeber collection using strontium, oxygen, and carbon isotope data. *Journal of Anthropological Archaeology* 28: 244-257.
- Knudson KJ., Webb E., White C., Longstaffe F. (2013). Baseline data for Andean paleomobility research: a radiogenic strontium isotope study of modern Peruvian agricultural soils. *Archaeology and Anthropological Sciences*. DOI 10.1007/s12520-013-0148-1.
- Larsen CS. (1997). *Bioarchaeology: Interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Law IA., Hedges REM. (1989). A semi-automated bone pretreatment system and the pretreatment of older and contaminated samples. *Radiocarbon* 31(3): 247-253.
- Lee-Thorp JA., Sponheimer M. (2003). Three case studies used to reassess the reliability of fossil bone and enamel isotope signals for paleodietary studies. *Journal of Anthropological Archaeology* 22: 208-216.
- León E. (2013). *14,000 años de alimentación en el Perú*. Escuela Profesional de Turismo y Hotelería. Universidad de San Martín de Porres. Lima.
- Marino BD., McElroy MB. (1999). Isotopic composition of atmospheric CO₂ inferred from carbon in C₄ plant cellulose. *Nature* 349: 127-131.
- Markham C. (2010). *La Guerra entre el: Perú y Chile*. Editado por Rómulo Dueñas Cabezas. Editorial La Cultura. Lima.
- Medina L. (1989). *Historia general del ejército Peruano, el ejército en la república: siglo XIX. La institucionalización del ejército: logística*. Tomo V, Imprenta del Ejército. Lima.
- Meier-Augenstein W. (2010). *Stable isotope forensics: an introduction to the forensic application of stable isotope analysis*. Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons. Chichester, UK.
- Minagawa M., Wada E. (1984). Stepwise enrichment of ¹⁵N along food chains: further evidence and the relation between δ¹⁵N and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 1135-1140.
- Nanci A. (2011). *Ten Cate histologia oral*. Mosby, Elsevier. São Paulo.
- Nehlich O. (2015). The application of sulphur isotope analyses in archaeological research: A review. *Earth Science Reviews* 142:1-17.
- Neuhaus De Ledgard S. (1938). *Recuerdos de la Batalla del Alto de la Alianza y de la ocupación de Tacna*. Editorial Rímac. Lima.
- Pezo-Lanfranco L. (2015). Reconstrução de padrões paleopatológicos dentais em agricultores incipientes e desenvolvidos do litoral dos Andes Centrais. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Pezo-Lanfranco L., Aponte D., Eggers S. (2015). Aproximación a la dieta de las sociedades Formativas Tardías del Litoral de Paracas (Costa Sur del Perú): Evidencias bioarqueológicas e isotópicas. *Ñawpa Pacha, Journal of Andean Archaeology* 35(1): 23–55.
- Price TD., Burton JH., Bentley RA. (2002). The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration. *Archaeometry* 44:117-135.

- Salas M. (2016). *El presupuesto, el Estado y la Nación en el Perú decimonónico y la corrupción institucionalizada 1823-1879*. Instituto de estudios Histórico – Marítimos del Perú. Lima.
- Saul FP., Saul JM. (1989). Osteobiography: A Maya example. En: Iscan M. y Kennedy KAR, (Eds). *Reconstruction of Life from the Skeleton*. pp. 287–302. Alan R. Liss, New York.
- Schoeninger MJ. (1995). Stable isotope studies in human evolution. *Evolutionary Anthropology* 4: 83-98.
- Schoeninger MJ (2010). Diet reconstruction and ecology using stable isotope ratios. En: Larsen CS (Ed). *A companion to biological anthropology*. pp. 445-464. Blackwell Companions to Anthropology. Willey-Blackwell. Oxford.
- Schoeninger MJ., DeNiro MJ. (1984). Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 625–639.
- Schwarcz HP. (2000). Some biochemical aspects of carbon isotopic paleodiet studies. In: Ambrose S., Katzenberg MA. (eds.) *Biogeochemical approaches to paleodietary analysis*. Kluwer Academic. New York.
- Sealy JC., Van der Merwe NJ., Lee-Thorp JA., Lanham JL. (1987). Nitrogen isotope ecology in southern Africa: Implications for environmental and dietary tracing. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51: 2707–2717.
- Slovak NM., Paytan A., Wiegand BA. (2009). Reconstructing middle Horizon mobility patterns on the coast of Peru through strontium isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* 36(1): 157-165.
- Smith BH. (1991). Standards of human tooth formation and dental age assessment. En: Kelley MA. y Larsen CS. (Eds.) *Advances in dental anthropology*. pp. 143-168. New York: Willey Liss.
- Stodder ALW., Palkovich AM. (2012). Osteobiography and Bioarchaeology. En: Stodder A. y Palkovich AM. (Eds). *The Bioarchaeology of Individuals*. pp. 1–10. University Press of Florida. Gainesville, FL.
- Szpak P., White CD., Longstaffe F., Millaire JF., Vasques V. (2013). Carbon and Nitrogen isotopic survey of Northern Peruvian plants: baselines for paleodietary and paleoecological studies. *Plos One* 8(1): e53763.
- Thompson L., Davis ME., Mosley-Thompson E. (1994). Glacial records of global climate: A 1500-year tropical ice core record of climate. *Human Ecology* 22(1): 83-95.
- Tsutaya T., Yoneda M. (2013). Quantitative reconstruction of weaning ages in archaeological human populations using bone collagen nitrogen isotope ratios and approximate Bayesian computation. *PLoS ONE* 8(8): e72327.
- Turner BL., Kamenov GD., Kington JD., Armelagos GJ. (2009). Insights into immigration and social class at Machu Picchu, Peru based on oxygen, strontium, and lead isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 36: 317-332.
- Turner B., Kingston JD., Armelagos G. (2010). Variations in dietary histories among the immigrants of Machu Picchu: Carbon and nitrogen isotope evidence. *Chungará, Revista de Antropología Chilena* 42 (2): 513-534.
- Turner B., Klaus HD., Livengood SV., Brown LE., Saldaña F., Wester C. (2013). The variable roads to sacrifice: isotopic investigations of human remains from Chotuna-Huaca de los Sacrificios, Lambayeque, Peru. *American Journal Physical Anthropology* 151: 22–37.
- Tykot RH., Van der Merwe NJ., Burger RL. (2006). The Importance of Maize in Initial Period and Early Horizon Peru. Em: Staller J., Tykot R., Benz B. (eds.) *Histories of maize, multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication and evolution of maize*. pp. 187-197. Academic Press. Elsevier. San Diego.
- Ubelaker D. (1999). *Human Skeletal Remains*. Taraxacum. Washington.
- Van Klinken GJ. (1999). Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* 26: 687–695.
- Vega Centeno M. (2015). Informe final del proyecto de investigación arqueológico con excavaciones para la localización de un soldado boliviano del campo de batalla “Alto de la Alianza”-Tacna. Lima.
- Vega Centeno M. (2018). Arqueología del campo de batalla del Alto de la Alianza, Tacna 1880. *Actas del III Congreso Nacional de Arqueología*. Vol.1 (2): 189-197. Ministerio de Cultura.

- Lima. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/392844877/Actas-del-III-Congreso-Nacional-de-Arqueologia-V-Congreso-Nacional-de-Arqueologia>
- Waters-Rist AL., Katzenberg MA. (2010). The effect of growth on stable nitrogen isotope ratios in subadult bone collagen. *International Journal of Osteoarchaeology* 20: 172–191.
- Webb E., White CD., Longstaffe FJ. (2011). Exploring geographic origins at Cahuachi using stable isotopic analysis of archaeological human tissues and modern environment waters. *International Journal of Osteoarchaeology* 23(6): 698-715.
- Williams JS., Murphy MS. (2013). Living and dying as subjects of the Inca Empire: Adult diet and health at Puruchuco-Huaquerones, Peru. *Journal of Anthropological Archaeology* 32: 165–179.
- Zapata S. (2006). *Diccionario de gastronomía peruana tradicional*. Universidad San Martín de Porres: Lima.
- Zhu M., Sealy J. (2019). Multi-tissue stable carbon and nitrogen isotope models for dietary reconstruction: Evaluation using a southern African farming population. *American Journal of Physical Anthropology* 168 (1): 145-153.
- Recibido: 14 de junio de 2020.
Aceptado: 27 de julio de 2020.